

By og Byg Anvisning 207

Anvendelse af alternative isoleringsmaterialer

1. udgave, 2003



Anvendelse af alternative isoleringsmaterialer

Anvendelse af alternative isoleringsmaterialer

Carsten Pedersen
Ernst Jan de Place Hansen
Morten Hjorslev Hansen
Rob Marsh

Titel	Anvendelse af alternative isoleringsmaterialer
Serietitel	By og Byg Anvisning 207
Udgave	1. udgave
Udgivelsesår	2003
Forfattere	Carsten Pedersen, Ernst Jan de Place Hansen, Morten Hjorslev Hansen, Rob Marsh
Sprog	Dansk
Sidetal	154
Litteratur- henvisninger	Side 136 – 145
Emneord	Alternativ isolering, isoleringsmaterialer, bygningskonstruktioner, byggeteknik, papir, træfibre, hør, hamp, perlit, halm
ISBN	87-563-1178-8
ISSN	0106-6757
Pris	Kr. 325,00 inkl. 25 pct. moms
Tegninger	Klavs Feilberg Hansen, Rob Marsh
Fotos	Jørgen True
Tryk	Nørhaven Book
Udgiver	By og Byg Statens Byggeforskningsinstitut, P.O. Box 119, DK-2970 Hørsholm E-post by-og-byg@by-og-byg.dk www.by-og-byg.dk

Eftertryk i uddrag tilladt, men kun med kildeangivelsen: *By og Byg Anvisning 207: Anvendelse af alternative isoleringsmaterialer (2003)*.

Indhold

Forord.....	6
Indledning	7
 Del 1 – Isoleringsmaterialer	13
Introduktion	15
Byggetekniske egenskaber	16
Tilsætningsstoffer.....	24
Papirisolering	27
Træfiberisolering	30
Hørisolering.....	33
Hampeisolering	36
Ekspanderet perlit.....	39
Halm	42
 Del 2 – Funktionskrav.....	47
Introduktion	49
Brand.....	50
Varme	59
Fugt	63
Lyd.....	67
Miljøvurdering	73
Arbejdsmiljø	79
 Del 3 – Konstruktiv anvendelse	83
Introduktion	85
Ydervægge	87
Tage	107
Dæk.....	120
Indervægge	124
Etageskillelser.....	128
Forudsætninger for de anviste løsninger.....	132
 Litteraturliste	136
Ordliste.....	146

Forord

I Danmark har der gennem de seneste år været en stigende interesse for alternativer til etablerede isoleringsmaterialer, f.eks. papir, hør og ekspanderet perlit. Disse produkter kaldes under ét „alternative isoleringsmaterialer“.

For at imødekomme behovet for information og for at vejlede i anvendelsen af alternative isoleringsmaterialer, således at bygningsreglementernes krav er opfyldt, har By og Byg udarbejdet denne anvisning.

Anvisningen indeholder viden om materialernes egenskaber og de funktionskrav, der har betydning for deres anvendelse, således at læseren sættes i stand til at bedømme andre konstruktionsudformninger end de viste.

Kapitlet om brand er udarbejdet i samarbejde med Dansk Brand- og sikringsteknisk Institut ved civilingeniør Ejnar Danø og civilingeniør Hanne Høeg Jensen. Kapitlet om lyd er udarbejdet i samarbejde med DELTA ved akademiingeniør Henrik Olesen, civilingeniør Dan Hoffmeyer og civilingeniør Dan Brøsted Pedersen. Disse institutter samt Arbejdsmiljøinstituttet ved cand. scient Thomas Schneider har deltaget i den afsluttende kvalitetssikring af anvisningens manuskript.

Foruden anvisningens forfattere har en lang række By og Byg medarbejdere medvirket ved udarbejdelsen.

By og Byg vil gerne rette en tak til de fagfolk, der er fremkommet med kommentarer og forslag til ændringer, samt til medlemmerne af det faglige udvalg under Energistyrelsens udviklingsprogram for miljø- og arbejdsmiljøvenlige isoleringsmetoder, for mange nyttige kommentarer og diskussioner under manuskriptets tilblivelse.

Den præsenterede viden er i vid udstrækning tilvejebragt gennem en række udviklings- og demonstrationsprojekter gennemført under Energistyrelsens udviklingsprogram, hvorfra der også er ydet finansiel støtte til anvisningens udarbejdelse.

By og Byg, Statens Byggeforskningsinstitut
Afdelingen for Byggeteknik og Produktivitet
September 2003

Jørgen Nielsen,
Forskningschef

Indledning

I takt med skærpede krav til bygningers varmeisolering er isoleringsmaterialernes betydning vokset gennem de seneste årtier. Siden oliekriserne i 1970'erne har vi i Danmark således halveret behovet for energi til opvarmning. En udvikling, der forventes at fortsætte også i de kommende år, bl.a. begrundet i et ønske om at reducere udledningen af drivhusgasser og begrænse forbruget af ressourcer til opvarmning.

Den foreliggende By og Byg anvisning beskriver anvendelse af alternativer til mineraluldsprodukter ved isolering af bygninger. Udarbejdelsen af anvisningen er finansieret med midler fra Energistyrelsens udviklingsprogram „Miljø- og arbejdsmiljøvenlige isoleringsmetoder“, der blev igangsat i 1997. På daværende tidspunkt var mineraluldsisolering af verdenssundhedsorganisationen WHO risikoklassificeret i den såkaldte gruppe 2B „muligvis kræftfremkaldende hos mennesker“, og som det formuleres i en del af udviklingsprogrammets afgrænsning: „med direkte irritation på hud og i øjne og slimhinder“.

Hvilke isoleringsmaterialer omhandler anvisningen

Udvalget af isoleringsmaterialer, der behandles i denne anvisning, og som kort benævnes „alternative isoleringsmaterialer“, består af:

- papirisolering
- træfiberisolering
- hørisolering
- hampeisolering
- ekspanderet perlit
- halm.

Kriteriet for udvælgelse af materialer til behandling i anvisningen har været, at de kan anvendes som egentlige isoleringsmaterialer, at anvendelse ikke er velbeskrevet andetsteds, samt at de forhandles i et vist omfang på det danske marked eller forventes markedsført i umiddelbar fremtid. Udvælgelsen er ikke sket ud fra en miljø- og arbejdsmiljøvurdering af materialerne, idet der på nuværende tidspunkt (sommer 2003) ikke findes alment accepterede kriterier til en præcis fastlæggelse og samlet vurdering af disse forhold.

Kriteriet om, at anvisningen kun omhandler egentlige isoleringsmaterialer, har betydet, at anvendelse af træbeton- og træfiberplader, pore- og letklinkerbeton, muslingeskaller samt Cemskum ikke behandles.

Celleplast og letklinker er velbeskrevet andre steder, fx i SBI-anvisning 189: *Småhuse*, og anvises derfor kun anvendt i de tilfælde, hvor de ovenstående materialer ikke kan finde anvendelse.

Kokos og bomuld forhandles ikke, og ekspanderet vermiculit, kork, savsmuld og fåreuld har alle et meget lille volumen på det danske marked.

Anvisningens målgruppe

Anvisningen er rettet mod projekterende og udførende i byggebranchen, til bygningsmyndigheder samt til producenter af alternative isoleringsmaterialer.

Anvisningens udformning og indhold

Anvisningens indhold er baseret på den på nuværende tidspunkt tilgængelige viden, dels i form af videnskabelige undersøgelser, dels i form af erfaringer med anvendelse af alternative isoleringsmaterialer. Det skal bemærkes, at erfaringerne med anvendelse af de behandlede isoleringsmaterialer i dansk byggeri er begrænsede.

Anvisningen falder i tre hoveddele: Del 1 præsenterer de alternative isoleringsmaterials egenskaber og deres tilsætningsstoffer, del 2 omhandler generelle funktionskrav, og del 3 viser eksempler på materialernes anvendelse i bygningskonstruktioner.

Der er lagt vægt på, at de enkelte kapitler kan læses uafhængigt af hinanden, hvorfor enkelte gentagelser kan forekomme.

Del 1. Isoleringsmaterialer

De seks behandlede isoleringsmaterials sammensætning og vigtigste byggetekniske egenskaber beskrives. Følgende egenskaber behandles på materialeniveau:

- varmeledningsevne
- densitet og sætning
- fugtmæssige egenskaber
- brandtekniske egenskaber
- lydisolation.

Desuden beskrives materialernes fremstilling og anvendelsesmuligheder samt indhold og type af tilsætningsstoffer.

Der tages udgangspunkt i produkter på det danske marked, dog således, at specifikke produktnavne ikke optræder.

Del 2. Funktionskrav

Her præsenteres de funktionskrav, der har særlig betydning ved anvendelse af alternative isoleringsmaterialer. Kravene er udgangspunkt for eksemplerne i del 3 og kan også anvendes ved udvikling af andre løsninger. Med udgangspunkt i bygningsreglementerne præsenteres funktionskrav på følgende områder:

- brandmæssige forhold
- varmeisolering
- fugtforhold
- lydisolation.

Del 2 indeholder desuden kapitlerne:

- miljøvurdering
- arbejdsmiljø.

I kapitlet om miljøvurdering behandles de væsentligste indikatorer af betydning for de alternative isoleringsmaterialers miljøbelastning. Miljøindikatorernes betydning perspektiveres i forhold til bygningers miljøbelastning i deres samlede levetid. I kapitlet om arbejdsmiljø præsenteres de forhold, der bør iagttages, for at isoleringsarbejdet kan udføres sundhedsmæssigt forsvarligt, samt baggrunden for disse forhold.

Del 3. Konstruktiv anvendelse

Anvisningens del 3 indeholder vejledninger om og eksempler på, hvordan typiske bygningsdele kan udformes med anvendelse af alternative isoleringsmaterialer, således at kravene i bygningsreglementerne er opfyldt. Følgende bygningsdele behandles:

- ydervægge
- tage
- terrændæk og krybekælderdek
- indervægge
- etageadskillelser.

De i del 3 viste løsninger er eksempler, og andre løsninger, der opfylder bygningsreglementernes krav, vil naturligvis også kunne anvendes.

Historisk tilbageblik

De fleste af de alternative isoleringsmaterialer, der findes i dag, er ikke nye, men interessen for at anvende disse materialer har været stigende gennem de seneste år. Specielt siden 1997 er der fremkommet megen ny viden om alternative isoleringsmaterialer i forbindelse med udviklingsprogrammet „Miljø- og arbejdsmiljøvenlige isoleringsmetoder“ under Energistyrelsen.

Går man tilbage til 1930'erne vil man opdage, at udvalget af isoleringsmaterialer var enormt, om end materialerne langt fra alle vil blive opfattet som isoleringsmaterialer i dag. (Spiegel, 1935) nævner således over 70 forskellige produkter fra hule teglsten og lavabeton over ekspanderet korksmuld til mos- eller tangmåtter og plader af sukkerør fibre.

Det store udvalg af isoleringsmaterialer var et resultat af, at stål og beton på det tidspunkt for alvor begyndte at blive anvendt i byggeriet i Danmark. Anvendelsen af stål og beton førte til forholdsvis tynde ydervægskonstruktioner, sammenholdt med massive murstensvægge på halvanden stens tykkelse, som var referencen med hensyn til isoleringsevnen på daværende tidspunkt (Dahl & Wedebrunn, 2000). Mange af datidens isoleringsmaterialer var organiske med deraf følgende risiko for nedbrydning på grund af råd og insektangreb. Andre af materialerne er siden blevet forbudt af brandmæssige årsager.

Først efter 2. verdenskrig blev mineraluldsprodukter udbredt, og efterhånden blev de mange organisk baserede materialer delvist udkonkurrerede.

At andre isoleringsmaterialer end mineraluldsprodukter så småt er på vej ind på markedet i dag, skyldes en voksende bevidsthed omkring miljø og arbejdsmiljø, problemer med bortskaffelse af konventionel isolering samt et voksende udbud af anvendelige affalds- og biprodukter. På det tyske marked findes således over 30 forskellige produkter i gruppen af alternative isoleringsmaterialer baseret på cellulose (papirisolering), fåreuld, kork, træfibre, hør m.fl. (Lund Nielsen & Pedersen, 1999).

Anvendelse af alternativ isolering i moderne byggeri

Blandt andet gennem Energistyrelsens program for miljø- og arbejdsmiljøvenlige isoleringsmetoder har alternative isoleringsmaterialer gennem de seneste år fundet anvendelse, ikke blot blandt selvbyggere og i særligt økologisk byggeri, men også i mere traditionelt byggeri, fx i en række demonstrationsbyggerier.

To af de største og mest markante af disse byggerier er Borup Seniorby og Munksøgård. I Borup Seniorby er en række forskellige

alternative isoleringsmaterialer anvendt i såvel facader som loft ved opførelsen af 24 moderne seniorboliger fordelt på 3 længehuse. Papirisolering, ekspanderet perlit og træfiberisolering er anvendt i form af løsfyld, og hør er anvendt i måtteform.



Figur 1. Borup Seniorby.
Her er en række forskellige
alternative isoleringsmate-
rialer anvendt i såvel fac-
ader som loft ved opførel-
sen af 24 seniorboliger.
Foto: Jan Carl Westphall.

Del 1

Isoleringsmaterialer

Introduktion

Hensigten med denne del af anvisningen er at give en samlet beskrivelse af de byggetekniske egenskaber og deres betydning for anvendelsen af alternative isoleringsmaterialer. De vigtigste byggetekniske egenskaber præsenteres i tabelform for at lette sammenligningen af materialerne. Typiske egenskaber for mineraluld, celleplast og letklinker er anført i tabellerne som sammenligningsgrundlag.

Desuden beskrives de anvendte tilsætningsstoffer til forbedring af egenskaberne i forhold til fx brandpåvirkning og tilsætningsstofferne betydning for miljøvurderingen af isoleringsmaterialerne.

Dette sker i kapitlerne *Byggetekniske egenskaber* og *Tilsætningsstoffer*.

For hvert enkelt af isoleringsmaterialerne gives desuden en kort beskrivelse med fokus på deres fremstilling og anvendelsesmuligheder. Materialespecifikke oplysninger er så vidt muligt placeret under de enkelte isoleringsmaterialer, mens oplysninger af mere generel art findes i de førnævnte kapitler.

Del 1 kan bl.a. benyttes som grundlag for en beslutning om, hvilke af de pågældende isoleringsmaterialer der ønskes benyttet til en konkret byggeopgave.

Følgende byggetekniske egenskaber indgår:

- varmeledningsevne
- densitet og sætning
- fugtmæssige egenskaber
- brandtekniske egenskaber
- lydisolation.

Byggetekniske egenskaber

Varmeledningsevne

Varmeledningsevnen af et isoleringsmateriale er et udtryk for hvor godt det isolerer. Jo lavere varmeledningsevnen er, desto bedre isolerer materialet, og jo bedre materialet isolerer, desto mindre bliver bygningens varmetab.

Siden 1. marts 2003 har der været krav til producenter om at angive en deklareret værdi for varmeledningsevnen af isoleringsmaterialer, som beskrevet i DS 418, 6. udgave (Dansk Standard, 2002). Værdierne i tabel 1 gælder for specifikke produkter på det danske marked. For nærmere oplysninger henvises til relevante produktdatablade.

For halmballer vil deklarerede værdier ikke kunne forventes som følge af de betingelser, hvorunder produktionen foregår. Her må i stedet søges dispensation fra kravet om en deklareret værdi i hvert enkelt tilfælde.

Fugtindholdet i isoleringsmaterialet kan påvirke varmeledningsevnen i negativ retning. Fugtafhængigheden er dog ganske lille, svarende til en stigning på 0,005 W/m K, så længe det gennemsnitlige fugtindhold i materialet er mindre end fugtindholdet ved 75 % RF (Rudbeck & Rode, 2001; Nicolajsen, 2001; Hjørlev Hansen & Skibstrup Eriksen, 2000; Kristiansen & Rode, 1999; Salonvaara & Kokko, 1992). Et lavt fugtniveau er samtidig en fordel for holdbarheden af konstruktionen, idet fx nedbrydning af træværk pga. råd mindskes, jf. afsnittet *Fugtmæssige egenskaber* på side 18.

Isoleringsmateriale fremstillet af	Form	Varmeledningsevne, deklareret værdi ($\lambda_{\text{deklareret}}$) ¹⁾ , W/m K	Densitet ²⁾ , kg/m ³	Sætning, løst udblæst på loft, %
Papir	Løsfyld	0,040	28-65	12-14 ³⁾ 11-24 ⁴⁾
Træfibre	Løsfyld	Forventes ultimo 2003	30-45	10 ⁵⁾
Hør	Måtte / rulle	0,040	20-40	
Hamp	Måtte	Forventes 2004	20-40	
Eksp. perlit	Løsfyld	0,042	65-105	
Halm	Balle	-	80-100	
EPS	Plade	0,034-0,041	15-40	
Letklinker	Løsfyld	0,075-0,085	170-210	
Glasuld	Måtte / rulle	0,034-0,040	14-25	
	Løsfyld	0,044	25-50	5
Stenuld	Måtte / rulle	0,034-0,039	30-45	
	Løsfyld	0,044	30-80	5

1) Gælder for specifikke produkter. For papirisolering forventes værdier for ikke deklarerede produkter senere i 2003. For halm kan ikke forventes deklarerede værdier, jf. side 16.

2) Densitet i praktisk brug, for løsfyld producentens anbefalede værdier.

3) Sætning ved densitet 45 kg/m³, fugtindhold 10 vægtpct. (Valdbjørn Rasmussen, 2002b).

4) Sætning ved densitet 30-46 kg/m³, fugtindhold 14-22 vægtpct. (Svennerstedt, 1986).

5) Sætning ved densitet 46 kg/m³, fugtindhold 20 vægtpct. (Sveriges Provnings- og Forskningsinstitut, 2002a).

Densitet og sætning

I tabel 1 angives en typisk densitet svarende til et vandindhold på ca. 10 vægtpct. For løsfyldsprodukter er der tale om den af producenten anbefalede minimumdensitet ved indblæsning i lukkede hulrum eller udblæsning på loft. Den anbefalede densitet afhænger af, hvor isoleringsmaterialet anvendes, og vil normalt være lavere ved løs udblæsning på loft end ved indblæsning i et lukket hulrum.

For løsfyldsprodukter er det væsentligt at vide, hvor meget isoleringsmaterialet sætter sig. Løsfyldsisolering udblæst på vandrette flader, fx lofter, vil sætte sig med tiden, når det udsættes for et tryk fra det materialelag, der ligger ovenover, hvorved isoleringstykkelsen og dermed isoleringsevnen reduceres.

Ved indblæsning i lukkede hulrum fører sætning af materialet til, at der opstår luftspalter og dermed kuldebroer i konstruktionen, dvs. forøget varmetab. Sætningens størrelse afhænger af den densitet, materialet indblæses med. Jo større densitet, desto mindre sætning og dermed mindre risiko for kuldebroer.

Sammenhængen mellem densitet og sætning er forskellig fra isoleringsmateriale til isoleringsmateriale, og afhænger af de fugtforhold materialet udsættes for, de anvendte konstruktionsmaterialer, kon-

Tabel 1. Isoleringsmateria-
lers varmeledningsevne,
densitet og sætning.

struktionsudformningen, samt af isoleringstykkelse og -højde. Det skal naturligvis også sikres, at isoleringsmaterialet kommer ud i alle hjørner af konstruktionen.

Sætning imødegås ved at indblæse med en overtykkelse (løst udblæst) eller en minimumdensitet (lukkede hulrum), jf. DS 418, 6. udgave (Dansk Standard, 2002).

På By og Byg er udviklet et beregningsværktøj, der gør det muligt at beregne den nødvendige minimumdensitet af løsfyldsisolering for at undgå sætning ved indblæsning (Valdbjørn Rasmussen, 2001, 2002b).

I tabel 1 angives, hvor meget papir- og træfiberisolering sætter sig, når det udlægges løst på et loft, og ved hvilke densiteter det er målt. I DS 418 stilles der krav om en overtykkelse på 25 % ved udlægning på loft. Forskningsresultater tyder på, at løst udblæst papir- og træfiberisolering stabiliserer sig ved en densitet på 50 kg/m^3 (Valdbjørn Rasmussen, 2001, 2002a, 2002c). Der er således overensstemmelse mellem forskningsresultaterne og kravene i DS 418, når densiteten ved udblæsning på loft er omkring 40 kg/m^3 . Hvor der findes en produktstandard eller en europæisk teknisk godkendelse for det pågældende isoleringsmateriale, skal kravene i denne følges.

Produkter på måtte- eller rulleform anvendt i lodrette konstruktioner forudsættes at være fastgjort til konstruktionen, fx ved hjælp af ståltråd, idet de ellers kan sætte sig. Af samme grund bør halmballerne i en halmvæg spændes sammen, inden de pudses.

Fugtmæssige egenskaber

Hvad angår evnen til at transportere og binde fugt afviger flere af de alternative isoleringsmaterialer fra de traditionelle, idet de typisk er i stand til at binde og transportere væsentlig mere fugt.

Fugtbinding

Isoleringsmaterialernes evne til at binde fugt udtrykt ved vandindholdet i vægtprocent er afhængig af omgivelsernes relative luftfugtighed (RF). Det er derfor ikke muligt at angive et materiales fugtbindings-evne ved ét tal. Fugtbindingssevnen udtrykkes i stedet ved en såkaldt sorptionsisoterm, som angiver, hvor meget fugt materialet indeholder, når det er i ligevægt ved en given RF, dvs. når det hverken afgiver fugt til eller optager fugt fra luften.

I figur 2 er vist sorptionsisoterner for en række alternative og traditionelle isoleringsmaterialer. Figuren illustrerer, at cellulosebaseret isolering (papir, træfiber, hør, hamp og halm) binder 10-40 gange mere fugt end plastbaseret isolering (EPS) og de uorganiske isoleringsmaterialer (mineraluld, perlit, letklinker). Ved en RF på 90 % og

derover binder visse produkter baseret på hørfibre eller papir 80 til 100 vægtpct. vand.

Træ har samme evne som cellulosebaseret isolering til at binde fugt, dog kan træ maksimalt optage 30 vægtpct. fugt fra luften. Til gengæld er densiteten af træ 10-20 gange større end densiteten af isoleringsmaterialer, og træ kan derfor optage relativt meget fugt pr. m³.

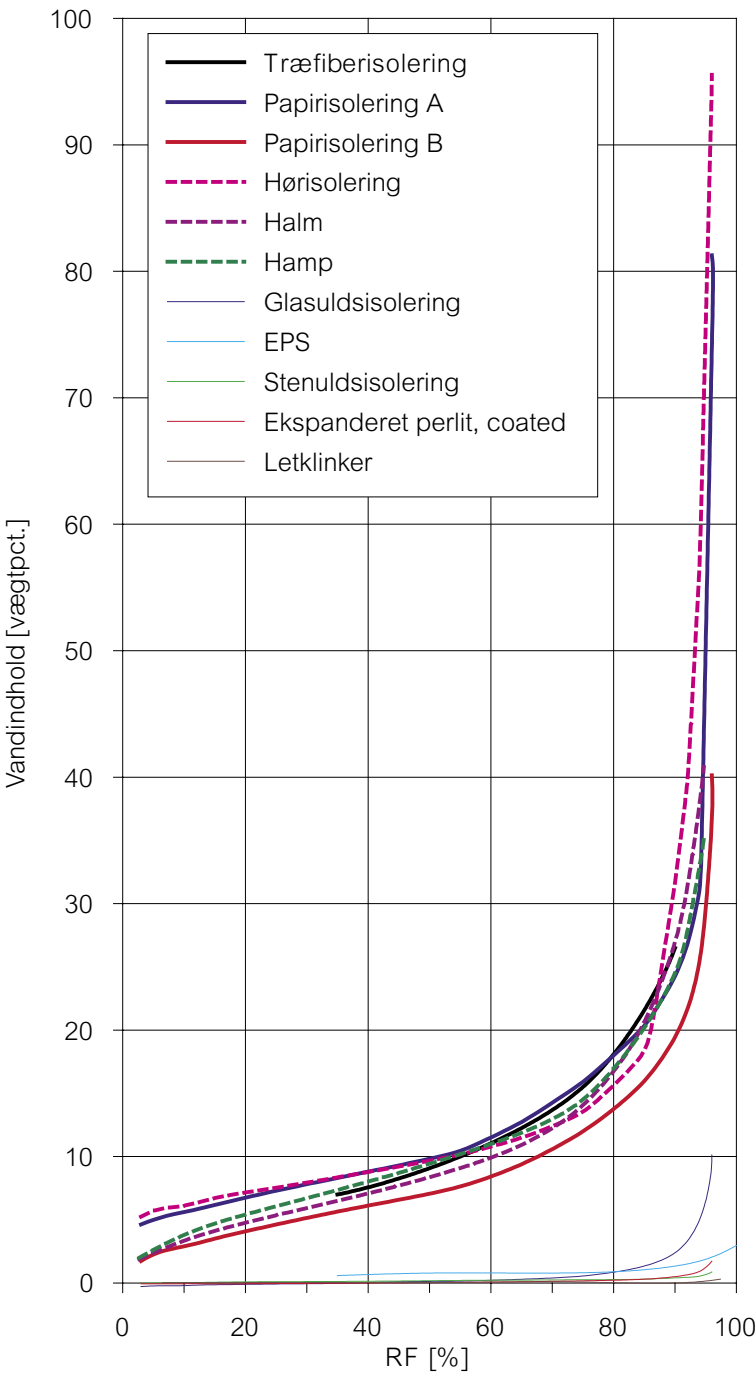
For hamp er målingerne gengivet i figur 2 udført på materialeprøver uden tilsætningsstoffer, hvilket ikke har betydning for fugtbindingsevnen under normale forhold.

Fugttransport

Vanddamp transporteres let gennem de fleste isoleringsmaterialer, såvel alternative som traditionelle, da de overvejende består af luft og derfor er meget åbne – materialerne har en meget høj vanddamppermeabilitet. Denne størrelse angiver, hvor meget vand, der kan transporteres gennem materialet pr. tidsenhed, regnet i forhold til, hvor tykt materialet er, og i forhold til, hvor stor en forskel i relativ luftfugtighed eller i damptryk, der er fra den ene til den anden side af materialet.

I tabel 2 angives typiske værdier for isoleringsmaterialers vanddamppermeabilitet. Denne størrelse viser sig at være relativt uafhængig af RF under normale forhold.

Figur 2. Sorptionsisotermer for isoleringsmaterialer ved 20 °C. Data fra (Olsson, 2001; Strømdahl, 2000; de Place Hansen & Kielsgaard Hansen, 1999a; Hedenblad, 1996; Kielsgaard Hansen, 1994). Et højt vandindhold ved en given RF er udtryk for en stor fugtbindingssevne.



Isoleringsmaterialer betegnes som kapillarsugende eller ej, afhængig af, hvor stor en fugtmængde de opsuger, hvis de kommer i direkte kontakt med vand, fx slagregn, der trænger gennem en utæt formur. Det kan påvirke materialets isoleringsevne i negativ retning og evt.

Isoleringsmateriale fremstillet af	Vanddamppermeabilitet 10^{-12} kg/Pa m s	Kapillarsugningsevne kg/m ³
Papir, løsfyld	150	> 180
Træfiber, løsfyld	150	¹⁾
Hør, måtte/rulle	130	100
Hamp, måtte/rulle	¹⁾	¹⁾
Eksp. perlit, coated	115	2,5
Halm, baller	160	¹⁾
EPS, plade	1-10	3
Letklinker, coatede	200	25
Glasuld, måtte/rulle	140	60
Stenuld, måtte/rulle	150	2
Luft, stillestående	200	-

Fugteegenskaber: (Munch-Andersen & Møller Andersen, in press; Olsson, 2001; de Place Hansen & Kielsgaard Hansen, 1999b; Kielsgaard Hansen & de Place Hansen, 1999) og produktdatablade (EPS).

1) Værdierne er ikke bestemt ved forsøg, men skønnes for træfiberisolering at svare til værdierne for papirisolering, og for hampisolering og halm at svare til hørisolering.

ødelægge isoleringsmaterialet og de tilgrænsende konstruktionsmaterialer. Kapillarsugningsevnen er angivet i tabel 2.

Ekspanderet perlit uden coating er stærkt kapillarsugende (kapillarsugningsevne > 300 kg/m³). Materialet markedsføres ikke til isoleringsformål.

Brandtekniske egenskaber

De alternative isoleringsmaterialer, ekspanderet perlit undtaget, er fremstillet af organiske materialer, som er brændbare. Disse materialer afgiver relativt meget varme og giver samtidig anledning til en betydelig røgudvikling ved brand, sammenholdt med mineraluldisolering.

Alternative isoleringsmaterialer på det danske marked, med undtagelse af dansk produceret hørisolering, tilsættes derfor brandhæmmere, der bevirker, at varmeafgivelse og røgudvikling reduceres, ligesom materialerne bliver sværere at antænde. Derimod påvirkes den hastighed, hvormed materialerne brænder igennem, kun i begrænset omfang (Messerschmidt, Hellensberg & Danø, 1999; Messerschmidt, Nisted, Beckerlee & Danø, 1998). Brandhæmmere beskrives nærmere i kapitlet *Tilsætningsstoffer*.

I tabel 3 angives, hvilke brandklasser isoleringsmaterialerne tilhører i henhold til det hidtidige klassifikationssystem, beskrevet i DS 1057-1 og DS 1065-1 (Dansk Standard, 1993; Dansk Standardiseringsråd, 1990a). Et nyt europæisk klassifikationssystem, der er undervejs, beskrives nærmere i kapitlet *Brand* i del 2.

Tabel 2. Isoleringsmaterialer. Vanddamppermeabilitet og kapillarsugningsevne.

Tabel 3. Isoleringsmaterialer. Brandklasse og lyd-isolation.

Isoleringsmateriale fremstillet af	Brandklasse	Kan anvendes som absorbent i lydisolerende konstruktioner (Ja/Nej)
Papir, løsfyld	Ringere end klasse B	Ja ¹⁾
Træfiber, løsfyld	Ringere end klasse B	Ja ¹⁾
Hør, måtte/rulle	Ringere end klasse B	Ja
Hamp, måtte/rulle	Ringere end klasse B	Ja ¹⁾
Eksp. perlit, coated	Normalt ubrændbar	Ja ¹⁾
Halm, baller	Ringere end klasse B	Ja ¹⁾
EPS, plade	Ringere end klasse B	Nej
Letklinker, coatede	Normalt ubrændbar	Nej
Glasuld, måtte/rulle	Normalt ubrændbar	Ja
Stenuld, måtte/rulle	Normalt ubrændbar	Ja

1) Kan anvendes med visse forbehold, jf. nedenstående afsnit *Lydisolation*.

Lydisolation

Isoleringsmaterialer, herunder de fleste alternative isoleringsmaterialer, bidrager gennem deres lydabsorberende egenskaber til at forøge fx tages, etageadskillelsers og vægges lydisolation. I tabel 3 angives, hvilke isoleringsmaterialer der kan anvendes som lydabsorberende materiale i en bygningsdel.

Et materiales lydabsorberende egenskaber er knyttet til dets luftstrømningsmodstand, der normalt opgives som den specifikke strømningsmodstand. For at et materiale kan anses for at være tilstrækkeligt lydabsorberende, bør den specifikke strømningsmodstand være 7 kPa s/m² eller derover.

Orienterende målinger tyder på, at en specifik luftstrømningsmodstand større end 7 kPa s/m² kan opnås med en densitet på ca. 35 kg/m³ for hørisolering og 37-40 kg/m³ for papir- og træfiberisolering (Teknologisk Institut, 2002).

Visse materialer med en lavere specifik luftstrømningsmodstand end 7 kPa s/m² kan dog have acceptable lydabsorberende egenskaber. Det gælder hampemåtter samt papir- og træfiberisolering som løsfyld med en densitet på ca. 30 kg/m³, fx som umiddelbart efter udblæsning på et loft. I forbindelse med konstruktioner, hvor der er behov for maksimal effekt af det lydabsorberende isoleringsmateriale, bør anvendelse af materialer med en specifik luftstrømningsmodstand væsentligt under 7 kPa s/m² dog vurderes omhyggeligt.

Anvendes ekspanderet perlit og papir- og træfiberisolering med en densitet større end ca. 50 kg/m³ i lette dobbeltkonstruktioners hulrum, er der en risiko for, at isoleringsmaterialet skaber en kobling mellem konstruktionens to halvdele. Dette vil medføre en forringelse af lydisolationen.

De lydabsorberende egenskaber for halm berettiger kun til anvendelse som hele halmballer i halmvægge.

Til sammenligning har gængse mineraluldsprodukter i ruller eller som måtter en specifik strømningsmodstand på 7 kPa s/m^2 eller derover. EPS (plade) med lukket struktur og letklinker (løsfyld) er uegnede som lydabsorbenter.

Tilsætningsstoffer

I dette kapitel gives en generel beskrivelse af de anvendte tilsætningsstoffer, deres funktion og egenskaber, samt den betydning, tilsætningsstofferne har for miljøvurderingen af isoleringsmaterialerne. Anvisningens del 2 indeholder en analyse af isoleringsmaterialernes betydning ved miljøvurderingen af bygningsdele.

Funktion og typer

De fleste alternative isoleringsmaterialer indeholder tilsætningsstoffer for at øge modstandsevnen over for fx brandpåvirkning. Hør- og hampeisoleringsmåtter eller -ruller indeholder desuden støttefibre af polyester, der smeltes sammen for at sikre formstabilitet, se tabel 4.

Som tilsætningsstoffer benyttes borax ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) og borsyre (H_3BO_3) – under ét kaldet borsalte – aluminiumhydroxid ($\text{Al}(\text{OH})_3$), ammoniumfosfat ($(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$), silikoneharpiks eller soda (natriumcarbonat, $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$).

Med hensyn til angivelse af specifikke mængder og typer af tilsætningsstoffer henvises til beskrivelsen af de enkelte isoleringsmaterialer samt til specifikke produktdatablade.

Borsalte har brandhæmmende egenskaber og beskytter desuden mod råd, svamp og skadedyr. Aluminiumhydroxid, ammoniumfosfat og soda har alle brandhæmmende egenskaber. Silikoneharpiks benyttes for at gøre et materiale vandafvisende.

Hør- og hampeisolering tilsættes syntetiske støttefibre af polyester for at opnå elastiske og formstabile måtter/ruller. Syntetiske støttefibre nedbrydes i modsætning til organiske fibre ikke af fugt, men er meget let antændelige. Det tilstræbes derfor at minimere indholdet af støttefibre.

Mineraluldisolering indeholder ligeledes en række tilsætningsstoffer og bindemidler, fx urea-modificeret fenol-formaldehyd harpiks (bakelit) og mineralsk olie.

Brandhæmmende tilsætningsstoffer

Borsalte, aluminiumhydroxid, ammoniumfosfat og soda har brandhæmmende egenskaber, fordi stofferne afgiver vand under opvarmning.

Isoleringsmateriale fremstillet af	Indhold af tilsætningsstoffer (Ja/Nej)			
	Brand-hæmmende	Mod råd, svamp og skadedyr	Fugt-afvisende	Støttefibre/ bindemiddel
Papir, løsfyld	Ja	Ja	Nej	Nej
Træfiber, løsfyld	Ja	Nej	Nej	Nej
Hør, måtte/rulle	Ja/Nej ¹⁾	Ja/Nej ¹⁾	Nej	Ja
Hamp, måtte/ rulle	Ja	Nej	Nej	Ja
Eksp. perlit, coated	Nej	Nej	Ja	Nej
Halm, baller	Nej	Nej	Nej	Nej
EPS, plade	Nej	Nej	Nej	Nej
Letklinker, coatede	Nej	Nej	Ja	Nej
Glasuld, måtte/ rulle	Nej	Nej	Ja	Ja
Glasuld, løsfyld	Nej	Nej	Ja	Ja
Stenuld, måtte/ rulle	Nej	Nej	Ja	Ja
Stenuld, løsfyld	Nej	Nej	Ja	Ja

1) Kun det ene af to produkter på det danske marked fremstilles p.t. med henholdsvis brand-hæmmer og svampehæmmende middel.

Det er vanskeligt at få borsalte og aluminiumhydroxid til at hæfte på cellulosefibre. Der skal derfor tilsættes forholdsvis store mængder af disse stoffer for at opnå den ønskede effekt. (Jørgensen & Schneider, 1999).

Det har vist sig ved brandprøvning, at tilsætningsstofferne især har en effekt, når det gælder antændelighed, varmeafgivelse og røgudvikling under brand, mens gennembrændingshastigheden kun påvirkes i begrænset omfang ved tilsætning af brandhæmmere (Messerschmidt et al., 1999).

Tilsætning af brandhæmmer til cellulosebaseret isolering i form af borsalte og/eller aluminiumhydroxid vil ikke bevirke en bedre klassifikation end træ (Danø, 2003; Pauner, 2002; Messerschmidt et al., 1999).

Undersøgelser tyder på, at ammoniumfosfat, der p.t. anvendes som brandhæmmende tilsætningsstof i hør- og træfiberisolering, kan medføre korrosion af murbindere af galvaniseret stål i ældre murværkskonstruktioner (Egholm, Hansen, Pedersen, Vissing Pedersen & Rungø, 2000).

Fugtpåvirkning

Udsættes ammoniumsalte for meget høj fugtighed (97 % RF) optager tilsætningsstoffet op til 200 vægt pct. vand (de Place Hansen & Kielsgaard Hansen, 1999a), mens borsalte og aluminiumhydroxid optager mindre end 2 vægt pct. fugt. Det forklarer, hvorfor den hørisolering, der indeholder ammoniumsalte som brandhæmmer, har en særlig høj fugtbindingsevne ved en høj RF.

Tabel 4. Tilsætningsstoffer. Produkter på det danske marked.

Miljøvurdering af tilsætningsstoffer

Ingen af de anvendte tilsætningsstoffer i de alternative isoleringsmaterialer er på Miljøstyrelsens *Liste over farlige stoffer* (Miljøstyrelsen, 2002; Bekendtgørelse nr. 439, 2002) eller *Effektlisten* (Miljøstyrelsen, 2000a), men borsalte er optaget på Miljøstyrelsens *Liste over uønskede stoffer* (Miljøstyrelsen, 2000b). Der er fra dansk side taget initiativ til, at borsalte i EU klassificeres som reproduktionstoksiske, hvilket er en følge af, at de kan skade forplantningsevnen og fostres udvikling.

Forekomsten af bor i indeklimaet i bygninger, hvor der er tilsat borsalte til isoleringen, adskiller sig ifølge feltundersøgelser ikke eller kun i meget ringe grad fra baggrundsforekomsten (Schneider, 1999). Forskellige alternativer til borsalte undersøges, men på nuværende tidspunkt (sommer 2003) foreligger ikke dokumenterede resultater.

Ekspanderet perlit behandles med 0,2 % silikoneharpiks for at opnå en vandafvisende effekt. Ved reaktion med luftens CO₂ omdannes silikoneharpiks til kaliumkarbonat og methylkiselsyre. Kaliumkarbonat er ifølge Arbejdstilsynet ikke klassificeret som farligt støv, og man har ingen oplysninger om, at methylkiselsyre skulle fremkalde skader (Arbejdsgruppen for alternative isoleringsmaterialer, 1996).

Bortskaffelse og genanvendelse

Der er en markant forskel på isoleringsmaterialers miljøpåvirkning hvad angår bortskaffelse, hvilket skyldes, at mineraluldisolering skal deponeres, mens organiske isoleringsmaterialer som papir- og hørisolering kan bortskaffes ved afbrænding på et forbrændingsanlæg. Af Miljøstyrelsen er mineraluldisolering klassificeret som farligt affald, dog er kommunerne informeret om, at deponering kan ske som hidtil, dvs. som volumenaffald.

For produkter der indeholder bor- eller aluminiumforbindelser bør afbrænding foretrækkes frem for deponering, mens der ikke er restriktioner for produkter, der fremstilles uden disse typer af tilsætningsstoffer, fx (Krogh, Rasmussen & Nielsen, 2001).

Træfiber- og hampeisolering vurderes at kunne sidestilles med papir- og hørisolering mht. afbrænding, men er ikke undersøgt. Hverken halm, træfiber- eller hampeisolering indeholder bor- eller aluminiumsalte på nuværende tidspunkt (sommer 2003), og vil derfor kunne bortskaffes ved kompostering o.lign.

Papir- og hørisolering kan genbruges som isolering. Ekspanderet perlit kan ligeledes genbruges, men kan ikke bortskaffes ved forbrænding. Træfiber- og hampeisolering vurderes at kunne sidestilles med papir- og hørisolering mht. genbrug, men er ikke undersøgt. For halm er genanvendelsesmulighederne i princippet ubegrænsede, da det ikke indeholder tilsætningsstoffer.

Papirisolering

I USA har papirisolering som løsfyld været anvendt i ca. 100 år, og er fremstillet industrielt i større målestok siden 1945. I en række europæiske lande har papirisolering været produceret siden slutningen af 1970'erne, som reaktion på energikrisen i 1973/74.

Papirisolering fremstilles af avispapir og har som udgangspunkt et gråligt udseende. En enkelt producent fremstiller dog forskellige produkter med hver sit anvendelsesområde og har derfor tilsat farvestof for at skelne de forskellige produkter fra hinanden.

Papirisolering anvendes især i træskeletkonstruktioner samt løst udblæst på loft. Papirisolering kan anvendes i murværkskonstruktioner, når disse ikke udsættes for slagregn af betydning, jf. *Tung bagvæg med formur* side 98.

Fremstilling og håndtering

Papirisolering leveres som løsfyldsprodukt og fremstilles oftest af genbrugspapir i form af overskuds- og returpapir fra især avisproduktion. Papiret modtages i løs vægt eller i baller, hvorefter det findes og blandes med tilsætningsstoffer.

Papirisolering som løsfyldsprodukt kan indblæses eller udlægges tørt eller sprøjtes vådt på en eksisterende konstruktion. Ved



vådsprøjtning af papirisolering tilsættes 20-30 vægt pct. vand som „bindemiddel“ til det tørre isoleringsmateriale. Herefter skal væggen have tid til at tørre, inden den lukkes. Vådsprøjtning er ret udbredt i Finland, men har indtil videre ikke vundet indpas i Danmark (Hjorslev Hansen & Skibstrup Eriksen, 2000; Stokbæk, 2002).

Måtter af papirisolering fremstilles ved at sprøjte papirfibre og bindemiddel ud på et nettransportbånd i flere omgange, skære måtterne til, og derefter fjerne overflødig fugt ved hjælp af varmetilførsel. Papirisolering i måtteform er netop introduceret på det danske marked og behandles derfor ikke i denne anvisning.

Tilsætningsstoffer

Papirisolering indeholder tilsætningsstoffer for at forbedre de brandmæssige egenskaber og for at beskytte mod skimmelsvampe, råd og skadedyr. I produkter på det danske marked anvendes borsalte (18 vægt pct.) eller en kombination af borsalte (6 vægt pct.) og aluminiumhydroxid (9 vægt pct.), afhængig af producent.

Byggetekniske egenskaber

Tabel 5 giver en oversigt over de vigtigste byggetekniske egenskaber for papirisolering, baseret på målinger på specifikke produkter. I teksten nedenfor gives supplerende oplysninger. En generel beskrivelse af egenskaberne og deres betydning findes på side 16ff.

Tabel 5. Papirisolering. Byggetekniske egenskaber, oversigt.

Egenskab	Talværdi
Brandklasse	Ringere end klasse B
Varmeledningsevne, deklareret værdi ¹⁾	0,040 W/m K
Sætning, løst udblæst, densitet 30-46 kg/m ³ , fugtindhold 14-22 vægt pct.	11-24 %
Minimum densitet uden sætning, lukket hulrum ²⁾	50 kg/m ³ (vandret) 65 kg/m ³ (lodret)
Fugt, absorption fra luften ved 75 % RF	12-16 vægt pct.
Fugt, absorption fra luften ved 90 % RF	20-25 vægt pct.
Fugt, vanddamppermeabilitet	150 · 10 ⁻¹² kg/Pa m s
Fugt, kapillarsugningsevne	> 180 kg/m ³

1) Gælder for et specifikt produkt. For øvrige produkter på det danske marked kan deklarerede værdier forventes senere i 2003.

2) Ved varierende fugtforhold.

Brandforhold

Papirisolering som løsfyld fastholdt i konstruktionen bidrager til brandmodstanden svarende til brandmodstandsbidraget fra stenuld, hvis det er fastholdt fx vha. 2 mm stålnet med 85 mm maskevidde eller 19 × 100 mm forskallingsbrædder pr. 300 mm (Christensen & Danø, 2000, 2001; Stokbæk, 2001). Papirisolering giver til gengæld et bidrag til brandudviklingen udtrykt ved varmeafgivelse og røgudvikling.

Sætning

Papirisolering indblæst i en lukket konstruktion vil sætte sig, hvis ikke det indblæses med en vis minimumdensitet. Målinger har vist, at denne er omkring 50 kg/m³ i vandrette hulrum og omkring 65 kg/m³ i lodrette hulrum med isoleringstykkelse op til 200 mm ved varierende fugtforhold (Valdbjørn Rasmussen, 2001, 2002a, 2002c). Disse densiteter svarer til de minimumværdier for densiteten, der angives i DS 418 (Dansk Standard, 2002) for indblæsning af celluloseløsfyldsisolering i lukkede hulrum og tager hensyn til de varierende fugtforhold i en konstruktion. For lodrette hulrum tykkere end 200 mm, anbefales det at benytte normens værdi på 65 kg/m³ med en vis forsigtighed, indtil yderligere undersøgelser foreligger.

Lydisolation

Papirisolering som løsfyld kan anvendes som lydabsorbent i vægge og etageadskillelser samt på lofter.

Ved anvendelse i vægge og etageadskillelser vurderes papirisolering at have stort set samme lydabsorberende effekt som mineraluldisolering, hvorimod effekten ved løs udblæsning på lofter kan være lidt ringere pga. den lave densitet som udblæsning normalt sker med. Papirisolering som løsfyld på lofter skønnes dog efter sætning i langt de fleste tilfælde at give et tilstrækkeligt bidrag til lydisolation mod udefra kommende støj samt mellem to rum, hvor lyden transmitteres via tagrummet.

Ved indblæsning med en densitet større end ca. 50 kg/m³ i lette konstruktioner vil materialet kunne skabe en uhensigtsmæssig kobling mellem konstruktionens to halvdele, hvilket kan forringe lydisolationen (Pedersen, 2003).

Træfiberisolering

Træfiberisolering, i den form det benyttes i dag, har været anvendt i Sverige og Finland siden starten af 1980'erne. Materialet fremstilles af uforarbejdet cellulose og er derfor gulligt.

Træfiberisolering anvendes især i træskeletkonstruktioner samt løst udblæst på loft. Der anvises ikke løsninger med træfiberisolering i murværkskonstruktioner i denne anvisning. Det skyldes primært, at træfiberisolering på det danske marked ikke indeholder skimmel- og svampehæmmende middel, og at en formur ikke kan forventes at være tæt over for slagsregnspåvirkning.

Fremstilling og håndtering

I modsætning til papirisolering fremstilles træfiberisolering af cellulosefibre fra uforarbejdet træ. Træfiberisolering fremstilles ved, at træfibermassen findeles og blandes med tilsætningsstoffer.

Kun træfiberisolering som løsfyld behandles i denne anvisning, idet måtter ikke markedsføres i Danmark. Træfiberisolering kan indblæses eller udlægges tørt, eller sprøjtes vådt på en eksisterende konstruktion.



Tilsætningsstoffer

Træfiberisolering på det danske marked indeholder 5 vægt pct. ammoniumfosfat som brandhæmmende middel. Der tilsættes ikke skimmelsvamephæmmende middel, og den tilsatte brandhæmmer viser sig ikke at have nogen effekt over for skimmelsvampe (Sveriges Provings- och Forskningsinstitut, 2002b). Det aktuelle træfiberisoleringsprodukt vurderes at have samme modstand overfor skimmelsvampevækst som træ.

Byggetekniske egenskaber

Tabel 6 giver en oversigt over de vigtigste byggetekniske egenskaber for træfiberisolering, baseret på målinger på et specifikt produkt. I teksten nedenfor gives supplerende oplysninger. En generel beskrivelse af egenskaberne og deres betydning findes på side 16ff.

Egenskab	Talværdi
Brandklasse	Ringere end klasse B
Varmeledningsevne, deklareret værdi ¹⁾	-
Sætning, løst udblæst, densitet 46 kg/m ³ , fugtindhold 20 vægt pct.	10 %
Minimum densitet uden sætning, lukket hulrum, fugtindhold 20 vægt pct.	55 kg/m ³ (lodret)
Fugt, absorption fra luften ved 75 % RF	ca. 16 vægt pct.
Fugt, absorption fra luften ved 90 % RF	ca. 25 vægt pct.
Fugt, vanddamppermeabilitet	150 · 10 ⁻¹² kg/Pa m s
Fugt, kapillarsugningsevne ²⁾	> 180 kg/m ³

1) Deklareret værdi forventes at foreligge ultimo 2003.

2) Ikke målt på træfiberisolering. Den angivne værdi gælder for papirisolering og vurderes også at kunne anvendes for træfiberisolering.

Tabel 6. Træfiberisolering. Byggetekniske egenskaber, oversigt.

Brandforhold

Der foreligger på nuværende tidspunkt (sommer 2003) ikke dokumentation mht. træfiberisolerings brandmæssige egenskaber, herunder brandmodstandsevne. Det skønnes, at træfiberisolering har brandmæssige egenskaber svarende til papirisolering med en tilsvarende mængde brandhæmmer.

Varmeisolering

Der findes ikke deklarerede værdier for træfiberisolering på det danske marked p.t., men en deklareret forventes i løbet af 2003. Der findes en godkendelse for anvendelse af træfiberisolering som isoleringsmateriale fra et svensk godkendelsesorgan såvel løst udblæst som i lukkede hulrum (SITAC, 2002a, b).

Sætning

Ved måling af sætning af træfiberisolering under konstante laboratorieforhold viser det sig, at der ikke sker sætning, når indblæsning sker med en densitet på henholdsvis 55 kg/m³ (krydsfinérpladevæg) og 59 kg/m³ (gipspladevæg) ved en isoleringstykkelse på 200 mm (Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut, 2002a, Valdbjørn Rasmussen, 2002b). Isoleringen blev indblæst med et fugtindhold på henholdsvis 20 vægt pct. (krydsfinérpladevæg) og 10 vægt pct. (gipspladevæg).

Disse værdier er under kravet til minimumdensitet i DS 418 på 65 kg/m³, som har vist sig at være nødvendigt for at undgå sætning under varierende fugtforhold (Valdbjørn Rasmussen, 2002b).

Lydisolation

Træfiberisolering som løsfyld kan anvendes som lydabsorbent i vægge og etageadskillelser samt på lofter.

Ved anvendelse i vægge og etageadskillelser vurderes træfiberisolering at have stort set samme lydabsorberende effekt som mineraluldsisolering, hvorimod effekten ved udblæsning på lofter vurderes at være lidt ringere pga. den lave densitet som udblæsning normalt sker med. Træfiberisolering som løsfyld på lofter skønnes dog efter sætning i langt de fleste tilfælde at give et tilstrækkeligt bidrag til lydisolation mod udefra kommende støj samt mellem to rum, hvor lyden transmitteres via tagrummet.

Ved indblæsning med en densitet større end ca. 50 kg/m³ i lette konstruktioner vil materialet kunne skabe en uhensigtsmæssig kobling mellem konstruktionens to halvdele, hvilket kan forringe lydisolationen.

Hørisolering

Spindhør er en gammel kulturplante i Danmark. Dens fibre har tidligere været anvendt til bl.a. klæder, reb og sejl, pga. deres høje styrke. I midten af det 19. århundrede blev hør fortrængt af importeret bomuld. Efterspørgslen efter hør blev også kraftigt reduceret ved overgangen fra sejl- til damp- og motorskibe.

I de senere år er produktionen af hør atter øget, med varmeisolering som ét af de nye anvendelsesområder. Den øgede produktion af hør er bl.a. fremmet af, at EU yder tilskud til dyrkning. Dette tilskud er dog for nylig reduceret til kun at omfatte fibre til produktion af tekstiler.

Hørisolering anvendes især i træskeletkonstruktioner, i tagkassetter, samt som loftisolering.

Fremstilling og håndtering

Hørfibre fås fra plantens stængel og er langt stærkere end træfibre, hvilket skyldes forskelle i opbygningen af hør- og træfibre. Hørfibre er derfor relativt vanskelige at håndtere.

Til produktion af hørisolering opnås det bedste resultat ved at anvende let rødne fibre. Rødning er den proces, der foregår, når den skårlagte hørplante ligger på marken et par uger, mens mikroorganis-



mer nedbryder laget mellem vedceller og bastfibrene. Rødnede fibre har et vokslag, som gør dem vandskyende, fx (Engberg Pallesen, 1996).

På det danske marked findes hørisolering udelukkende i måtte- og rulleform, bl.a. fordi det mindsker densiteten i forhold til et granuleret produkt. Hørisoleringen er produceret henholdsvis i Tyskland og Danmark.

I Tyskland benyttes en maskinel kartning af fibrene efter samme princip, som anvendes til produktion af bomuld til tekstilindustrien. Ved produktionen i Danmark anvendes en nyudviklet mekanisk proces til afkortning af fibrene. Denne metode gør det muligt at reducere mængden af støttefibre der tilsættes for at opnå elastiske og formstabile måtter væsentligt, sammenholdt med tysk produceret hørisolering (Engberg Pallesen, 1999).

Mængden af støttefibre og fiberlængden har betydning for, hvor let isoleringsmaterialet kan tilvirkes. Dette kan foregå ved vandskæring, og på byggepladsen vha. værktøj udviklet specielt til formålet, dels i form af en håndsav med specialskær, dels i form af elektrisk værktøj med specielle klinger (Holbæk Byggemateriale Compagni, 2002). Værktøjet købes hos isoleringsproducenten/leverandøren.

Tilsætningsstoffer

Der er tilsat 17 vægtpct. støttefibre i tysk og 5 vægtpct. støttefibre i dansk fremstillet hørisolering, jf. forskelle i fremstillingsproces. Støttefibre smeltes sammen ved hjælp af varm luft.

Tysk produceret hørisolering er tilsat 9 vægtpct. ammoniumfosfat og 1 vægtpct. borsalte som brandhæmmer, mens dansk produceret hørisolering indtil videre fremstilles uden brandhæmmer. Muligheden for at anvende natriumsilikat, et uorganisk, naturligt forekommende stof, som brandhæmmer, undersøges.

Egenskaber ved den tilsatte brandhæmmer (ammoniumfosfat) bevirker, at der ved en relativ luftfugtighed i konstruktionen på over 90 % bindes meget fugt. Hørisolerings store kapillarsugningsevne (100 kg/m^3) skyldes ligeledes den tilsatte brandhæmmer (ammoniumfosfat), idet hørfibrene i sig selv er vandskyende, fx (Engberg Pallesen, 1996).

De naturlige bestanddele i hør sikrer en vis modstandsevne over for skimmelsvampe (Krogh et al., 2001, Engberg Pallesen, 2001, Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, 1997). Hørisolering, der i længere tid har været i direkte kontakt med vand, vil dog nedbrydes relativt hurtigt pga. råd, idet den selvimpregnerende effekt da ikke længere er til stede (Egholm et al., 2000). Derfor tilsættes borsalte som svampehæmmende middel (tysk produceret hørisolering).

Byggetekniske egenskaber

Tabel 7 giver en oversigt over de vigtigste byggetekniske egenskaber for hørisolering, baseret på målinger på specifikke produkter. I teksten nedenfor gives supplerende oplysninger. En generel beskrivelse af egenskaberne og deres betydning findes på side 16ff.

Egenskab	Talværdi
Brandklasse	Ringere end klasse B
Varmedningsevne, deklareret værdi ¹⁾	0,040 W/m K
Sætning, løst udblæst	Produceres kun som måtter
Fugt, absorption fra luften ved 75 % RF	12-14 vægt pct.
Fugt, absorption fra luften ved 90 % RF	30-35 vægt pct.
Fugt, vanddamppermeabilitet	$130 \cdot 10^{-12}$ kg/Pa m s
Fugt, kapillarsugningsevne	100 kg/m ³

1) Gælder for specifikt produkt.

Tabel 7. Hørisolering. Byggetekniske egenskaber, oversigt.

Brandforhold

Hørisolering vil bidrage til konstruktionens brandmodstand svarende til bidraget fra glasuldsisolering, hvis det fastholdes i konstruktionen med 2 mm ståltråd pr. 300 mm eller lignende (Christensen & Danø, 2000, 2001; Stokbæk, 2001). Hørisolering uden brandhæmmer giver et bidrag til brandudviklingen, udtrykt ved varmeafgivelse og røgudvikling. Bidraget reduceres ved tilsætning af brandhæmmer.

Varmeisolering

Den tysk producerede hørisolering på det danske marked har opnået en deklareret varmedningsevne på 0,040 W/m K (ETA, 1999). Der foreligger ikke en deklareret værdi for dansk produceret hørisolering på nuværende tidspunkt (sommer 2003).

Lydisolation

Hørisolering kan anvendes som lydabsorbent i vægge og etageadskillelser samt på lofter. Hørisolering vurderes at have stort set samme lydabsorberende effekt som mineraluldsisolering (Pedersen, 2003).

Hampeisolering

Hampefibre er meget stærke naturfibre og har i tidens løb været anvendt til bl.a. klæder, reb og sejl, på samme måde som hør fibre. Dyrkning af hampeplanter forbindes ofte med anvendelsen af hamp til at fremstille euforiserende stoffer, hvilket i perioder har ført til et direkte forbud mod at dyrke planten i bl.a. Danmark. Dette sammenholdt med skiftet fra sejl- til damp- og motorskibe har været helt afgørende for, at anvendelsen af hamp blev voldsomt reduceret.

Hamp anvendt som isoleringsmateriale er ikke så udbredt i Danmark som hørisolering, og erfaringerne med anvendelsen er tilsvarende begrænsede. Det forventes, at hampeisolering har samme anvendelsesmuligheder som hørisolering, dvs. først og fremmest i træskeletkonstruktioner, i tagkassetter, samt som loftisolering. Hampeisolering kan anvendes i murværkskonstruktioner, forudsat at slagregnspåvirkningen er uden betydning, jf. *Tung bagvæg med formur* side 98.

Fremstilling og håndtering

Ved dyrkning af hamp til fremstilling af isoleringsmateriale anvendes planter med et meget lavt indhold af cannabinol, da disse planter er de eneste, der kan få en dyrkningsgodkendelse fra EU. Hamp skal helst rødne, før fibrene er egnede til videre forarbejdning. Rødning er



den proces, der foregår, når den skårlagte hampeplante ligger på marken et par uger, mens mikroorganismer nedbryder laget mellem vedceller og bastfibre. Rødningen kan fremskyndes ved i stedet at lægge stænglerne i 35 °C varmt vand i 4 dage. Adskillelsen af vedceller og bastfibre kan også ske rent mekanisk.

På det danske marked findes hampeisolering udelukkende i måtte- og rulleform, bl.a. fordi det reducerer densiteten i forhold til et granuleret produkt. Produktionen af isoleringsmåtter sker ved en maskinel kartning af fibre efter samme princip, som anvendes til produktion af bomuld til tekstilindustrien. Alternativt kan anvendes den samme mekaniske proces til afkortning af fibre, som anvendes ved dansk produceret hørisolering.

Mængden af støttefibre og fiberlængden har betydning for, hvor let isoleringsmaterialet kan tilvirkes. Dette kan foregå ved vandskæring, og på selve byggepladsen vha. værktøj udviklet specielt til at arbejde med materialer som hør- og hampeisolering, dels i form af en håndsav med specialskær, dels i form af elektrisk værktøj med specielle klinger (Holbæk Byggemateriale Compagni, 2002).

Tilsætningsstoffer

Hampeisolering på det danske marked er tilsat 6 vægt pct. soda (natriumcarbonat) som brandhæmmer og 15 vægt pct. syntetiske støttefibre af polyester for at sikre elastiske og formstabile måtter. Hampeisolering er i sig selv vandskyende. Det er ikke undersøgt, om den tilsatte brandhæmmer ændrer på dette.

Byggetekniske egenskaber

Tabel 8 giver en oversigt over de vigtigste byggetekniske egenskaber for hampeisolering. I teksten nedenfor gives supplerende oplysninger. En generel beskrivelse af egenskaberne og deres betydning findes på side 16ff.

Egenskab	Talværdi
Brandklasse	Ringere end klasse B
Varmedningsevne, deklareret værdi ¹⁾	-
Sætning, løst udblæst	Produceres kun som måtter
Fugt, absorption fra luften ved 75 % RF ²⁾	14-16 vægt pct.
Fugt, absorption fra luften ved 90 % RF ²⁾	24-26 vægt pct.
Fugt, vanddamppermeabilitet ³⁾	$130 \cdot 10^{-12} \text{ kg/Pa m s}$
Fugt, kapillarsugningsevne ³⁾	100 kg/m ³

1) Deklareret værdi forventes at foreligge i foråret 2004.

2) Målt på hampefibre uden tilsætningsstoffer.

3) Ikke målt på hampeisolering. De angivne værdier gælder for hørisolering og vurderes på nuværende tidspunkt at være det bedste skøn.

Tabel 8. Hampeisolering. Byggetekniske egenskaber, oversigt.

Brandforhold

Hampeisoleringens brandtekniske egenskaber er ikke undersøgt i Danmark, men ifølge tyske prøvninger efter DIN 4102 (Deutsches Institut für Normung, 1998) klassificeres hampeisolering i samme klasse som hørisolering. Det betyder, at hampeisolering kan forventes at bidrage til konstruktionens brandmodstand svarende til bidraget fra glasuldsisolering, hvis den fastholdes i konstruktionen med 2 mm ståltråd pr. 300 mm eller lignende. Varmeafgivelse og røgudvikling under brand er ikke undersøgt.

Varmeisolering

Der findes ikke deklarerede værdier for hampeisolering på det danske marked, men en deklareret kan forventes i foråret 2004, når den nuværende godkendelse for anvendelse af produktet udløber (Deutsches Institut für Bautechnik, 2001).

Lydisolation

Hampeisolering kan anvendes som lydabsorbent i vægge og etageadskillelser samt på lofter, men må generelt – vurderet ud fra orienterende målinger af luftstrømningsmodstanden – forventes at have en lydabsorberende effekt, som er ringere end hvad der typisk opnås med mineraluldsisolering (Teknologisk Institut, 2002). Hampeisolering udlagt på lofter skønnes dog i langt de fleste tilfælde at give et tilstrækkeligt bidrag til lydisolation mod udefra kommende støj samt mellem to rum, hvor lyden transmitteres via tagrummet.

Ekspanderet perlit

Perlit har været anvendt i bl.a. USA i 50 år, fx til byggetekniske formål, og er et kornet materiale baseret på en bjergart af vulkansk oprindelse. Som isoleringsmateriale anvendes perlit i ekspanderet form, mens det som tilslag anvendes i sin oprindelige form.

Ekspanderet perlit anvendes i lodrette konstruktioner eller løst udlagt på lofter og i gulve. Ekspanderet perlit med ekstra høj densitet kan også bruges som underlag for svømmende gulve.

For at undgå at perlitkornene løber ud, stilles der særlige krav til udførelsen af konstruktioner, herunder gennemføringer, åbninger ved vinduer, døre og eludtag, mv.

Fremstilling

Perlit er betegnelsen for en bjergart af vulkansk oprindelse, hvor hovedbestanddelen (75 %) er siliciumoxid. Perlit udvindes direkte fra jordoverfladen eller fra miner i bl.a. Grækenland, Tyrkiet, Kina og USA. I rå tilstand indeholder perlit fra to til seks pct. vand, som er indesluttet i porerne.

Efter knusning opvarmes materialet i ovn til 1100-1200 °C. Ved opvarmningen omdannes vandet til damp under højt tryk, der får perlitkornene til at ekspandere til ca. 20 gange deres oprindelige volumen



i løbet af få sekunder. Resultatet er et hvidt, kornet materiale, kaldet ekspanderet perlit.

Ekspanderet perlit har en kornstørrelse på op til 6 mm. Hvert enkelt korn er opbygget af et stort antal lukkede porer med en diameter på ca. 0,02 mm, der hver især er omgivet af en ganske tynd væg med en tykkelse på ca. 0,001 mm.

Tilsætningsstoffer

Ekspanderet perlit til isoleringsformål leveres som et vandafvisende (coated) produkt, hvor kornene er behandlet med 0,2 % silikoneharpiks, som brændes fast på de varme korn. Ekspanderet perlit er hverken tilsat tilsætningsstoffer mod brand eller råd. Ekspanderet perlit er uorganisk og nedbrydes derfor ikke af mikroorganismer.

Byggetekniske egenskaber

Tabel 9 giver en oversigt over de vigtigste byggetekniske egenskaber for ekspanderet perlit, baseret på målinger på et specifikt produkt. I tabellen angives kun oplysninger for coated ekspanderet perlit, da ekspanderet perlit uden coatning ikke markedsføres til isoleringsformål.

I teksten nedenfor gives supplerende oplysninger. En generel beskrivelse af egenskaberne og deres betydning findes på side 16ff.

Tabel 9. Ekspanderet perlit, coated. Byggetekniske egenskaber, oversigt.

Egenskab	Talværdi
Brandklasse	Normalt ubrændbar
Varmeledningsevne, deklareret værdi ¹⁾	0,042 W/m K
Sætning, løst udlagt	Se teksten nedenfor
Fugt, absorption fra luften ved 75 % RF	0,1-0,2 vægt pct.
Fugt, absorption fra luften ved 90 % RF	0,2-0,5 vægt pct.
Fugt, vanddamppermeabilitet	$115 \cdot 10^{-12}$ kg/Pa m s
Fugt, kapillarsugningsevne	2,5 kg/m ³

1) Gælder for specifikt produkt.

Sætning

Densiteten af produktet er typisk 80-85 kg/m³ i den udgave, der anvendes som isoleringsmateriale. Ekspanderet perlit anbragt i en lodret konstruktion mellem to plader af fx gips eller træ vil sætte sig, hvis pladerne som følge af temperatur- og fugtsvingninger bøjer ud. Perlits manglende elasticitet bevirker, at denne sætning er blivende og forhindrer pladerne i at rette sig ud igen.

Ekspanderet perlit er et letløbende materiale, hvorfor der stilles særlige krav til konstruktionernes tæthed, idet der er meget stor risiko for at materialet løber ud.

Lydisolation

Ekspanderet perlit kan anvendes som lydabsorbent i etageadskillelser og vægge samt på lofter og vurderes at have stort set samme lydabsorberende effekt som mineraluldsisolering. Denne vurdering er foretaget på basis af målinger af såvel specifik luftstrømningsmodstand (Teknologisk Institut, 2002) som direkte målinger af lydabsorptionen.

På grund af ekspanderet perlits struktur vil materialet anvendt i lette konstruktioner kunne skabe en uhensigtsmæssig kobling mellem konstruktionens to halvdele, hvilket kan forringe lydisolationen.

Halm

Konstruktioner med halmvægge har været anvendt de sidste 100 år, især i USA, mens det første halmhus i Danmark blev bygget i 1996.

Halmvægge fremstilles typisk af stablede og sammenbundne halmballer, grundet med lervælling og pudset med lerpuds tilsat snittet halm, eller med kalkpuds. Som bærende konstruktion benyttes normalt et træskelet, enten et fritstående skelet af fx rundtømmer eller et skelet af planker skjult inde i væggen. Halmen fungerer som isoleringsmateriale. Halmvægge fugt- og brandsikres rent konstruktivt, uden anvendelse af tilsætningsstoffer.

En uddybende beskrivelse af halms egenskaber og anvendelse af halmballer i byggeriet findes i (Munch-Andersen & Møller Andersen, in press; Keller, Kruse & Nielsen, 2001).

Fremstilling og håndtering

Til halmvægge kan anvendes baller af strå fra fx hvede og rug. For at opnå halmballer egnede til konstruktionsbrug skal det sikres, at halmen ikke har været udsat for regn fra den høstes til den presses til baller, samt at lagring af halmballerne sker med så fri lufttilgang som muligt.

Egnede halmballer skal være gule og skinnende og have en densitet på mindst 80-90 kg/m³. Desto længere strå der indgår, desto



mere formstabile er halmballerne. Det skal sikres, at halmballer til konstruktionsbrug er fra foregående års høst, da de ellers ikke vil være tilstrækkeligt tørre (Keller, Kruse & Nielsen, 2001).

Den traditionelle halmballe måler ca. $350 \times 450 \times 850$ mm og har en densitet på $80\text{--}100 \text{ kg/m}^3$, mens den mindre anvendte minibigballe, der er hårdere presset, måler ca. $1250 \times 450 \times 850$ mm og har en densitet på omkring 125 kg/m^3 .

Tilsætningsstoffer

Der benyttes ingen tilsætningsstoffer i halmballer til konstruktionsbrug, når der ses bort fra bindesnor. Brand- og fugtbeskyttelsen samt beskyttelsen mod insekter mv. sker for halmballerne vedkom-mende typisk ved hjælp af et pudslag af ler- eller kalkmørtel, ved konstruktiv beskyttelse i form af et stort tagudhæng, en regnskærm med ventileret hulrum, samt ved at anvende tørre halmballer. Der kan dog være et problem med insektangreb, der er sket under opbeva- ringen af halmballerne, og som så kan brede sig, når ballerne anven- des til byggningskonstruktioner.

Byggetekniske egenskaber

Tabel 10 giver en oversigt over de vigtigste byggetekniske egenska- ber for halm. I teksten nedenfor gives supplerende oplysninger. For en generel beskrivelse af egenskaberne og deres betydning henvi- ses til side 16ff.

Egenskab	Talværdi
Brandklasse	Ringere end klasse B
Varmedledningsevne, deklareret værdi ¹⁾	-
Sætning, løst udblæst	Produceres kun som baller
Fugt, absorption fra luften ved 75 % RF	14-16 vægtpct.
Fugt, absorption fra luften ved 90 % RF	26-28 vægtpct.
Fugt, vanddamppermeabilitet	$160 \cdot 10^{-12} \text{ kg/Pa m s}$
Fugt, kapillarsugningsevne ²⁾	100 kg/m^3

Tabel 10. Halm. Byg- getekniske egenskaber, oversigt.

1) Eksisterer ikke for halmballer som isoleringsmateriale. Der må søges dispensation i hvert enkelt tilfælde.

2) Ikke målt på halm. Vurderes at have egenskaber svarende til hørisolering.

Brandforhold

Halms brandtekniske egenskaber er ikke undersøgt, men en brand- test af en lerpudset halmvæg bestående af 450 mm halm med 40 mm lerpuds på begge sider, opbygget med synlige træstolper i flugt med det indvendige pudslag, viser, at denne konstruktion uden problemer

opfylder kravene til en BD 30 konstruktion. Det er desuden vist, at lerpudsen opfylder kravene til klasse 1 beklædning (Dansk Brand- og sikringsteknisk Institut, 2001a, b).

Varmeisolering

Omstændighederne, hvorunder halmballer produceres, gør det ikke realistisk at operere med en deklareret værdi for halms varmeledningsevne. Isolering med halmballer vil derfor principielt kræve en dispensation fra kravet om en deklareret værdi i hvert enkelt tilfælde.

Varmeledningsevnen for tør halm i form af halmballer fra en specifik leverandør, er ved en standardiseret laboratorieprøvning (λ_{10}), svarende til den type måling der ligger til grund for fastlæggelsen af en deklareret værdi, bestemt til 0,060 W/m K for stråretning parallelt med varmemstrømmen, hvilket vil være det normale i ydervægge. Anvendelse af denne værdi til beregning af U-værdien af en lerpudset halmvæg vil dog lede til urealistisk lave værdier, sammenholdt med målte U-værdier, hvilket der er redegjort nærmere for i (Munch-Andersen & Møller Andersen, in press).

Direkte måling af U-værdien for 450 mm halmvægge opbygget med stråretningen parallelt med varmemstrømmen og med 40 mm lerpuds på hver side, viser, at en sådan væg opfylder det gældende U-værdikrav til lette vægge på 0,20 W/m² K (Teknologisk Institut, 2001a, b).

Sætning

Normalt vil den bærende konstruktion udgøres af et træskelet, men halmballerne bør altid spændes sammen ved indbygning for at undgå, at de sætter sig efterfølgende. Det minimerer dels risikoen for kuldebroer, dels modvirker det revnedannelse i pudslaget. Typiske svingninger i fugtindholdet hen over året vil bevirke en sætning af en lerpudset halmvæg på 0,1 %.

Fugt

Forsøg med en 450 mm tyk halmvæg med 40 mm ler- eller kalkmørtel udvendigt og 40 mm lermørtel indvendigt udført uden dampspærre har vist, at hvis en sådan væg udsættes for en langvarig fugtbelastning svarende til vinterforhold, kan der opbygges et fugtindhold i væggen på op til 20 vægtprocent. (Munch-Andersen & Møller Andersen, in press). Dette svarer til det niveau, hvor råd og svamp kan nedbryde halm, forudsat at temperaturen er tilstrækkeligt høj.

Det høje fugtindhold findes kun umiddelbart inden for det yderste pudslag, hvilket betyder at kombinationer af fugtindhold og temperatur, der kan give anledning til råd og svamp, kun sjældent forekommer. Det kan dog anbefales at anvende en ventileret regnskærm uden på halmvæggen, som anvist i del 3, for samtidig at reducere fugtbelastningen udefra som følge af slagregn mv.

Lydisolation

De lydabsorberende egenskaber for halm berettiger kun til anvendelse som hele halmballer i halmvægge. En korrekt udført halmvæg med en tykkelse på ca. 450 mm og pudset med ca. 40 mm ler på begge sider, kan forventes at have en luftlydisolation R'_w på ca. 52 dB. Det skal bemærkes, at der kun findes få målinger på denne vægtype, og at der må forventes betydelig spredning på resultaterne (Munch-Andersen & Møller Andersen, in press)

Del 2

Funktionskrav

Introduktion

I denne del omtales de funktionskrav, der har særlig betydning ved anvendelse af alternative isoleringsmaterialer i bygningsdele. Kravene er udgangspunkt for eksemplerne i del 3, og kan også anvendes ved udvikling af andre løsninger. Med udgangspunkt i bygningsreglementerne præsenteres krav vedrørende følgende emner:

- brandmæssige forhold
- varmeisolering
- fugtforhold
- lydisolation.

Såvel de brandmæssige forhold som fugtforhold behandles med udgangspunkt i, at alternative isoleringsmaterialer fremstilles af organiske materialer, og at der derfor på en række områder er særlige krav, der skal opfyldes.

Med hensyn til varmeisolering er det væsentligt at opfylde bygningsreglementernes krav og tage højde for evt. løsfyldsisolerings sætning.

På det lydmæssige område er det centrale, at isoleringsmaterialet dels har en tilstrækkelig lydabsorptionsevne, dels at densiteten af løsfyldsisolering ikke er så høj, at der kan ske en kobling mellem væghalvdele i især lette vægge.

Ud over de brand-, varme-, fugt- og lydmæssige krav, som skal være opfyldt, behandles emnerne:

- miljøvurdering
- arbejdsmiljø.

I kapitlet om miljøvurdering behandles de væsentligste indikatorer af betydning for de alternative isoleringsmaterialers miljøbelastning. I kapitlet om arbejdsmiljø præsenteres de forhold, der bør iagttages, for at isoleringsarbejdet kan udføres sundhedsmæssigt forsvarligt.

Brand

Organiske alternative isoleringsmaterialer fremstillet af papir, træfibre, hør, hamp og halm, opfylder ikke kravene til et klasse A materiale eller til et klasse B materiale, heller ikke, selv om de tilsættes brandhæmmende stoffer, som fx bor eller ammoniumsalte. Hertil kommer, at disse isoleringsmaterialer bidrager til den samlede brandlast i bygninger, hvor de anvendes. Disse forhold er årsagen til, at bygningsreglementerne begrænser deres anvendelse til isolering af bygninger.

I BR 95 og BR-S 98 betegnes de pågældende isoleringsmaterialer henholdsvis som isoleringsmaterialer, der ikke er mindst klasse A materiale med en brændværdi, der ikke er større end 3,0 MJ/kg og som isoleringsmaterialer, der ikke er mindst klasse A materiale. I dette kapitel benævnes begge disse grupper af materialer alternative isoleringsmaterialer.

For bygningsdele med alternative isoleringsmaterialer kræves det, at isoleringsmaterialerne skal være afdækket med mindst en klasse 1 beklædning uden hulrum mellem beklædningen og isoleringsmaterialet. Alle samlingerne i klasse 1 beklædningen skal være udformet således, at kun materialer, der er mindst klasse A materiale, bidrager til brandudviklingen inden for de første 10 minutter af en standardbrand i det rum, hvori branden opstår.

Bemærk, at der til bygningsdele isoleret med ekspanderet perlit, der normalt er ubrændbart, ikke stilles særlige brandkrav.

Bygningsreglement 1995

Figur 3 og figur 4 viser kravene for bygninger i henholdsvis højst 2 etager med kælder og højst 4 etager med kælder i henhold til BR 95, når bygningsdelene indeholder alternative isoleringsmaterialer.

Ydervægge

I hule mure kan alternative isoleringsmaterialer anvendes i henhold til BR 95.

I øvrige ydervægge kan alternative isoleringsmaterialer anvendes i nedenstående ydervægge i etageboligbyggeri og tilsvarende bygninger med op til 4 etager såfremt:

- Isoleringsmaterialet dækkes med mindst klasse 1 beklædning uden bagvedliggende hulrum.

- Isoleringen opdeles i felter af højst 50 m² samt ud for etageadskillelser og brandcelleafgrænsende vægge. Opdelingen skal foretages med mindst F-bygningsdel 30 i tæt forbindelse med beklædningen.

Bygninger med 1 etage

- I bærende eller ikke-bærende ydervægge udført mindst som BD-bygningsdel 30.

Bygninger med 2 etager

- I bærende ydervægge i nederste etage, udført mindst som BD-bygningsdel 60, såfremt gulv i øverste etage ikke er mere end 5,1 m over terræn.
- I bærende ydervægge i øverste etage, udført mindst som BD-bygningsdel 30.
- I ikke-bærende ydervægge, udført mindst som BD-bygningsdel 30.

Bygninger med op til 4 etager

- I bærende ydervægge i øverste etage, udført mindst som BD-bygningsdel 30, såfremt gulv i øverste etage ikke er mere end 9,6 m over terræn, og såfremt de bærende konstruktioner til og med gulvet i øverste etage er udført som BS-bygningsdele.
- I ikke-bærende ydervægge udført mindst som BD-bygningsdel 30, såfremt gulv i den øverste etage ikke er mere end 9,6 m over terræn, og de bærende konstruktioner til og med gulvet i øverste etage er udført som BS-bygningsdele.

Andre anvendelser i ydervægge kræver MK-godkendelse.

Uden på en ydervæg kan anbringes en regnskærm med et bagvedliggende ventileret hulrum, såfremt væggens udvendige overflade er udført mindst som klasse 1 beklædning. Regnskærmen skal udføres mindst af klasse A materiale.

Tage

I henhold til BR 95 kan alternative isoleringsmaterialer anvendes i tagkonstruktioner såfremt den underliggende konstruktion er udført mindst som BD-bygningsdel 30.

Andre anvendelser i tage kræver MK-godkendelse.

Dæk

I henhold til BR 95 kan alternative isoleringsmaterialer anvendes i terrændæk og krybekælderdæk.

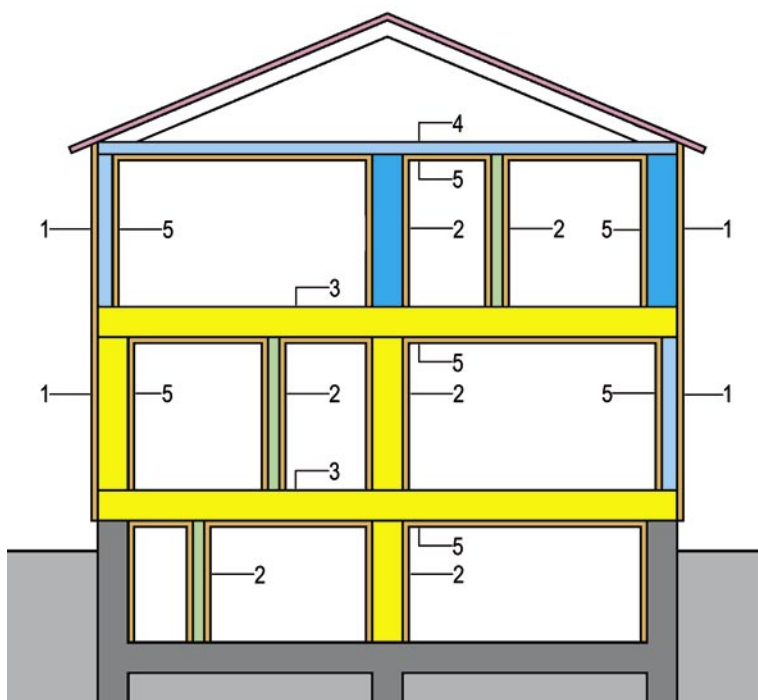
Indervægge

I henhold til BR 95 kan alternative isoleringsmaterialer anvendes til indervægge, såfremt væggene har en MK-godkendelse.

Etageadskillelser

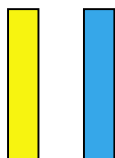
I henhold til BR 95 kan alternative isoleringsmaterialer anvendes oven på en BS-etageadskillelse 60.

Andre anvendelser i etageadskillelser kræver MK-godkendelse.

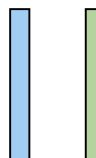


Figur 3. Brandkrav ifølge BR 95 for anvendelse af alternative isoleringsmaterialer i etageboligbyggeri og tilsvarende bygninger i højst 2 etager med kælder og uudnytteligt tagrum, og hvor gulv i øverste etage er maksimalt 5,1 m over terræn.

Bærende
bygningssdel:
BD 60 BD 30



Ikke-bærende
bygningssdel:
BD 30 Ingen krav



Klasse 1
beklædning

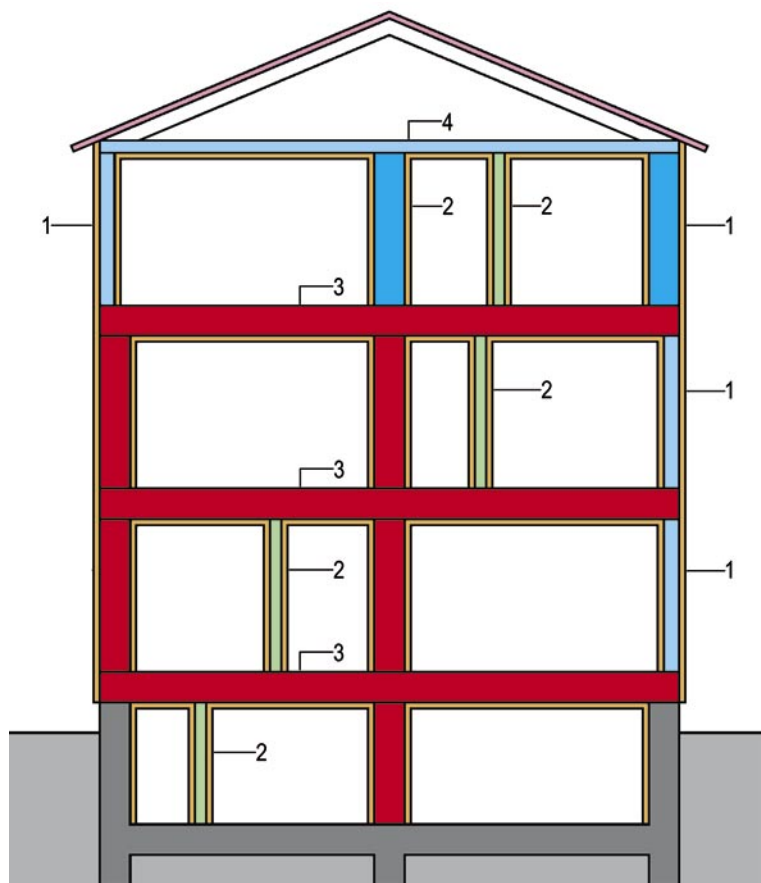


Klasse T
tagdækning

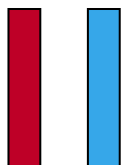


1. Uden på ydervægge med overflade mindst som klasse 1 beklædning kan anbringes en regnskærm med bagved liggende ventileret hulrum. Regnskærmen skal udføres mindst af klasse A materiale. Isoleringsmaterialet skal opdeles i felter af højst 50 m² samt ud for etageadskillelser og brandcelleafgrænsende vægge. Opdelingen skal foretages med mindst F-bygningssdel 30 i tæt forbindelse med klasse 1 beklædningen.
2. Kræver altid MK-godkendelse.
3. Alternative isoleringsmaterialer kan anvendes oven på en bygningssdel, der i sig selv opfylder kravene til en BS-etageadskillelse 60.
4. Alternative isoleringsmaterialer kan anvendes oven på en bygningssdel, der i sig selv opfylder kravene til en BD-bygningssdel 30.
5. Hvis konstruktionen ikke kræver MK-godkendelse, kan en klasse 2 beklædning ofte anvendes. Dette kræver dog, at underkant af redningsåbning i øverste etage ikke er mere end 6,3 m over terræn.

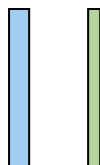
Figur 4. Brandkrav ifølge BR 95 for anvendelse af alternative isoleringsmaterialer i etageboligbyggeri og tilsvarende bygninger i højst 4 etager med kælder og uudnytteligt tagrum, og hvor gulv i øverste etage er maksimalt 9,6 m over terræn.



Bærende
bygningsdel:
BS 60 BD 30



Ikke-bærende
bygningsdel:
BD 30 Ingen krav



Klasse 1
beklædning



Klasse T
tagdækning



1. Uden på ydervægge med overflade mindst som klasse 1 beklædning kan anbringes en regnskærm med bagved liggende ventileret hulrum. Regnskærmen skal udføres mindst af klasse A materiale. Isoleringsmaterialet skal opdeles i felter af højst 50 m² samt ud for etageadskillelser og brandcelleafgrænsende vægge. Opdelingen skal foretages med mindst F-bygningsdel 30 i tæt forbindelse med klasse 1 beklædningen.
2. Kræver altid MK-godkendelse.
3. Alternative isoleringsmaterialer kan anvendes oven på en bygningsdel, der i sig selv opfylder kravene til en BS-etageadskillelse 60.
4. Alternative isoleringsmaterialer kan anvendes oven på en bygningsdel, der i sig selv opfylder kravene til mindst en BD-bygningsdel 30.

Bygningsreglement for småhuse 1998

Figur 5 viser brandkravene for bygninger i 2 etager med kælder i henhold til BR-S 98, når bygningsdelene indeholder alternative isoleringsmaterialer.

Ydervægge

I henhold til BR-S 98 kan alternative isoleringsmaterialer anvendes i småhuse i op til to etager:

- I hule mure.
- I ydervægge, udført mindst som BD-bygningsdel 30, såfremt isoleringsmaterialet dækkes med mindst klasse 1 beklædning uden bagvedliggende hulrum. Uden på ydervægge kan anbringes en regnskærm af mindst klasse B materiale, såfremt væggens udvendige overflade er udført mindst som klasse 1 beklædning.

Andre anvendelser i ydervægge kræver MK-godkendelse.

Tage

I henhold til BR-S 98 kan alternative isoleringsmaterialer anvendes i tagkonstruktioner, såfremt:

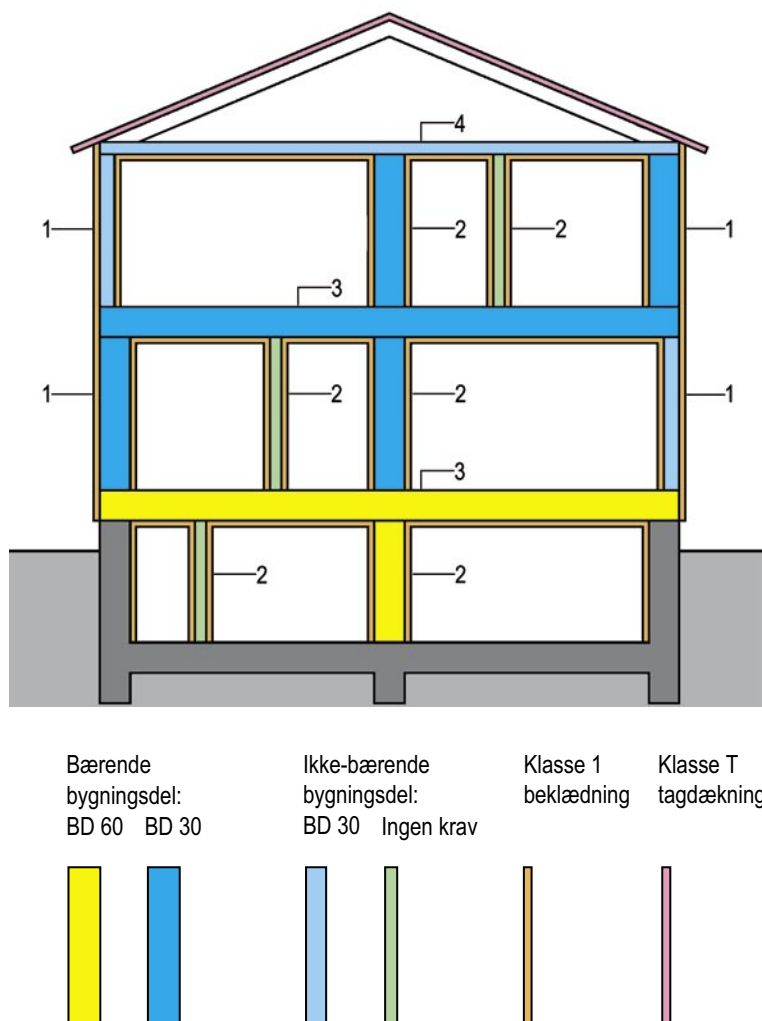
- Den underliggende konstruktion er udført som mindst BD-bygningsdel 30,

eller såfremt:

- Det alternative isoleringsmateriale anvendes som ekstra isolering oven på minimum 50 mm isolering af mindst klasse A materiale og loftoverfladen er mindst en klasse 2 beklædning.

Andre anvendelser i tage kræver MK-godkendelse.

Figur 5. Brandkrav ifølge BR-S 98 for anvendelse af alternative isoleringsmaterialer i bygninger i højst 2 etager med kælder og uudnytteligt tagrum.



1. Uden på ydervægge med overflader mindst som klasse 1 beklædning kan anbringes en regnskærm med bagvedliggende ventileret hulrum. Regnskærmen skal udføres mindst af klasse B materiale.
2. Kræver altid MK-godkendelse.
3. Alternative isoleringsmaterialer kan anvendes oven på en bygningsdel, der i sig selv opfylder kravene til en BS-etageadskillelse 60.
4. Såfremt den alternative isolering i bygningsdele mod uudnytteligt tagrum udlægges på minimum 50 mm isolering af mindst klasse A materiale, er kravet til loftoverfladen klasse 2 beklædning. Alternativt kan isoleringen udlægges på en BD-bygningsdel 30. Såfremt dette ikke er opfyldt, kræves en MK-godkendelse og overfladekravet bliver en klasse 1 beklædning.

Dæk

I henhold til BR-S 98 kan alternative isoleringsmaterialer anvendes i terrændæk og krybekælderdek.

Indervægge

I henhold til BR-S 98 kan alternative isoleringsmaterialer anvendes til indervægge, såfremt væggene har en MK-godkendelse.

Etageadskillelse

I henhold til BR-S 98 kan alternative isoleringsmaterialer anvendes oven på en BS-etageadskillelse 60, fx betondæk.

Andre anvendelser i etageadskillelser kræver MK-godkendelse.

MK-godkendelse

Anvendes isoleringsmaterialer, der ikke er mindst klasse A materiale, til andre konstruktioner end ovenfor angivet, kræves en MK-godkendelse.

En MK-godkendelse opnås på baggrund af en prøvningsrapport for den aktuelle bygningsdel. Prøvningen skal udføres på et anerkendt laboratorium. For nærmere information om ansøgning om MK-godkendelse henvises til Prøvnings- og godkendelsesbetingelse MK 6.00/018 (ETA-Danmark, 2002).

Godkendelseskravene indebærer, at et isoleringsmateriale, som ikke er mindst klasse A materiale, skal være afdækket med mindst en klasse 1 beklædning uden hulrum mellem beklædningen og isoleringsmaterialet langs begge sider af en lodret bygningsdel og langs undersiden af en vandret eller skråtstillet bygningsdel.

Dokumentation for, at klasse 1 beklædningskravene er opfyldt, tilvejebringes normalt ved prøvning eller ved bedømmelse, og disse prøvningsrapporter/bedømmelser anvendes derpå som grundlag for en MK-godkendelse.

De nye europæiske brandklasser

Tillæg 4 til Bygningsreglement 1995 (Økonomi- og Erhvervsministeriet, Erhvervs- og Boligstyrelsen, 2002b) og Tillæg 3 til Bygningsreglement for småhuse 1998 (Økonomi- og Erhvervsministeriet, Erhvervs- og Boligstyrelsen, 2002a) blev udsendt i februar 2002, med ikrafttrædelse den 1. marts 2002. Baggrunden for disse tillæg er ønsket om en fælleseuropæisk måde at dokumentere byggevarers brandtekniske egenskaber på. Der er derfor udviklet nye europæiske regler for prøvning og klassifikation. Dette medfører, at det nationale system for

klassifikation af byggevarer og bygningsdele skal erstattes af det nye europæiske system.

I en overgangsperiode skal EU-medlemslandene acceptere produkter klassificeret såvel efter det nationale system, som efter det nye system. Overgangsperioden bliver forskellig fra byggevare til byggevare.

Europæisk klassifikation for en byggevares reaktion på brand eller for en bygningsdels brandmodstandsevne forudsætter, at der forinden er udført prøvning efter de nye europæiske prøvningsmetoder. Europæisk klassifikation kan altså ikke opnås på baggrund af prøvning og klassifikation efter det hidtidige system.

Sammenhængen mellem de hidtidige brandklasser og de nye europæiske brandklasser er angivet i Tillæg 4 til Bygningsreglement 1995 (Økonomi- og Erhvervsministeriet, Erhvervs- og Boligstyrelsen, 2002b) og Tillæg 3 til Bygningsreglement for småhuse 1998 (Økonomi- og Erhvervsministeriet, Erhvervs- og Boligstyrelsen, 2002a).

Varme

Bygningsreglementerne stiller krav om at bygninger skal varmeisoleres, så unødvendigt energiforbrug undgås, samtidig med, at der opnås tilfredsstillende sundhedsmæssige forhold. Fastlæggelsen af den nødvendige varmeisolering kan ske med én af følgende tre metoder:

- U-værdier for bygningsdele
- varmetabsramme
- energiramme.

Ved beregning af U-værdier, linietaf og transmissionstab anvendes DS 418, 6. udgave: *Beregning af bygningers varmetab* (Dansk Standard, 2002).

Bygningsdele mod det fri, herunder vinduer og døre, må af hensyn til kondensrisikoen kun indeholde kuldebroer i uvæsentligt omfang.

U-værdier for bygningsdele

Den enkleste måde at opfylde bygningsreglementernes krav til varmeisolering på er anvendelse af metoden „U-værdier for bygningsdele“. Metoden kræver følgende tre krav opfyldt for rum, der normalt opvarmes til 18 °C:

1. Bygningsdelene skal udføres med en transmissionskoefficient U , der ikke er større end angivet i tabel 11.
2. Bygningsdelene skal udføres med linietaf Ψ (psi), der ikke er større end angivet i tabel 12.
3. Det samlede areal af vinduer og yderdøre, herunder ovenlys, glasvægge og lemme mod det fri, må højst udgøre 22 pct. af bygningsens opvarmede etageareal.

For rum, der er opvarmet til mellem 5 og 18 °C, fx kælderrum, vindfang og udestuer, kræver metoden endvidere overholdelse af mindstekravene til varmeisolering og linietaf, se tabel 13 og 14.

Tabel 11. Bygningsreglementernes U-værdikrav.

Bygningsdel	U-værdi W/m ² K	
	BR 95	BR-S 98
Ydervægge under 100 kg/m ²	0,20	0,20
Ydervægge over 100 kg/m ² og kældervægge mod jord ¹⁾	0,30	0,30
Skillevægge mod rum, der er uopvarmede eller opvarmet til en temperatur, der er mere end 8 °C lavere end temperaturen i det aktuelle rum	0,40	0,40
Etageadskillelser mod rum, der er uopvarmede eller opvarmet til en temperatur, der er mere end 8 °C lavere end temperaturen i det aktuelle rum	0,30	0,40
Terrændæk, kældergulve mod jord og etageadskillelser over det fri eller ventilerede kryberum	0,20	0,20
Terrændæk, kældergulve mod jord og etageadskillelser over det fri eller ventilerede kryberum, hvor der er gulvvarme	0,15	0,15
Loft- og tagkonstruktioner, herunder skunkvægge	0,15	0,15
Flade tage og skråvægge direkte mod tag	0,20	0,20
Vinduer, yderdøre, herunder ovenlys, glasvægge, porte og lemme mod det fri eller mod rum, der er uopvarmede eller opvarmet til en temperatur, der er mere end 8 °C lavere end temperaturen i det aktuelle rum	1,80	1,80

1) Ved beregning af vægten af ydervægge medregnes kun den del af ydervægskonstruktionen, som ligger inden for et eventuelt hulrum, der er ventileret.

Tabel 12. Bygningsreglementernes krav til linietaf.

Bygningsdel	Ψ-værdi W/m K	
	BR 95	BR-S 98
Fundamenter	0,25	0,25
Fundamenter omkring gulve med gulvvarme	0,20	0,20
Samling mellem ydervæg og vinduer eller yderdøre, glasvægge, porte og lemme	0,03	0,03
Samling mellem tagkonstruktion og vinduer i tag eller ovenlys	0,10	0,10

Opvarmet etageareal og vinduer og yderdøres areal

Ved det opvarmede etageareal forstås her det samlede etageareal af de etager eller dele heraf, der er opvarmede inkl. eventuelle glasrum, kældre og overdækkede rum, der er opvarmet til mindst 18 °C.

Ved arealet af vinduer og yderdøre forstås arealet af den åbning, som vinduet eller yderdøren indbygges i. Ved beregningen af det tilladelige areal af vinduer og yderdøre medregnes etagearealet og arealet af vinduer og yderdøre i butikker og lignende i stueetagen ikke.

Varmetabsramme

U-værdierne og linieta-bene kan ændres, og vinduesareal m.v. for-øges, hvis bygningens samlede varmetab ikke derved bliver større, end hvis kravene til U-værdier og linieta-b i henholdsvis tabel 11 og 12 var opfyldt. De enkelte bygningsdele skal dog mindst isoleres sva-rende til U-værdierne og linieta-bene i henholdsvis tabel 13 og 14.

Energiramme

For en bygning opvarmet til mindst 18 °C kan vinduesarealer vælges frit og U-værdier samt linieta-b ændres, hvis bygningens samlede var-mebehov til rumopvarmning og ventilation overholder den såkaldte energiramme. De enkelte bygningsdele skal dog mindst isoleres sva-rende til værdierne i tabel 13 og 14. For vejledning i anvendelse af energirammen henvises til (Grau & Aggerholm, 1999; Aggerholm et al., 1995; Statens Byggeforskningsinstitut, 1999; Dansk Standard, 2002) samt BR 95 (Boligministeriet, 1995) og BR-S 98 (Bolig- og By-ministeriet, 1998).

Bygningsdel	U-værdi W/m ² K	
	BR 95	BR-S 98
Ydervægge under 100 kg/m ²	0,30	0,30
Ydervægge over 100 kg/m ² og kældervægge mod jord ¹⁾	0,40	0,40
Skillevægge mod rum, der er uopvarmede eller opvarmet til en temperatur, der er mere end 8 °C lavere end temperaturen i det aktuelle rum	0,60	0,60
Etageadskillelser mod rum, der er uopvarmede eller opvarmet til en temperatur, der er mere end 8 °C lavere end temperaturen i det aktuelle rum	0,40	0,60
Terrændæk, kældergulve mod jord og etageadskillelser over det fri eller ventileret kryberum uanset om der er gulvvarme eller ej	0,30	0,30
Loft- og tagkonstruktioner, herunder skunkvægge	0,25	0,25
Industrigulve beregnet for tung belastning	0,60	
Flade tage og skråvægge direkte mod tag	0,25	0,25
Vinduer, yderdøre, herunder ovenlys, glasvægge og porte og lemme mod det fri eller mod rum, der er uopvarmede eller opvarmet til en temperatur, der er mere end 8 °C lavere end temperaturen i det aktuelle rum	2,90	
Vinduer, yderdøre, ovenlys, glasvægge, porte og lemme mod det fri eller mod rum, der er uopvarmede		2,90

Tabel 13. Bygningsregle-menternes krav til største tilladelige U-værdi for konstruktioner i alle opvarmede rum.

1) Ved beregning af vægten af ydervægge medregnes kun den del af ydervægskonstruktionen, som ligger inden for et eventuelt hulrum, der er ventileret.

Tabel 14. Bygningsreglementernes krav til største tilladelige linietab.

Bygningsdel	Ψ -værdi W/m K	
	BR 95	BR-S 98
Fundamenter	0,60 ¹⁾	0,60 ¹⁾
Samling mellem ydervæg og vinduer eller yderdøre, porte og lemme	0,10	0,10
Samling mellem vinduer i tag og ovenlys	0,30	0,30

1) Gælder også for fundamenter omkring rum, der opvarmes til mindst 5 °C.

Løsfyldsisolerings sætning

Løsfyldsisolering kan sætte sig (falde sammen) med tiden. Dette betyder, at isoleringstykkelsen af løsfyld udlagt vandret, fx på lofter, kan blive mindre i løbet af bygningens levetid. For isolering i vægge medfører sætning, at der med tiden kan dannes et uisolaret hulrum i væg-gens top, hvilket betyder et forøget varmetab.

Løsfyldsisolerings sætning imødegås ved, at udblæsning på loft sker med en minimumovertykkelse og indblæsning i lukkede hulrum sker med en minimumdensitet. I tabel 15 gengives de krav, der stilles iht. DS 418.

Tabel 15.
Minimumovertykkelse/
minimumdensitet for løsfyldsmaterialer i henhold til DS 418, 6. udg. (Dansk Standard, 2002).

Isoleringsmaterale	Minimum-overtykkelse løst udblæst på loft %	Minimumdensitet indblæst i hulrum	
		vandrette kg/m ³	lodrette kg/m ³
Cellulosefibre	+ 25	50	65
Ekspanderet perlit	0	Intet krav	Intet krav
EPS, kugler	¹⁾	20	20
EPS, granulat	¹⁾	15	15
Stenuldsgranulat	+ 5	50	65
Glasuldsgranulat	+ 5	30	55

1) EPS anvendes ikke løst udblæst på loft.

Fugt

Alternative isoleringsmaterialer adskiller sig, med undtagelse af ekspanderet perlit, fra traditionelle isoleringsmaterialer ved at være fremstillet af biologisk nedbrydelige materialer. Den biologiske nedbrydning forudsætter tilstedeværelse af fugt. Det er derfor særdeles vigtigt, at de alternative isoleringsmaterialer ikke opfugtes under byggeprocessen, samt at konstruktioner isoleret med alternative isoleringsmaterialer er fugtteknisk korrekt udformede.

Den biologiske nedbrydelighed imødegås som oftest ved, at producenterne tilsætter fungicider til de alternative isoleringsmaterialer. Typisk anvendes borforbindelser. Da disse er vandopløselige, er det derfor vigtigt, at imprægnerede isoleringsmaterialer ikke opfugtes kraftigt, fx af nedbør eller store mængder kondens, da dette vil kunne medføre udvaskning af tilsætningsstofferne og dermed fjerne den ønskede virkning. Under specielle forhold vil tilsætningsstofferne til gengæld modvirke nedbrydning af omgivende materialer, fx træ.

Anvendelse af potentielt biologisk nedbrydelige materialer stiller krav til udformningen af de konstruktioner, hvori de anvendes. SBI-anvisningerne 178 (Andersen, Christensen & Nielsen, 1993) og 189 (Statens Byggeforskningsinstitut, 1999) gennemgår de grundlæggende forhold ved korrekt fugtteknisk udformning af konstruktioner.

Klimaskærm

Tagkonstruktioner, ydervægskonstruktioner og kryberum, som indeholder fugtfølsomme materialer, skal sikres mod akkumulering af skadelig kondensfugt. Dampspærre/dampbremse, passende ventilering af konstruktionen eller diffusionsåbne overflader, kan anvendes til dette formål.

Dampbremse – dampspærre – fugtspærre

Betegnelserne dampspærre, dampbremse og fugtspærre anvendes ofte uden, at der klart skelnes mellem deres betydning. I denne anvisning benyttes betegnelsen diffusionsåben for materialeglag med en vanddampdiffusionsmodstand (Z -værdi) mindre end $3 \text{ GPa} \cdot \text{s} \cdot \text{m}^2/\text{kg}$. Jo større Z -værdi et materialeglag har, desto mindre vanddamp tillader det at passere.

Dampbremse bruges i denne anvisning som betegnelse for mem-

braner med en Z-værdi mindre end 50 GPa s m²/kg. Dampspærre benyttes som betegnelse for membraner med en Z-værdi større end eller lig med 50 GPa s m²/kg. Fugtspærre benyttes som betegnelse for et materialelag, som ud over at virke som dampspærre også forhindrer fugttransport ved kapillarsugning. Luftlag er diffusionsåbne, men sikrer mod fugttransport ved kapillarsugning.

Dampspærre/dampbremsere skal anbringes på konstruktionens varme side for at undgå kondensdannelse. For dampspærre betyder dette i praksis, at de skal placeres højst 1/3 inde i isoleringen set fra den varme side.

For lagdelte konstruktioner, fx pladebeklædte skeletvægge, gælder det, at jo større forholdet mellem Z-værdien af den indvendige del og Z-værdien af den udvendige del af konstruktionen er, desto mere tør vil isoleringen være. For lagdelte konstruktioner med organiske isoleringsmaterialer (fx papir-, hør- eller træfiberisolering) opnås i almindelighed god sikkerhed mod kondensation, når den indvendige side af konstruktionen er mindst 5 gange så diffusionstæt som den udvendige, dvs. når Z-værdien for den indvendige del af konstruktionen er mindst 5 gange så stor som Z-værdien af den udvendige del af konstruktionen.

Bygningsreglementerne stiller ikke krav om beregninger af en dampspærres/dampbremses nødvendige vanddampdiffusionsmodstand, men sådanne beregninger kan udføres med den såkaldte Glasermetode, der er beskrevet i DS/EN ISO 13788 (Dansk Standard, 2001a).

Dampspærre og dampbremser skal, ud over at yde modstand mod vanddampdiffusion, være lufttætte for at forhindre, at luft gennemstrømmer konstruktionerne. Det er derfor vigtigt, at der projekteres og udføres lufttætte samlinger. Lufttætte samlinger kan sikres ved anvendelse af klemte, klæbede eller fugede løsninger. BYG-ERFA bladene (39) 97 07 03 og (39) 97 07 04 (Berthelsen, Brandt & Bunch-Nielsen, 1997a, b) beskriver henholdsvis egnede materialer til dampspærre og udførelse af dampspærre.

Ydervægge

Ydervægge skal udføres sådan, at de ikke beskadiges af fugt.

I mange ydervægstyper kan tilfredsstillende fugtforhold sikres ved indlæggelse af en dampspærre eller dampbremse. Disse lag skal forhindre diffusion og sikre lufttæthed, hvilket betyder, at samlingerne mellem banerne også skal være lufttætte. Valget mellem en dampspærre eller dampbremse skal vurderes i hvert enkelt tilfælde ud fra det forventede udeklima, luftskiftet, samt fugtproduktionen i indeklimaet.

Ved anvendelse af papirisolering i træskeletkonstruktioner peger nyere forsøgsresultater i retning af, at fugtindholdet ikke påvirkes af,

om der anvendes dampbremse eller ej (Andersen, Fynholm, Hjorslev Hansen & Nicolajsen, 2002). Udeladelse af en dampbremse bør i disse tilfælde kun ske, såfremt konstruktionens lufttæthed kan sikres på anden vis.

Vægkonstruktioner med halmballer opbygges typisk uden en traditionel dampspærre, bl.a. fordi det rent teknisk er vanskeligt at indbygge en dampspærre. En forudsætning for at anvende konstruktioner uden dampspærre er, at det indvendige pudslag er lufttæt og uden huller og revner, hvorigennem vanddamp kan trænge ud i væggen. Omhu kræves især i forbindelse med eludtag, ved vindueshuller mv. Det er også vigtigt, at det udvendige pudslag er tæt, for at hindre regn i at trænge ind i væggene, men samtidig så åbent, at fugtig luft, der er trængt ind i væggen indefra, kan passere ud gennem pudslaget. Et tæt pudslag vil desuden sikre lufttætheden, således at der ikke transporteres varme ud af bygningen eller fugt ind i konstruktionen via luftstrømme.

Tage

Tage skal udføres sådan, at der opnås tilstrækkelig tæthed mod indtrængning af regn, sne og smeltevand og ikke kan forekomme skadelig fugtophobning som følge af fugttransport fra indeluften.

Fugt fra opvarmede rum kan trænge op i tagkonstruktionen, enten som følge af diffusion, eller som følge af opstrømning af rumluft gennem revner og sprækker. Da mange af de alternative isoleringsmaterialer er organiske, kan de opsuge vand og nedbrydes. Der er derfor store krav til konstruktionernes opbygning og arbejdsudførelse.

Det anbefales, at alle tage, bortset fra tagdækninger udført i banevarer (fx tagpap), udføres med undertag. Undertaget skal opfange nedbør, som eventuelt passerer tagdækningen. Undertage kan være diffusionstætte eller diffusionsåbne:

- Diffusionstætte undertage skal ventileres på undersiden. Ventilationsspalten (hulrummet mellem undertag og varmeisolering) skal have en højde på mindst 50 mm. For banevarer, træfiberplader og lignende skal højden være 70 mm.
- Diffusionsåbne undertage kan anbringes direkte mod isoleringen, men undertagets Z-værdi skal være mindre end $3 \text{ GPa s m}^2/\text{kg}$, og loftkonstruktionen skal være meget tæt over for både diffusion og opstrømmende rumluft, hvilket fx opnås ved hjælp af en omhyggeligt udført dampspærre på isoleringens varme side.

Opvarmede hulrum i tagkonstruktionen skal udføres sådan, at fugt kan fjernes på forsvarlig vis ved ventilation af konstruktionerne.

Loftkonstruktioner skal være både tilstrækkeligt diffusionstætte og tilstrækkeligt lufttætte. Almindeligvis hindres fugttransport ved at anbringe en robust dampspærre eller dampbremse på isoleringens

varme side. For at hindre luftopstrømning skal samlinger udføres med klemte eller tapede overlæg. Behovet for en dampspærre eller dampbremse skal vurderes i hvert enkelt tilfælde ud fra det forventede udeklima, luftskiftet, samt fugtproduktionen i indeklimaet.

Terrændæk

Terrændæk skal udføres sådan, at der ikke kan ske fugtopsugning fra det underliggende terræn og ikke kan forekomme skadelig fugtophobning som følge af fugttransport fra indeluften.

Fugtopsugning fra det underliggende terræn hindres gennem anvendelse af et kapillarbrydende lag på 150 mm. Det kapillarbrydende lag kan bestå af sten (mindste kornstørrelse 4 mm), coated perlit, coatede løse letklinker, gulvblokke af letklinkerbeton, polystyrenisoleringsring eller coated mineraluld.

Lyd

Gode lydforhold i bygninger er vigtige af hensyn til trivsel og effektivitet. En tilstrækkelig lydisolation mellem boligenheder er nødvendig af hensyn til beskyttelse mod nabostøj. En god lydisolation mod udefra kommende støj er ligeledes vigtig. Også i arbejdssituationen er gode lydforhold af stor betydning, og i fx undervisningslokaler er en god akustik afgørende for rummets funktion.

Grundlæggende begreber

I bygningsreglementerne BR 95 og BR-S 98 angives kravspecifikationer til luftlydisolation, trinlydniveau, efterklangstid samt støjniveau.

Luftlydisolationen er et udtryk for, i hvilken grad luftlyd – fx musik fra en højttaler eller samtale – transmitteres fra ét rum til et andet. Luftlyd transmitteres i de fleste tilfælde både direkte gennem den rumadskillende væg eller etageadskillelse, og gennem flankerende konstruktioner samt gennem eventuelle utætheder.

Trinlydniveauet betegner den lyd, der frembringes i et rum, når gulvet i et andet rum påvirkes med en standardiseret bankemaskine. Som for luftlyd gælder det, at trinlyd ofte transmitteres såvel direkte gennem en etageadskillelse, som gennem flankerende konstruktioner.

Efterklangstid er et udtryk for, hvor hurtigt lyden i et rum „dør ud“. Der er i BR 95 krav til efterklangstid i fællesgange, trapperum, undervisningsrum og børneinstitutioner.

Kravene til støjniveau omfatter dels støj, som opstår i selve bygningen, fx forårsaget af vandinstallationer og ventilationsanlæg, dels støj udefra, typisk fra veje og jernbaner. Støj udefra transmitteres til et rum primært gennem vinduer og evt. udeluftventiler, men i visse tilfælde bidrager også transmission gennem facade- og tagkonstruktion.

Feltmålinger af luftlydisolation, trinlydniveau, efterklangstid og støj samt laboratoriemålinger af bygningsdeles akustiske egenskaber, udføres i henhold til fælles europæiske standarder, fx EN ISO 140 serien (Dansk Standard, 1995, 1999a, 1999b, 1999c). Supplerende måletekniske retningslinjer findes i BR 95, bilag 4.

I forbindelse med projektering – eller ved udvikling af nye produkter og byggesystemer – er det muligt at beregne lydisolation, efterklangstid og støj i bygninger ved hjælp af beregningsværktøjer, fx baseret på de fælles europæiske standarder i EN 12354 serien, hvoraf de fire første i en serie på seks er udgivet (Dansk Standard 2000a, 2000b, 2000c, 2001c).

Tabel 16. Kravene til luftlydisolation i beboelsesbygninger mv. i henhold til BR-95 og BR-S 98.

Mindste tilladelige luftlydisolation R'_w for vægge, etageadskillelser og døre i:	Beboelsesbygninger			Hoteller, plejehjem mv.	
	Sammenbyggede enfamiliehuse	Etageboliger		Beboelsesenheder	
		Horisontal retning	Vertikal retning	Horisontal retning	Vertikal retning
Mellem boligenheder samt mellem bolig-enheder og fællesrum (dog ikke mellem to boligers garager og udhuse indbyrdes)	55 dB	52 dB	53 dB	52 dB	53 dB
Mellem boligenheder og rum med særligt generende støj		60 dB	60 dB	60 dB	60 dB
Døre mellem rum i boligenheder og fællesrum		32 dB		32 dB	

Funktionskrav til bygninger

Bygningsreglementernes krav

For at sikre tilfredsstillende lydforhold indeholder Bygningsreglementerne en lang række bestemmelser for forskellige kategorier af bygninger. Tabellerne 16 til 20 omfatter hovedkravene til luftlydisolation, trinlydniveau og efterklangstid angivet i BR 95 og BR-S 98. Ved bebyggelse langs veje og jernbaner med en trafikintensitet, der medfører et støjniveau på mere end 55 dB ved den enkelte bygning, skal der isoleres mod den udefra kommende støj, så det indendørs støjniveau i beboelsesrum ikke overstiger 30 dB.

Tabel 17. Kravene til luftlydisolation i undervisningsbygninger mv. i henhold til BR-95.

Mindste tilladelige luftlydisolation R'_w for vægge, etageadskillelser og døre i:	Undervisningsbygninger	
	Undervisningsrum	
	Horisontal retning	Vertikal retning
Mellem undervisningsrum og mellem undervisningsrum og fællesrum	48 dB	51 dB
Døre mellem undervisningsrum bortset fra rum til sang, musik og sløjd	37 dB	
Døre mellem undervisningsrum og fællesrum, herunder gange	27 dB	
Mellem undervisningsrum til sang, musik og sløjd samt mellem disse og andre undervisningsrum	60 dB	60 dB

Tabel 18. Kravene til trinlydniveau i beboelsesbygninger (fra rum over 2,5 m²) i henhold til BR-95 og BR-S 98.

Trinlyd fra:	Største tilladelige trinlydniveau $L'_{n,w}$ i:		
	Beboelsesbygninger		Hoteller, plejehjem mv.
	Beboelsesrum og køkken i sammenbyggede enfamiliehuse	Beboelsesrum, køkken og fælles opholdsrum i etageboliger	Beboelsesrum, køkken og fælles opholdsrum
Gulve og dæk i boligenheder, tagterrasser, altangange, trapper og fælles gange	53 dB	58 dB	58 dB
Altaner, gulve og dæk i wc- og baderum	58 dB	63 dB	63 dB
Gulve og dæk i rum med særligt generende støj		48 dB	48 dB

Trinlyd fra:	Største tilladelige trinlydniveau $L'_{n,w}$ i:
	Undervisningsbygninger
	Undervisningsrum
Gulve, dæk samt trapper	63 dB
Gulve og dæk i undervisningsrum til musik, sang og sløjf	53 dB

Tabel 19. Kravene til trinlydniveau i undervisningsbygninger mv. i henhold til BR-95.

Største tilladelige efterklangstid T (gennemsnitsværdier)	
Beboelsesbygninger, hoteller, plejehjem mv.:	
Trapperum fælles for flere end 4 boliger	1,3 s
Gange fælles for flere end 2 boliger	0,9 s
Bygninger til undervisning:	
Trapperum	1,3 s
Fællesgange	0,9 s
Klasserum	0,9 s
Klasserum for særundervisning	0,6 s
Gymnastiksale indtil 3500 m ³	1,6 s
Svømmehaller indtil 1500 m ³	2,0 s
Daginstitutioner:	
Opholdsrum	0,6 s

Tabel 20. Kravene til efterklangstid i henhold til BR-95.

Udbuds- eller brugerdefinerede lydkrav

Bygningsreglementernes krav skal betragtes som minimumskrav, der skal være opfyldt, såfremt lydforholdene skal være acceptable. Bygningsreglementerne omfatter beboelsesbygninger, hoteller, plejehjem, institutioner, kollegier, o.lign. samt bygninger til undervisningsformål og børnehøjder.

Der er ikke krav til lydisoleringen internt i den enkelte bolig. I særlige tilfælde kan det være relevant at fastsætte sådanne krav.

Andre typer af bygninger, såsom hospitaler, kontorer og andet erhvervsbyggeri, er ikke omfattet af Bygningsreglementernes lydbestemmelser. I disse tilfælde må bygherren – evt. bistået af rådgivere og kommende brugere af byggeriet – selv opstille passende krav til lydforholdene.

For kontorbyggeri findes forslag til lydkrav, som erfaringsmæssigt viser sig at give tilfredsstillende forhold. Sådanne krav er bl.a. anført i (Rasmussen & Rindel, 1995).

Den danske standard DS 490 vedrørende lydklassifikation af boliger (Dansk Standard, 2001d) er udarbejdet med det formål at gøre det lettere at specificere standardiserede lydforhold i boliger. Den skal desuden tilskynde byggeriets rådgivere til at forbedre den akustiske kvalitet af boliger således, at mere end blot minimumkravene i bygningsreglementerne opfyldes. Standarden kan også benyttes af beboere og myndigheder som en vejledning til formulering af krav om bedre lydforhold i boliger. Standarden opstiller kravspecifikationer til fire lydklasser A, B, C og D, hvor lydklasse C svarer til byggepladsgivningens minimumkrav til rækkehus, medens klasse A og B svarer til et højere kvalitetsniveau.

Ved anvendelse af lette konstruktioner som lejlighedsskel, bør man være opmærksom på, at disse, sammenlignet med tunge konstruktioner, ofte har en relativt dårligere lydisolering i det lavfrekvente område. Ved projektering med lette konstruktioner, bør det derfor overvejes at inkludere korrektionsled som beskrevet i de fælles europæiske standarder i EN ISO 717 serien (Dansk Standard, 1997a, b). Se i øvrigt: *Lydkrav for lette konstruktioner* (Brøsted Petersen, 1999).

Isoleringsmaterialer i lydisolerende bygningsdele

Ved isolering af bygningsdeles hulrum opnås en væsentlig reduktion af lydtransmission gennem bygningsdele samt gennem mindre utætheder.

Isoleringsmaterialet skal være porøst og have en åben struktur med mulighed for luftgennemstrømning. Isoleringsmaterialer med lukkede porer – fx EPS plader – er ikke velegnede til lydabsorberende formål. Generelt bør isoleringsmaterialet have en specifik strømningsmodstand på 7 kPa s/m² eller derover, jf. side 22.

Ydervægge og indervægge (tunge og lette)

For tunge dobbeltvægge har det kun en begrænset effekt på lydisoleringen, typisk en forbedring på 0-2 dB, at benytte isoleringsmateriale i hulrummet. For porebetonvægge kan forbedringen dog være af størrelsesordenen 2-4 dB.

For lette pladebeklædte skeletvægge med fælles lægteskelet opnås i forhold til en væg uden isoleringsmateriale en forbedring af lydisoleringen på 5-8 dB med helt udfyldt hulrum. For dobbelte skeletvægge med helt adskilte skeletkonstruktioner og stort hulrum opnås med lydabsorberende materiale i hulrummet en betydelig forbedring af lydisoleringen, typisk 10 dB eller mere ved helt udfyldt hulrum.

I forbindelse med forsatsvægge eller forsatsbeklædninger skal der i hulrummet mellem grundkonstruktion og forsatskonstruktion placeres lydabsorberende materiale, idet der derved opnås en betydelig forbedring af lydisoleringen.

Ved anvendelse af lydabsorberende materiale i lette vægge er det afgørende, at materialet ikke bidrager til en sammenkobling af de to væghalvdele. Lette gipspladevægge med enkelt eller dobbelt træskelet vil således opnå samme lydisolering med indblæst papirisolering med en densitet på 50 kg/m³ som ved isolering med mineraluldisoleringsmåtter (Pedersen, 2003). Ved indblæsning med en densitet på 65 kg/m³ sker der derimod en forringelse af lydisoleringen med ca. 4 dB for dobbeltvæggens vedkommende og skønsmæssigt 1-2 dB for enkeltvæggens vedkommende. Tilsvarende forhold forventes at gøre sig gældende for træfiberisolering.

Ekspanderet perlit er pga. dets struktur specielt kritisk hvad angår kobling mellem væghalvdelene.

Også ved anvendelse af materialer i form af måtter eller ruller – fx hør – er det vigtigt, at materialet ikke bidrager til sammenkobling af de to væghalvdele. Dette betyder i praksis, at isoleringstykkelsen ikke må være så stor, at isoleringen sidder i spænd mellem væghalvdelene.

Etagedæk (tunge og lette)

Udlægges lydabsorberende isoleringsmateriale – herunder alternative isoleringsmaterialer, som opfylder kravet til strømningsmodstand – mellem trægulves strøer, forbedres såvel luftlydisoleringen som trinlydniveauet for tunge etagedæk.

Hulrum i lette træetageadskillelser bør udfyldes med lydabsorberende materiale. Der opnås herved en betydelig forbedring af lydisoleringen. Alternative isoleringsmaterialer i form af såvel løsfyld som måtter er velegnede. Ønskes en god dæmpning af de lavfrekvente lyde, skal hulrummet være så stort som muligt og forsynes med 200-300 mm lydabsorberende materiale.

Såfremt tunge eller lette etagedæk suppleres med lydisolering

underlofter, fx nedstroppede pladelofter af gipsplade el. lign., bør der her altid placeres lydabsorberende isolering i hulrummet efter samme retningslinjer som nævnt ovenfor.

Med hensyn til risikoen for kobling mellem et let etagedæks to halvdele gælder samme retningslinier som nævnt under afsnittet *Ydervægge og indervægge* på forgående side.

Tage

I tagkonstruktioner er isoleringsmaterialet væsentligt for reduktion af såvel støj udefra som støj, der udbredes i tagrummet fra rum til rum. Sidstnævnte er specielt vigtigt i de tilfælde, hvor lejlighedsskellet ikke er ført op til undersiden af tagbelægningen, men afsluttes på niveau med isoleringen.

Alternative isoleringsmaterialer i form af såvel løsfyld som måtter og ruller er velegnede som lydabsorbent i tagrum.

Tætning af konstruktioner

Selv ganske små utætheder i en skillevæg eller etageadskillelse kan forringe lydisolationen ganske betydeligt. Utætheder ses typisk ved understopning af bærende elementer, ved rør-, kanal- og elgennemføringer samt ved utilstrækkelig stopning omkring dør- og vindueskarme.

Med henblik på forebyggelse af problemer med utætheder har isoleringsmaterialer en betydning, idet placering af lydabsorberende materiale i såvel tunge som lette vægge reducerer lydtransmissionen gennem mindre utætheder.

Miljøvurdering

En stigende miljøbevidsthed har skabt en voksende interesse for at reducere miljøbelastningerne knyttet til opførelse, drift og nedrivning af bygninger, og miljøovervejelser er ved at blive en del af projekteringsprocessen. I forbindelse med valg af byggevarer og byggetekniske løsninger er der derfor behov for at kunne opgøre de miljøbelastninger, som en byggevare, en bygningsdel eller en byggeteknisk løsning er årsag til.

I dette kapitel angives miljødata for alternative isoleringsmaterialer, og der gives eksempler på, hvorledes forskellige løsningers miljøbelastninger kan illustreres.

Livscyklusvurdering

En livscyklusvurdering er den mest anvendte metode til at opgøre de miljøbelastninger, der knytter sig til et byggemateriale eller en bygningsdel. Der er i dag formuleret generelle principper til at opgøre de miljøpåvirkninger, der knytter sig til et produkt eller en proces gennem hele livsforløbet fra „vugge til grav”. Et typisk livsforløb for et byggemateriale består af følgende faser:

- udvinding af råmateriale
- transport af råmateriale
- bearbejdning og fremstilling
- transport af byggemateriale til byggeplads
- indbygning
- vedligeholdelse
- nedrivning
- genanvendelse eller deponering.

Data for de tre første faser kan knyttes til de enkelte materialer, i form af såkaldte miljødata. På baggrund af alle ovenstående faser kan de relevante miljøpåvirkninger opgøres for materialer, bygningsdele og bygninger inden for hovedgrupperne:

- forbrug af råstoffer og brændsler
- emissioner til luft og vand
- produktion af affald.

Disse miljøpåvirkninger omregnes til parametre med direkte tilknytning til bestemte miljøeffekter, som f.eks.:

- brændselsforbrug (fx kul, gas og olie)
- drivhuseffekt (kg CO₂ ækvivalenter)
- forsurening (kg SO₂ ækvivalenter)
- affald (kg).

Miljøeffekterne måles, som det ses, ikke i samme enhed. Et isoleringsmateriale eller en bygningsdel kan derfor kun entydigt udpeges som værende mindre miljøbelastende end andre, såfremt det målt på samtlige miljøeffekter er bedst. Erfaringen viser, at dette sjældent er tilfældet.

For at kunne illustrere den samlede miljøbelastning for materialer, bygningsdele eller bygninger, omregnes miljøeffekterne derfor, så de opgøres i den samme enhed. Der er ikke international enighed om, hvorledes denne omregning skal foretages. I Danmark anvendes UMIP metoden (Udvikling af Miljøvenlige IndustriProdukter) (Wenzel et al., 1998), der vægter miljøbelastningerne i forhold til, hvor meget en gennemsnitsperson bidrager til de enkelte miljøeffekter. Alle miljøeffekter omregnes til de såkaldte personækvivalenter, hvorved de enkelte miljøeffekter kan sammenlignes. Brændselsforbruget vægtes i den forbindelse efter forsyningshorisont, således at forbrug af knappe ressourcer straffes.

BEAT metoden

Til brug i bygge- og anlægssektoren er der på By og Byg opstillet en systematisk metode til miljøvurdering af bygninger. Den er bl.a. baseret på den i Danmark udviklede model for livscyklusvurderinger, UMIP. Metoden er implementeret i edb-værktøjet BEAT – Building Environmental Assessment Tool (Holleris Petersen, 2002). BEAT muliggør gennemførelse af de omfattende beregninger, der knytter sig til en miljøvurdering – forudsat at programmet indeholder miljødata for alle materialer, som indgår i den konstruktion, der ønskes miljøvurderet. Miljødata for et materiale afhænger bl.a. af viden om produktionsprocesser, tilsætningsstoffer og levetid. Det er oplysninger, som ikke umiddelbart er tilgængelige, hvilket betyder, at der ofte er nogen usikkerhed knyttet til fastsættelsen af disse data.

I BEAT programmet findes bl.a. miljødata for de alternative isoleringsmaterialer papirisolering, hørisolering og ekspanderet perlit, se tabel 21. Data for de enkelte isoleringsmaterialer i tabellen kan ikke sammenlignes umiddelbart, idet materialerne pr. vægtenhed ikke bidrager med samme varmeisolering. Effekter fra de senere faser som f.eks. genanvendelse eller deponering indgår ikke i tabellens værdi-

Tabel 21. Miljødata for fremstilling af isoleringsmaterialerne fra „vugge til fabriksport“. Varmeledningsevne, densitet, energiforbrug, drivhuseffekt, forsurening og volumenaffald for isoleringsmaterialer.

Materiale	Varmeledningsevne, W/m K ¹⁾	Densitet, kg/m ³	Energiforbrug, GJ/t ²⁾	Drivhuseffekt, t CO ₂ ækv./t ²⁾	Forsuring, kg SO ₂ ækv./t ²⁾	Volumenaffald, t/t ²⁾
Papirisolering	0,040	28-65	3,5	0,22	1,9	0,13
Træfiberisolering	–	30-45	–	–	–	–
Hørisolering ³⁾	0,040	20-40	28	1,6	11	0,40
Hampeisolering	–	20-40	–	–	–	–
Ekspanderet perlit	0,04	65-105	4,9	0,34	3,9	0,01
Halm		80-100	–	–	–	–
EPS	0,034-0,041	15-40	60	3,6	19	0,12
Letklinker	0,075-0,085	170-210	5,8	0,42	3,2	0,094
Mineraluldsisolering	0,034-0,044	14-80	13-28	0,94-1,7	9,0-14	0,082-0,21

1) Deklarerede værdier.

2) Kilde: BEAT (Holleris Petersen, 2002).

3) Miljødata for tysk produceret hørisolering.

er, ligesom brændværdien af de indgående råstoffer ikke er inkluderet i energiforbruget. Miljødata for disse faser er indeholdt i BEAT.

Ved den praktiske projektering har det betydning at foretage miljømæssige sammenligninger af bygningsdele, der er funktionelt ækvivalente, det vil sige bygningsdele, der opfylder de samme krav til en række relevante tekniske egenskaber, som fx varmeisoleringsevne og bæreevne.

Det vil kun sjældent være muligt at fremstille bygningsdele af forskellige materialer således, at alle tekniske egenskaber er ens. I praksis vil det variere, hvilke tekniske egenskaber, der er væsentlige. Det er derfor vigtigt i den konkrete projekteringssituation at sikre, at de væsentligste af de tekniske egenskaber er identiske, før der foretages en miljømæssig sammenligning.

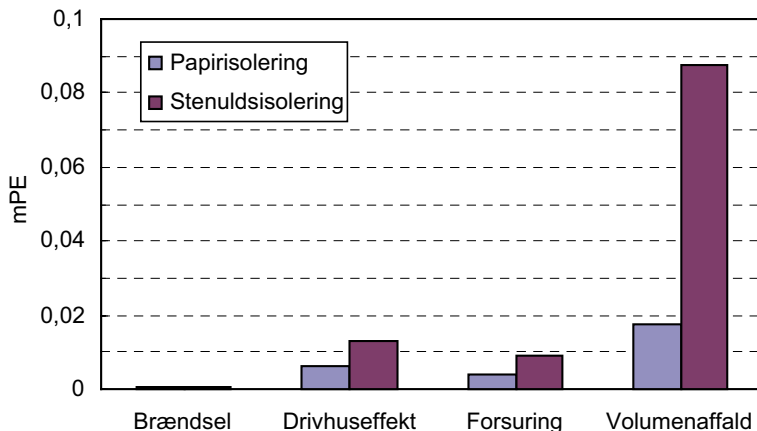
Eksempler på miljøprofiler

Ofte vises miljøbelastninger i et stavdiagram, en såkaldt miljøprofil, som dels viser den totale miljøbelastning for en bygningsdel eller en hel bygning, dels viser de enkelte materials bidrag. Herved er det muligt at sammenligne forskellige alternative løsninger. De efterfølgende figurer med miljøprofiler opererer med fire parametre: Forbrug af brændsel, drivhuseffekt, forsurening og volumenaffald. Alle miljøprofilerne er beregnet ved brug af BEAT (Holleris Petersen, 2002). BEAT indeholder flere parametre, men de nævnte er de data, der normalt refereres til i den offentlige debat, og de, der er de mest valide.

Eksempel 1. Miljøprofil for isoleringsmaterialer

I figur 6 er vist miljøbelastningerne hidrørende fra isoleringsmaterialerne ved anvendelse af 200 mm stenuld eller 225 mm papirisolering, fx som ved efterisolering af et loftrum. 200 mm stenuld eller 225 mm papirisolering vil give samme bidrag til loftets U-værdi.

Figur 6. Miljøbelastninger fra isoleringsmaterialerne ved anvendelse af 225 mm papirisolering eller 200 mm stenuld i milliPersonækvivalenter (mPE).

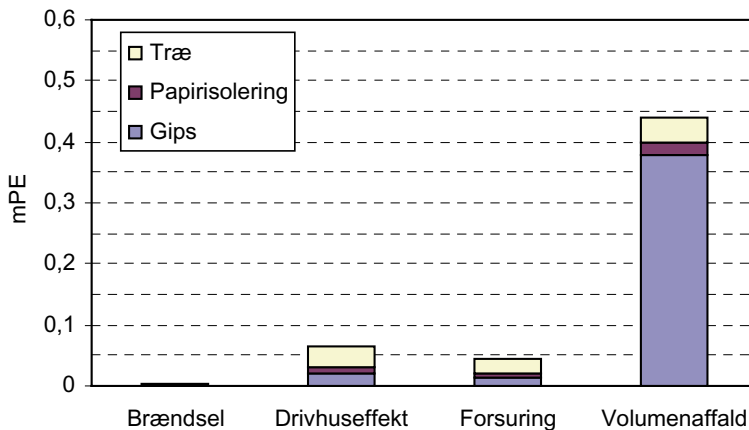


Eksempel 2. Miljøprofil for konstruktionsdel

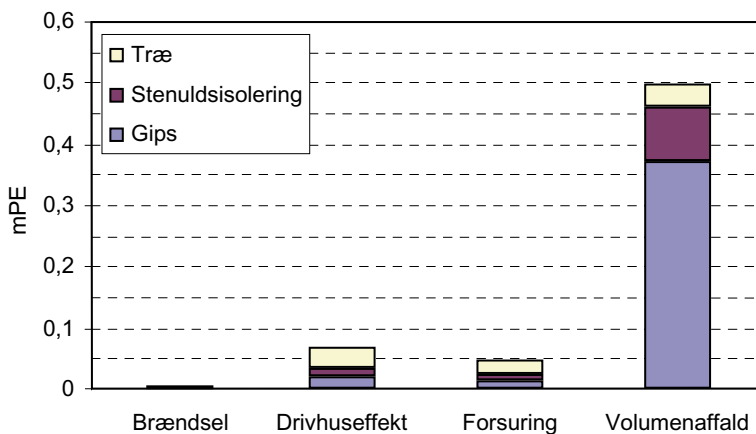
Eksempler på miljøprofiler for ydervægge er vist i figur 7 og figur 8. Ydervæggene er henholdsvis isoleret med 225 mm papirisolering og 200 mm stenuld på måtteform. Ydervæggene har bærende konstruktioner bestående af et skelet af træ, der udvendigt og indvendigt er beklædt med gipsplader. Begge ydervægge er på den indvendige side beklædt med to lag gipsplader og udvendigt beklædt med ét lag gipsplade og en regnskærm af træ. Dette giver begge ydervæggene en U-værdi på 0,19 W/m² K.

For ydervæggen isoleret med stenuld er ét lag gipsplade på den indvendige side tilstrækkeligt til at opfylde de brandtekniske krav. De to lag gipsplader giver dog denne ydervægs indvendige overflade samme robusthed som ydervæggen isoleret med papirisolering. Derfor indgår der i sammenligningen to lag gipsplader på begge ydervæggens indvendige side. Der er regnet med en levetid på 20 år for træbeklædningen og 60 år for ydervæggens øvrige materialer.

Figurerne viser, at en væsentlig miljøeffekt er den mængde volumen-affald, der primært opstår ved nedrivning af væggene. Isoleringsmaterialerne bidrager kun med en mindre del til miljøbelastningerne i forhold til bidragene fra de øvrige materialer, der indgår i ydervæggene. Vedrørende bortskaffelse af isoleringsmaterialer, se afsnittet *Bortskaffelse og genanvendelse* på side 26.



Figur 7. Miljøprofil for en let ydervæg isoleret med 225 mm papirisolering i milliPersonækvivalenter (mPE).



Figur 8. Miljøprofil for en let ydervæg isoleret med 200 mm stenuldsisolering i milliPersonækvivalenter (mPE).

Eksempel 3. Miljøprofil for varmetab gennem konstruktionsdel

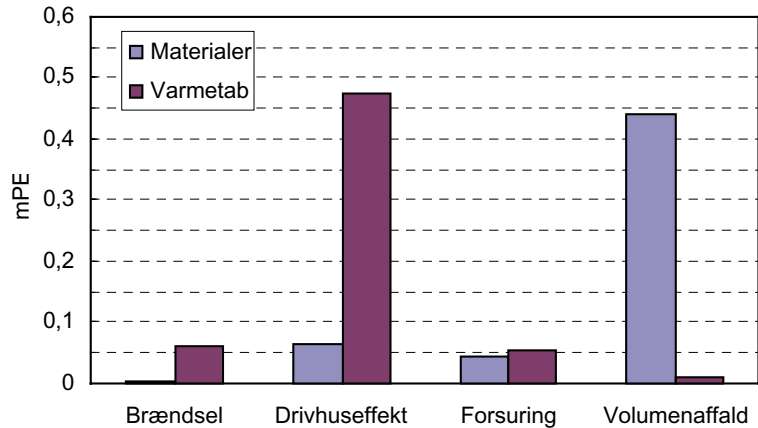
I figur 9 og figur 10 er vist miljøeffekterne for ydervæggene fra henholdsvis figur 7 og figur 8 sammenholdt med miljøeffekterne, der skyldes varmetabet gennem væggene. Miljøbelastninger ved fremstilling af materialer til væggene og fra nedrivning af væggene er vist i venstre søjle. I højre søjle er vist miljøbelastningerne, der skyldes varmetabet gennem væggene.

Varmetabet medfører for begge ydervægge et brændselsforbrug og en drivhuseffekt, der er betydeligt større end det brændselsforbrug og den drivhuseffekt, der fremkommer ved fremstilling og bortskaffelse af de materialer, ydervæggen består af. Varmetabet gennem væggene bidrager således væsentligt til den samlede miljøbelastning.

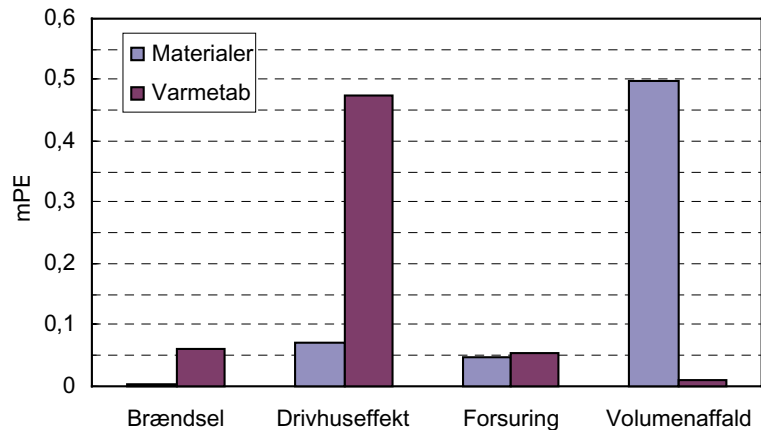
Varmetabet kan reduceres ved at forøge isoleringstykkelsen og vælge isoleringsmaterialer med høj isoleringsevne. I figur 11 er vist miljøeffekterne for den lette ydervæg isoleret med 300 mm papirisolering, hvilket reducerer ydervæggens U-værdi fra 0,19 W/m² K til 0,15 W/m² K. I forhold til figur 9 er den forøgede miljøbelastning fra

fremstillingen af den større mængde konstruktionstræ og isolering ubetydelig. Til gengæld reduceres den samlede miljøbelastning væsentligt som følge af det mindre varmetab. Ved at forøge isoleringstykkelsen vil den samlede miljøbelastning således blive reduceret.

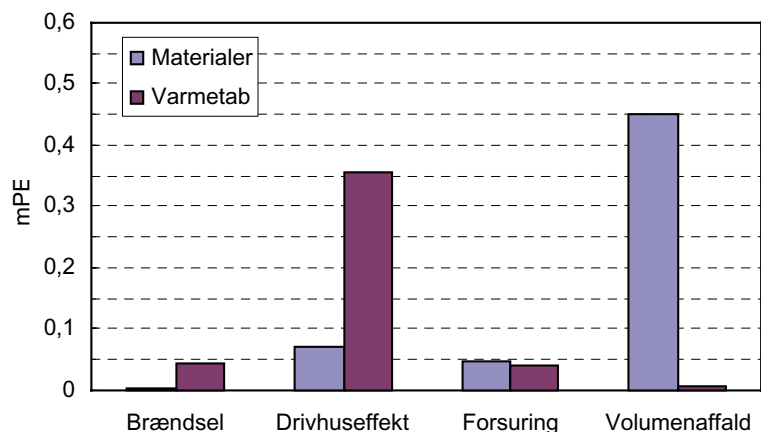
Figur 9. Miljøprofil for en let ydervæg isoleret med 225 mm papirisolering i milliPersonækvivalenter (mPE).



Figur 10. Miljøprofil for en let ydervæg isoleret med 200 mm stenuldsisolering i milliPersonækvivalenter (mPE).



Figur 11. Miljøprofil for en let ydervæg isoleret med 300 mm papirisolering i milliPersonækvivalenter (mPE).



Arbejdsmiljø

Valg af isoleringsmateriale foretages ofte på grundlag af byggetekniske og økonomiske vurderinger. Det er dog også væsentligt, at et isoleringsmateriale ikke medfører unødige arbejdsmiljøbelastninger på byggepladsen. Kræftisiko, støv og gener samt evt. tilsætningsstoffer er de væsentligste forhold af betydning for arbejdsmiljøet.

Kræftisiko

De alternative isoleringsmaterialer er ikke klassificeret med hensyn til kræftisiko.

Mineraluldsisolering er fra efteråret 2001 af verdenssundhedsorganisationen WHO klassificeret i gruppe 3 „Ikke klassificerbare med hensyn til kræftfremkaldende effekt hos mennesker”.

Støv og gener

Der er i Danmark foretaget enkelte undersøgelser af støv og gener ved anvendelse af alternative isoleringsmaterialer. Der er foretaget en undersøgelse af arbejdsmiljøet ved nybyggeri, en mindre undersøgelse af arbejdsmiljøet ved renovering samt en mindre undersøgelse ved bygning med halmballer.

I forbindelse med demonstrationsprojektet Borup Seniorby, har Arbejdsmiljøinstituttet i samarbejde med By og Byg undersøgt, i hvilket omfang personer, der udfører isoleringsarbejde med forskellige isoleringsmaterialer, udsættes for støv (Breum et al., 2002). I undersøgelsen blev støvudsættelsen målt ved anvendelse af fire forskellige typer alternative isoleringsmaterialer: Løsfyld af papir, træfiber og ekspanderet perlit samt måtter af hør. Alle produkter af de fire typer materialer, der på daværende tidspunkt var på det danske marked, indgik i undersøgelsen, således at i alt syv alternative isoleringsprodukter blev undersøgt. Som reference blev undersøgt måtter af stenuld og glasuld.

Støvudsættelsen ved isoleringsarbejde afhænger ikke kun af det anvendte isoleringsmateriale, men også af bygningskonstruktion og bygning samt af vejrforhold. Undersøgelsen blev derfor udført under kontrollerede forhold ved fuldskalasimulering i en forsøgshal for at

opnå størst sammenlignelighed mellem forskellige isoleringsmaterialer.

Ved anvendelse af mineraluld til isolering af loft blev tagfladen åbnet i henhold til Arbejdstilsynets bekendtgørelse. Også ved anvendelse af ekspanderet perlit blev tagfladen åbnet efter ønske fra leverandøren af ekspanderet perlit.

Målingerne af støvudsættelse blev foretaget ved isolering af facadelementer og ved isolering af loft.

Arbejdet blev udført på et forsøgshus med dimensioner som nogle af de rækkehuse, der blev opført i demonstrationsprojektet Borup Seniorby. For hvert isoleringsmateriale blev der udført fire uafhængige målinger ved såvel loft- som facadeisolering. Derudover blev støvafgivelsen fra materialerne målt ved en standardiseret laboratorietest. Undersøgelsen viste, at

- Ved anvendelse af løsfyldisolering af papir, træfiber og ekspanderet perlit kan gældende grænseværdier for „total” støv og visse specifikke komponenter i støvet forventes overskredet.
- Ved anvendelse af hørmåtter på lofter er der risiko for forhøjede koncentrationer af „total” støv og endotoksin. Mængden af luftforurening vil formentlig afhænge af de forhold, hvorunder hørmåtterne er produceret.

Ved anvendelse af de alternative isoleringsmaterialer papir, træfiber, hør og ekspanderet perlit må det derfor forventes at der optræder høje støvkoncentrationer. Dette gælder først og fremmest ved indblæsning på lofter, men der kan også forekomme støvproblemer ved indblæsning i facader og ved loftisolering med måtter. For en given isoleringsopgave kan støvkoncentrationerne ved anvendelse af papir, træfiber, hør og ekspanderet perlit forventes at være væsentligt højere end ved brug af mineralulds-måtter (Breum et al., 2002).

For halm er udført nogle få støvmålinger ved bygning med halmballer i forsøgshal (Møller, 2001). Bearbejdning af halmballer viste sig at kunne udvikle høje støvkoncentrationer, og der blev påvist høje koncentrationer af endotoksin i luften. Mængden af luftforurening må forventes at afhænge af de forhold, hvorunder halmen er produceret.

De forhøjede koncentrationer af støv er ligeledes målt i forbindelse med renovering af to ældre ejendomme (Barfod, Mannov & Paarup, 2003). Her blev der foretaget sammenlignende undersøgelser ved anvendelse af papir- og glasuldsgranulat samt hør- og glasulds-måtter.

Den sammenlignende undersøgelse viste, at

- Ved indblæsning af papir- og glasuldsgranulat samt ved anvendelse af formstykker af glasuld og hør forekom der høje støvkoncentrationer.

- Ved indblæsning af papir- og glasuldsgranulat samt ved anvendelse af formstykker af glasuld og hør forekom der høje koncentrationer af endotoksin.

Det blev dog vurderet, at ved renovering af bygninger stammer en væsentlig del af støvbelastningen fra „gammelt bygningsstøv“.

Hvad angår håndteringen af isoleringsmaterialerne, så beskrives papirisolering og formstykker af høruld som behageligere at arbejde med end mineraluld (Barfod et al., 2003). Af EU er nyere mineraluldsisolering, dvs. isolering, der er produceret efter slutningen af 1990'erne, klassificeret blandt stoffer, der er „lokalirriterende og irriterer huden“. Dette bekræftes af flere undersøgelser, se fx (TIB, 2002).

Tilsætningsstoffer

Borsalte, der tilsættes papirisolering og hør, er optaget på Miljøstyrelsens *Liste over uønskede stoffer* (Miljøstyrelsen, 2000b). Borsalte menes at kunne skade forplantningsevnen og skade fostres udvikling. Forskellige alternativer til borsalte undersøges, men på nuværende tidspunkt (sommer 2003) foreligger ikke dokumenterede resultater. I øvrigt henvises til kapitlet om tilsætningstoffer side 24.

Mineraluldsisolering indeholder ligeledes en række tilsætningsstoffer og bindemidler, fx urea-modificeret fenol-formaldehyd harpiks (bakelit) og mineralisk olie.

Forholdsregler

Som udgangspunkt skal der anvendes åndedrætsværn (P2 støvfilter) ved arbejde med papir- og træfiberisolering samt ekspanderet perlit og hør, medmindre en konkret vurdering viser, at det ikke er nødvendigt. For hamp må forholdene forventes at være som for hørisolering, hvorfor der også her som udgangspunkt skal anvendes åndedrætsværn.

Støvbelastningen afhænger i høj grad af udstyr og arbejdsmetoder (Barfod et al., 2003). Selv små ændringer i valget af udstyr og metoder har betydning.

Ved skæring af hør- og hampemåtter måtter anbefales det at anvende specialværktøj.

Bearbejdning af halmballer kan udvikle høje støvkoncentrationer og høje koncentrationer af endotoksin i luften. Det anbefales derfor at anvende åndedrætsværn ved bygning med halmballer.

Del 3

Konstruktiv anvendelse

Introduktion

I denne del af anvisningen vises eksempler på bygningsdeles udformning ved anvendelse af egnede alternative isoleringsmaterialer. Det er hensigten, at denne del skal anvendes som opslagsværk, der på overskuelig form samler relevant information.

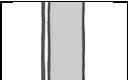
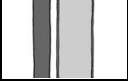
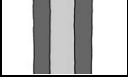
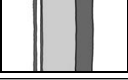
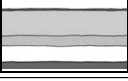
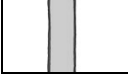
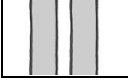
Denne del er opdelt i en række kapitler, der gennemgår de enkelte bygningsdele, se tabel 22. Hvert kapitel indledes med en introduktion, der beskriver krav og forhold af særlig betydning for den pågældende bygningsdel. Derefter vises eksempler på udformninger af bygningsdelen, som opfylder disse krav på en hensigtsmæssig måde hvad angår byggeteknik og økonomi.

Af hensyn til overskueligheden præsenteres hvert eksempel på én side, der indeholder:

- Konstruktionsbeskrivelse og -detalje: Tekst og tegning.
- Egnede isoleringsmaterialer og deres densitet: Densiteterne angives således, at kravene i DS 418 er opfyldt. Ved løs udblæsning på loft angives anbefalede densiteter for isoleringsmaterialerne.
- Anvendelse: Her angives, hvor i bygningen løsningen typisk finder anvendelse i henhold til de brandtekniske bestemmelser i BR 95 og BR-S 98. I nogle tilfælde angives også særlige begrænsninger i løsningens anvendelse.
- U-værdier: En tabel hvor bygningsdelens U-værdi er opgivet for forskellige værdier af isoleringstykkelsen og isoleringsmaterialets deklarerede varmeledningsevne. Der kan interpoleres i tabellen ved andre varmeledningsevner og isoleringstykkelser.

En række forudsætninger og krav er beskrevet i kapitlet *Forudsætninger for de anviste løsninger* på side 132.

Tabel 22. Anviste bygningsdele og egnede alternative isoleringsmaterialer.

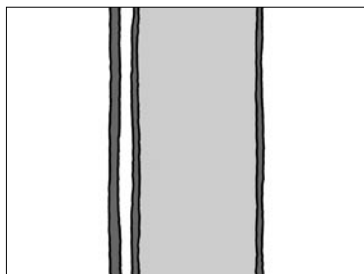
Isoleringsmaterialer			Papirisolering	Træfiberisolering	Hørisolering	Hampeisolering	Halm	Ekspanderet perlit
Ydervægge	Skeletkonstruktion med regnskærm							
	Skeletkonstruktion med formur							
	Tung bagvæg med formur							
	Tung bagvæg med regnskærm							
Tage	Paralleltag og udnyttet tagrum							
	Tag med uudnytteligt tagrum							
Dæk	Terrændæk							
	Krybekælder							
Indervægge	Indervæg med enkelt stolpeskelet							
	Indervæg med dobbelt stolpeskelet							
Etageadskillelser	Etageadskillelse i træ							
	Etageadskillelse i beton							

Ydervægge

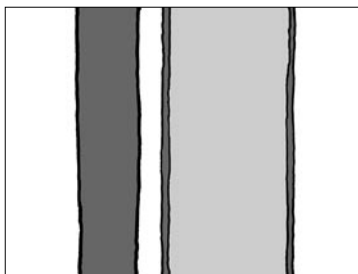
Ved anvendelse af alternative isoleringsmaterialer i ydervægge er to forhold afgørende for at skabe overblik over de forskellige konstruktions typer:

- Valg af bærende konstruktion, enten skeletkonstruktion, eller tung bagvæg
- Valg af udvendig beklædning, formur eller regnskærm.

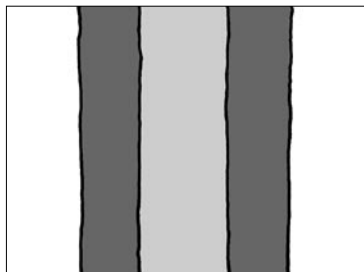
Dette giver fire mulige kategorier, som dækker de typiske ydervægstyper:



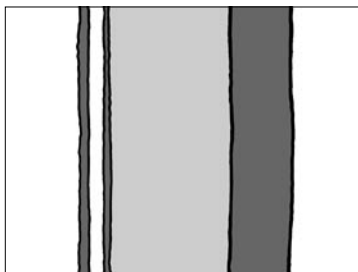
Skeletkonstruktion
med regnskærm



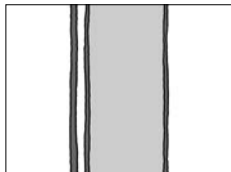
Skeletkonstruktion
med formur



Tung bagvæg
med formur



Tung bagvæg
med regnskærm



Skeletkonstruktion med regnskærm

Ydervægge med skeletkonstruktion og regnskærm kan udføres med papirisolering, træfiberisolering, hørisolering, hampeisolering og halm som alternative isoleringsmaterialer.

Skeletkonstruktionen er typisk af træ. Regnskærmen kan fx være af brædder eller fibercementplader.

Brandforhold

Med denne ydervægstype kan der opnås klassifikation som BD-væg 30, bærende eller ikke-bærende.

Varmeisolering

Denne ydervægstype betegnes som en let konstruktion med et U-værdikrav på $0,20 \text{ W/m}^2 \text{ K}$.

Fugtforhold

Denne ydervægstype kræver typisk en dampspærre eller dampbremse på konstruktionens varme side. Det anbefales ikke, at dampspærren eller dampbremsen udelades, da ydervæggen skal udføres lufttæt. Valget mellem dampspærre eller dampbremse skal vurderes i hvert enkelt tilfælde ud fra konstruktionsdelenes Z-værdi, det forventede udeklima, luftsiftet og fugtproduktionen i indeklimaet.

Lydforhold

Med denne ydervægstype kan med hørmåtter som isoleringsmateriale forventes en luftlydisolation R'_w på 35-40 dB. Vurderingen er baseret på en isoleringstykkelse på 150 mm. Ved tykkere isoleringslag vil lydisolationen kunne forøges med op til 5 dB. Benyttes papir- eller træfiberisolering med en densitet på 65 kg/m^3 eller hampemåtter, kan lydisolationen forventes reduceret med ca. 2 dB. Med halmvægge kan forventes en luftlydisolation på 50-55 dB.

Udførelse

Papirisolering og træfiberisolering

Materialerne blæses ind i skeletkonstruktionen via åbninger ved topremmen eller gennem huller skåret i gipspladen, som efterfølgende repareres således, at de brand- og fugttekniske krav er overholdt. Det skal under indblæsningen sikres, at luftlommer ikke opstår, fx ved vinduesbrystninger.

Hørisolering og hampeisolering

Materialerne fås i måtteform, som indlægges i konstruktionen. Tilskæring af måtter kræver anvendelse af specielle værktøjer, fx isoleringsknive, elektriske bajonetsave eller stationære tilskæringsanlæg. Værktøjerne kan ofte købes hos isoleringsproducenten/leverandøren.

Halm

Revner må ikke forekomme i det indvendige pudslag, da det giver risiko for fugtindtrængning fra rumluften. Anvendelsen af en udvendig regnskærm minimerer fugtproblemer ved at reducere muligheden for fugtophobning i det udvendige pudslag.

Arbejds miljø

Der kan opstå støvproblemer ved anvendelse af papirisolering og træfiberisolering. Ved isolering med måtter af hørisolering og hampeisolering kan der ligeledes opstå støvproblemer. Åndedrætsværn (P2 støvfilter) skal anvendes, medmindre en konkret vurdering viser, at det ikke er nødvendigt. Ved bearbejdning af halmballer kan der udvikle sig høje koncentrationer af støv og endotoksin i luften. Det anbefales derfor at anvende åndedrætsværn (P2 støvfilter).

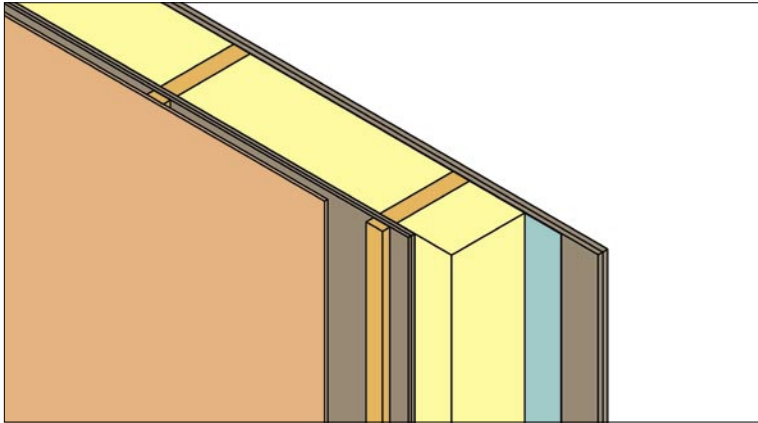
Konstruktive løsninger

På de følgende sider beskrives fire forskellige ydervægge med skeletkonstruktion og regnskærm:

Brandklasse	Bærende konstruktion	Regnskærm/Beklædning
BD-væg 30 bærende	Træskelet	Fibercement
BD-væg 30 bærende	Træskelet	Klasse 2 Bræddebeklædning
BD-væg 30 bærende	Træskelet	Brædder
BD-væg 30 ikke-bærende	Træskelet	Fibercement

Fibercement
Isolering
Træskelet

BD-væg 30 bærende



Konstruktionsbeskrivelse

- 8 mm fibercementplade
- 25 mm ventileret hulrum med afstandslister
- 2 lag 9 mm fugtimprægneret gipsplade
- Isolering mellem 45 mm brede stolper pr. 600 mm
- Dampspærre/dampbremse
- 2 lag 13 mm gipsplade

Egnede isoleringsmaterialer

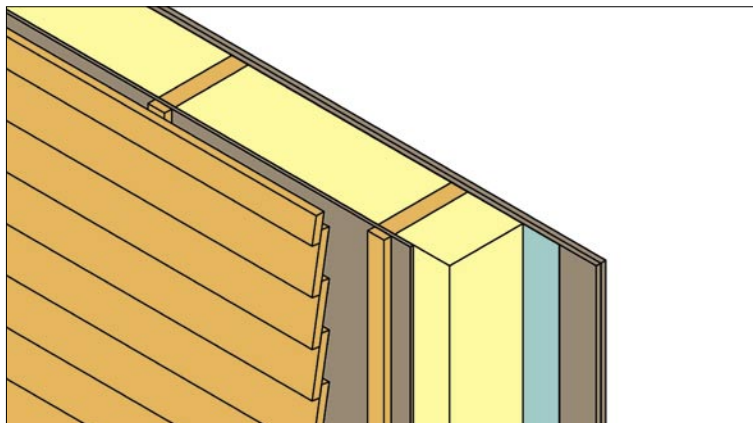
Papirisolering:	Løsfyld	65 kg/m ³
Træfiberisolering:	Løsfyld	65 kg/m ³
Hørisolering:	Måtte	30 kg/m ³
Hampeisolering:	Måtte	25 kg/m ³

Anvendelse

- BR 95: Se opslag: BD-væg 30 bærende.
- BR-S 98: Bærende ydervægge i bygninger med op til 2 etager.

U-værdier

Deklareret varmelednings- evne $\lambda_{dekl.}$ W/m K	Isoleringstykkelser							
	150 mm		200 mm		250 mm		300 mm	
	Isoleringstype							
	Måtte	Løsfyld	Måtte	Løsfyld	Måtte	Løsfyld	Måtte	Løsfyld
0,050	0,33	0,32	0,26	0,25	0,21	0,20	0,18	0,17
0,045	0,30	0,29	0,24	0,23	0,20	0,19	0,17	0,16
0,040	0,28	0,27	0,22	0,21	0,18	0,17	0,16	0,15
0,035	0,26	0,25	0,20	0,19	0,17	0,16	0,14	0,13



Brædder

Isolering

Træskelet

*BD-væg 30 bærende
med udvendig
klasse 2 beklædning*

Konstruktionsbeskrivelse

21 mm bræddebeklædning

25 mm ventileret hulrum med afstandslister

1 lag 9 mm fugtimprægneret gipsplade

Isolering mellem 45 mm brede stolper pr. 600 mm

Dampspærre/dampbremse

2 lag 13 mm gipsplade

Egnede isoleringsmaterialer

Papirisolering: Løsfyld 65 kg/m³

Træfiberisolering: Løsfyld 65 kg/m³

Hørisolering: Måtte 30 kg/m³

Hampeisolering: Måtte 25 kg/m³

Anvendelse

BR 95: Se opslag: BD-væg 30 bærende med udvendig klasse 2 beklædning.

BR-S 98: Bærende ydervægge i bygninger med op til 2 etager.

U-værdier

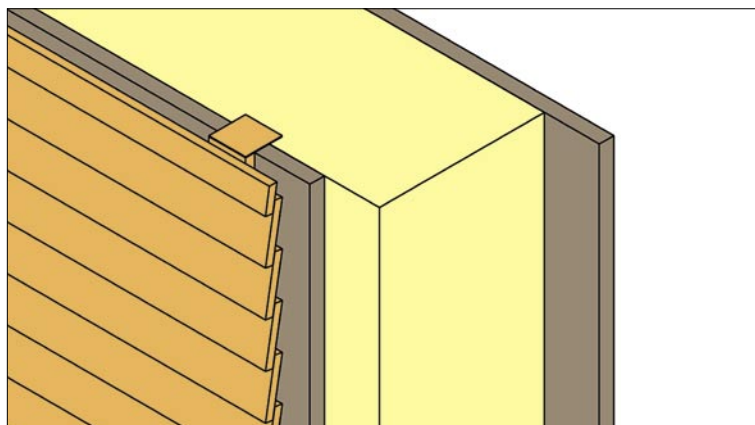
Deklareret varmelednings- evne $\lambda_{\text{dekl.}}$ W/m K	Isoleringstykkelse							
	150 mm		200 mm		250 mm		300 mm	
	Isoleringstype							
	Måtte	Løsfyld	Måtte	Løsfyld	Måtte	Løsfyld	Måtte	Løsfyld
0,050	0,33	0,32	0,26	0,25	0,21	0,20	0,18	0,17
0,045	0,31	0,30	0,24	0,23	0,20	0,19	0,17	0,16
0,040	0,28	0,27	0,22	0,21	0,18	0,17	0,16	0,15
0,035	0,26	0,25	0,20	0,19	0,17	0,16	0,15	0,13

Brædder

Halm

Træskelet

BD-væg 30 bærende



Konstruktionsbeskrivelse

21 mm brædder

25 mm ventileret hulrum

40 mm lerpuds mellem stolperne

100 × 100 mm bærende træstolper pr. 1200 mm placeret i halmen

450 mm halmballe

40 mm lerpuds

Egnet isoleringsmateriale

Halmballer: 70-120 kg/m³

Anvendelse

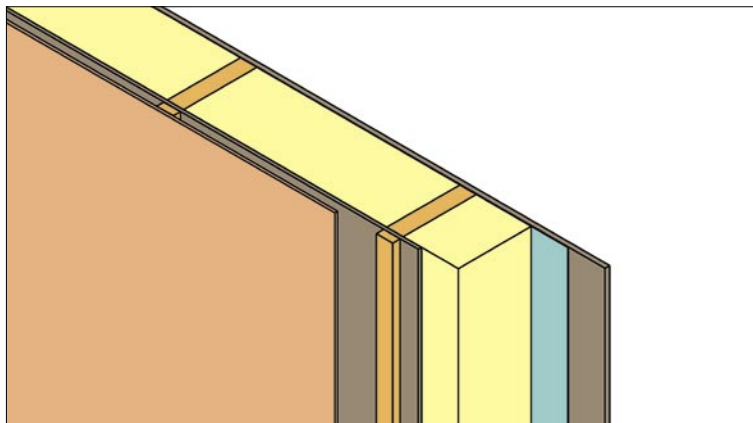
Anvendelse af en udvendig regnskærm minimerer fugtproblemer ved at reducere muligheden for fugtophobning i det udvendige pudslag.

BR 95: Kan ikke anvendes.

BR-S 98: Bærende ydervægge i bygninger med op til 2 etager.

U-værdier

Deklareret varmeledningsevne $\lambda_{\text{dekl.}}$	Isoleringstykkelse
W/m K	450 mm
0,080	0,17
0,070	0,15
0,060	0,13



Fibercement

Isolering

Træskelet

*BD-væg 30
ikke-bærende*

Konstruktionsbeskrivelse

8 mm fibercementplade
25 mm ventileret hulrum med afstandslister
9 mm fugtimprægneret gipsplade
Isolering mellem 45 mm brede stolper pr. 600 mm
Dampspærre/dampbremse
13 mm gipsplade

Egnede isoleringsmaterialer

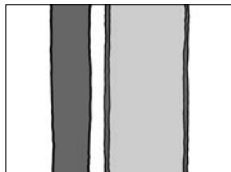
Papirisolering:	Løsfyld	65 kg/m ³
Træfiberisolering:	Løsfyld	65 kg/m ³
Hørisolering:	Måtte	30 kg/m ³
Hampeisolering:	Måtte	25 kg/m ³

Anvendelse

BR 95: Se opslag: BD-væg 30 ikke-bærende.
BR-S 98: Ikke-bærende ydervægge i bygninger med op til 2 etager.

U-værdier

Deklareret varmelednings- evne $\lambda_{\text{dekl.}}$ W/m K	Isoleringstykkelser							
	150 mm		200 mm		250 mm		300 mm	
	Isoleringstype							
	Måtte	Løsfyld	Måtte	Løsfyld	Måtte	Løsfyld	Måtte	Løsfyld
0,050	0,34	0,33	0,26	0,25	0,22	0,21	0,18	0,17
0,045	0,31	0,30	0,24	0,23	0,20	0,19	0,17	0,16
0,040	0,29	0,28	0,23	0,21	0,19	0,17	0,16	0,15
0,035	0,27	0,25	0,21	0,19	0,17	0,16	0,15	0,13



Skeletkonstruktion med formur

Ydervægge med skeletkonstruktion og formur kan udføres med anvendelse af papirisolering, træfiberisolering, hørisolering og hampeisolering som alternative isoleringsmaterialer.

Skeletkonstruktionen er typisk af træ. Formuren er typisk af murværk.

Brandforhold

Med denne ydervægstype kan der opnås klassifikation som BD-væg 60 bærende, BD-væg 30 bærende eller BD-væg 30 ikke-bærende.

Varmeisolering

Denne ydervægstype betegnes som en let konstruktion med et U-værdikrav på $0,20 \text{ W/m}^2 \text{ K}$.

Fugtforhold

Denne ydervægstype kræver typisk en dampspærre eller dampbremse på konstruktionens varme side. Det anbefales ikke, at dampspærren eller dampbremsen udelades, da ydervæggen skal udføres lufttæt. Valget mellem dampspærre eller dampbremse skal vurderes i hvert enkelt tilfælde ud fra konstruktionsdelenes Z-værdi, det forventede udeklima, luftskiftet og fugtproduktionen i indeklimaet.

Denne ydervægstype kræver altid et ventileret hulrum mellem formuren og skeletkonstruktionen. Det forventes ikke, at en formur af murværk vil være vandtæt. Mørtelpølser på formurens inderside skal undgås for at hindre fugttransport ved kontakt mellem mørtel og afdekning af isoleringen.

Lydforhold

Med denne ydervægstype kan forventes en luftlydisolation R'_w på 50-55 dB afhængig af isoleringstykkelse og kobling mellem vægghalvdelen.

Udførelse

Papirisolering og træfiberisolering

Materialerne blæses ind i skeletkonstruktionen via åbninger ved topremmen eller gennem huller skåret i gipspladen, som efterfølgende repareres således, at de brand- og fugttechniske krav er overholdt. Det skal under indblæsningen sikres, at luftlommer ikke opstår, fx ved vinduesbrystninger.

Hørisolering og hampeisolering

Materialerne fås i måtteform, som indlægges i konstruktionen. Tilskæring af måtter kræver anvendelse af specielle værktøjer, fx isoleringsknive, elektriske bajonetsave eller stationære tilskæringsanlæg. Værktøjerne kan ofte købes hos isoleringsproducenten/leverandøren.

Arbejds miljø

Der kan opstå støvproblemer ved anvendelse af papirisolering og træfiberisolering. Ved isolering med måtter af hørisolering og hampeisolering kan der ligeledes opstå støvproblemer. Åndedrætsværn (P2 støvfilter) skal anvendes, medmindre en konkret vurdering viser, at det ikke er nødvendigt.

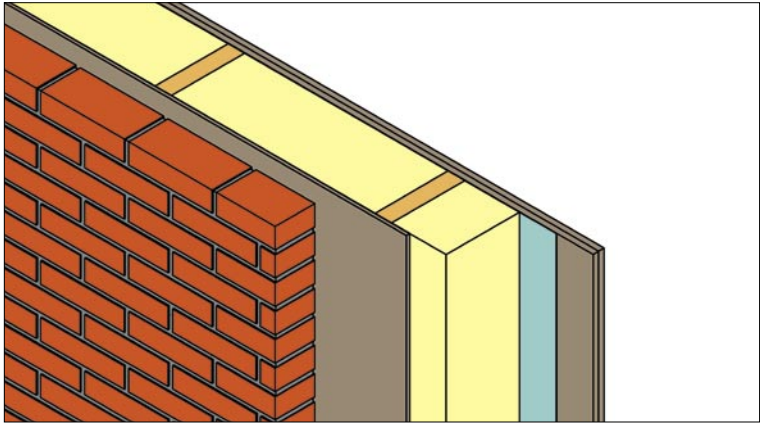
Konstruktive løsninger

På de følgende sider beskrives to forskellige skeletkonstruktioner med formur. Der vises ydervægge, der kan klassificeres som BD-væg 60 bærende og BD-væg 30 bærende i henhold til BR 95 og BR-S 98:

Brandklasse	Bærende konstruktion	Formur
BD-væg 60 bærende	Træskelet	Murværk
BD-væg 30 bærende	Træskelet	Murværk

Murværk
Isolering
Træskelet

BD-væg 60 bærende



Konstruktionsbeskrivelse

- 108 mm murværk med trådbindere
- 50 mm ventileret hulrum
- 9 mm fugtimpregneret gipsplade
- Isolering mellem 45 mm brede stolper pr. 600 mm
- Dampspærre/dampbremse
- 2 lag 15 mm brandgipsplade

Egnede isoleringsmaterialer

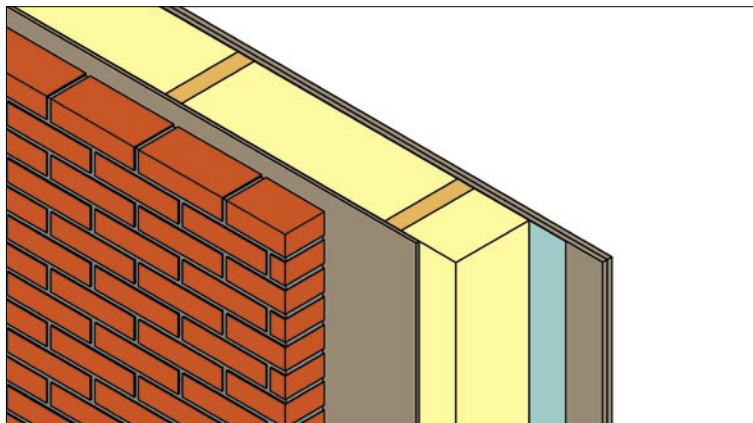
Papirisolering:	Løsfyld	65 kg/m³
Træfiberisolering:	Løsfyld	65 kg/m³
Hørisolering:	Måtte	30 kg/m³
Hampeisolering:	Måtte	25 kg/m³

Anvendelse

- BR 95: Se opslag: BD-væg 60 bærende.
- BR-S 98: Bærende ydervægge i bygninger med op til 2 etager.

U-værdier

Deklareret varmelednings- evne $\lambda_{dekl.}$ W/m K	Isoleringstykkelse							
	150 mm		200 mm		250 mm		300 mm	
	Isoleringstype							
	Måtte	Løsfyld	Måtte	Løsfyld	Måtte	Løsfyld	Måtte	Løsfyld
0,050	0,32	0,31	0,25	0,24	0,21	0,20	0,18	0,17
0,045	0,30	0,29	0,23	0,22	0,19	0,18	0,17	0,16
0,040	0,28	0,27	0,22	0,21	0,18	0,17	0,15	0,14
0,035	0,25	0,24	0,20	0,19	0,17	0,15	0,14	0,13



Murværk

Isolering

Træskelet

BD-væg 30 bærende

Konstruktionsbeskrivelse

108 mm murværk med trådbindere
 50 mm ventileret hulrum
 9 mm fugtimprægneret gipsplade
 Isolering mellem 45 mm brede stolper pr. 600 mm
 Dampspærre/dampbremse
 2 lag 13 mm gipsplade

Egnede isoleringsmaterialer

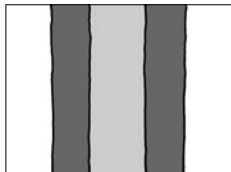
Papirisolering:	Løsfyld	65 kg/m ³
Træfiberisolering:	Løsfyld	65 kg/m ³
Hørisolering:	Måtte	30 kg/m ³
Hampeisolering:	Måtte	25 kg/m ³

Anvendelse

BR 95: Se opslag: BD-væg 30 bærende.
 BR-S 98: Bærende ydervægge i bygninger med op til 2 etager.

U-værdier

Deklareret varmelednings- evne $\lambda_{\text{dekl.}}$ W/m K	Isoleringstykkelser							
	150 mm		200 mm		250 mm		300 mm	
	Isoleringstype							
	Måtte	Løsfyld	Måtte	Løsfyld	Måtte	Løsfyld	Måtte	Løsfyld
0,050	0,32	0,31	0,25	0,24	0,21	0,20	0,18	0,17
0,045	0,30	0,29	0,24	0,23	0,20	0,19	0,17	0,16
0,040	0,28	0,27	0,22	0,21	0,18	0,17	0,16	0,14
0,035	0,25	0,24	0,20	0,19	0,17	0,15	0,14	0,13



Tung bagvæg med formur

Ydervægge med tung bagvæg og formur kan udføres med papirisolering, hampeisolering og ekspanderet perlit.

Bagvæggen kan være af murværk, beton, letklinker- eller porebeton. Formuren er typisk af murværk.

Brandforhold

Med denne ydervægstype kan der opnås klassifikation som BD-væg 60 bærende, dog BS-væg 60 bærende med ubrændbar ekspanderet perlit, hvilket giver mulighed for yderligere anvendelse, se fx figur 4 i kapitlet *Brand* i del 2.

Varmeisolering

Denne ydervægstype betegnes som en tung konstruktion med et U-værdikrav på $0,30 \text{ W/m}^2 \text{ K}$.

Fugtforhold

Denne ydervæg kræver ikke en dampspærre eller dampbremse, men bagvæggen skal være lufttæt.

Ved valget af alternativt isoleringsmateriale skal der tages hensyn til dets modstand mod opsugning af indtrængende slagregn og anden fugt. Papir- og hampeisolering bør kun anvendes, såfremt der er tale om vægge uden slagregnspåvirkning af betydning, og såfremt der kan skaffes dokumentation for isoleringsmaterialets fugttekniske egenskaber. Bygningens højde, tagudhængets størrelse, vegetationen samt ydervæggens orientering har betydning for slagregnspåvirkningen.

Lydforhold

Med denne ydervægstype kan forventes en luftlydisolation R'_w på 50-55 dB.

Udførelse

Papirisolering

Papirisolering blæses ind i konstruktionen efter, at murerarbejdet er afsluttet. Af hensyn til indblæsningen bør udkragede mørtelpølser undgås i hulrummet mellem bagvæg og formur.

Isoleringen indblæses via udeladte mursten i formuren. Placeringen af hullerne samt indblæsningsteknikken skal sikre, at luftlommer ikke opstår, fx ved vinduesbrystninger. Isoleringsproducentens og -installatørens tekniske vejledning på området skal derfor følges nøje. Den vandrette og lodrette afstand mellem de udeladte mursten bør ikke overstige 2,0 m.

Hampeisolering

Hampeisolering fås i måtteform, som anbringes under opmuringen. Tilskæring af måtter kræver anvendelse af specielle værktøjer, fx isoleringsknive, bajonetsave eller tilskæringsanlæg. Værktøjerne kan ofte købes hos isoleringsproducenten/leverandøren. I ydervægge med murede bagvægge kan de angivne U-værdier reduceres med 0,02-0,03 W/m² K, såfremt ufyldte eller overfyldte fuger undgås i bagvæggen.

Ekspanderet perlit

Ekspanderet perlit hældes ind i konstruktionen. Udkragede mørtelpølser bør undgås i hulrummet mellem bagvæg og formur. Ekspanderet perlit er letløbende og bør kun anvendes, såfremt konstruktionen sikres tilstrækkelig tæthed. En optimal pakning skal sikres for at undgå sætning.

Arbejds miljø

Der kan opstå støvproblemer ved anvendelse af papirisolering og ekspanderet perlit. Ved isolering med måtter af hampeisolering kan der ligeledes opstå støvproblemer. Åndedrætsværn (P2 støvfilter) skal anvendes, medmindre en konkret vurdering viser, at det ikke er nødvendigt.

Konstruktive løsninger

På de følgende sider beskrives to forskellige ydervægge med tung bagvæg og formur:

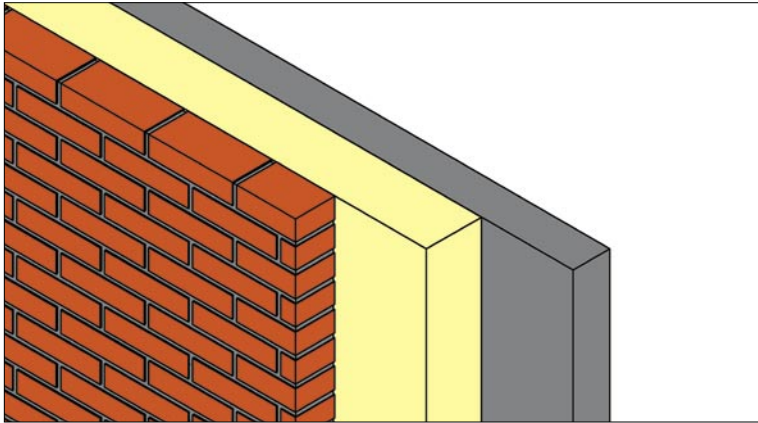
Brandklasse	Bærende konstruktion	Formur
BD-væg 60 bærende	Letklinkerbetonelement	Murværk
BD-væg 60 bærende	Murværk	Murværk

Murværk

Isolering

Letklinkerbeton

BD-væg 60 bærende ¹⁾



Konstruktionsbeskrivelse

108 mm murværk
Isolering
100 mm letklinkerbetonelement med trådbindere, densitet 1200 kg/m³, i højde op til 2,6 m

Egnede isoleringsmaterialer

Papirisolering: Løsfyld 65 kg/m³
Hampeisolering: Måtte 25 kg/m³
Ekspanderet perlit: Løsfyld 85 kg/m³ ¹⁾

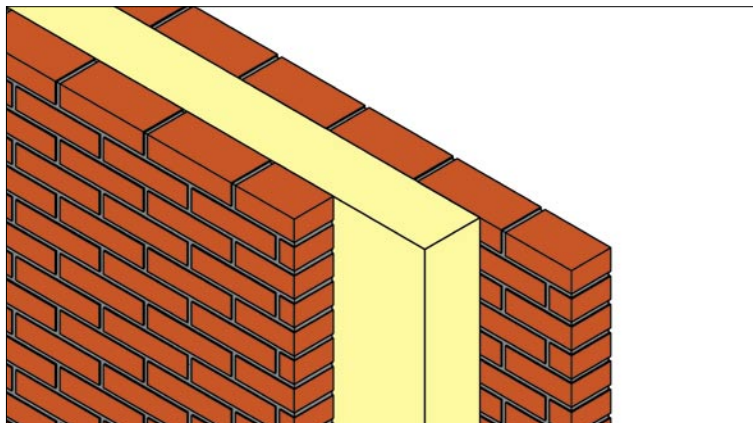
Anvendelse

Papir- eller hampeisolering: Se *Fugtforhold* side 98.
Ekspanderet perlit bør kun anvendes, såfremt konstruktionen sikres tilstrækkelig tæthed.
BR 95: Se opslag: BD-væg 60 bærende samt ¹⁾.
BR-S 98: Bærende ydervægge i bygninger med op til 2 etager.

U-værdier

Deklareret varmelednings- evne $\lambda_{dekl.}$ W/m K	Isoleringstykkelser							
	100 mm		150 mm		200 mm		250 mm	
	Isoleringstype							
	Måtte	Løsfyld	Måtte	Løsfyld	Måtte	Løsfyld	Måtte	Løsfyld
0,050	0,41	0,40	0,30	0,29	0,24	0,23	0,20	0,19
0,045	0,38	0,37	0,27	0,27	0,22	0,21	0,18	0,17
0,040	0,34	0,34	0,25	0,24	0,20	0,19	0,17	0,16
0,035	0,31	0,30	0,22	0,22	0,18	0,17	0,15	0,14

1) Ubrændbar ekspanderet perlit: BS-væg 60 bærende.



Murværk

Isolering

Murværk

BD-væg 60 bærende ¹⁾

Konstruktionsbeskrivelse

108 mm murværk med trådbindere

Isolering

108 mm murværk i højde op til 2,6 m

Egnede isoleringsmaterialer

Papirisolering: Løsfyld 65 kg/m³

Hampeisolering: Måtte 25 kg/m³

Ekspanderet perlit: Løsfyld 85 kg/m³ ¹⁾

Anvendelse

Papir- eller hampeisolering: Se *Fugtforhold* side 98.

Ekspanderet perlit bør kun anvendes, såfremt konstruktionen sikres tilstrækkelig tæthed.

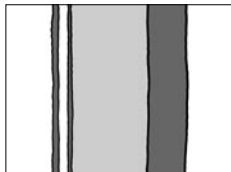
BR 95: Se opslag: BD-væg 60 bærende samt ¹⁾.

BR-S 98: Bærende ydervægge i bygninger med op til 2 etager.

U-værdier

Deklareret varmeledings- evne $\lambda_{\text{dekl.}}$ W/m K	Isoleringstykkelser							
	100 mm		150 mm		200 mm		250 mm	
	Isoleringstype							
	Måtte	Løsfyld	Måtte	Løsfyld	Måtte	Løsfyld	Måtte	Løsfyld
0,050	0,43	0,41	0,32	0,29	0,26	0,23	0,22	0,19
0,045	0,40	0,38	0,30	0,27	0,24	0,21	0,21	0,17
0,040	0,37	0,34	0,28	0,24	0,22	0,19	0,19	0,16
0,035	0,34	0,31	0,25	0,22	0,20	0,17	0,18	0,14

1) Ubrændbar ekspanderet perlit: BS-væg 60 bærende.



Tung bagvæg med regnskærm

Ydervægge med tung bagvæg og regnskærm kan udføres med anvendelse af papirisolering, træfiberisolering, hørisolering og hampisolering som alternative isoleringsmaterialer.

Bagvæggen kan være af murværk, beton, letklinker- eller porebeton. Isoleringen og beklædningen støttes af en skeletkonstruktion af enten træ eller stål, som bæres af bagvæggen.

Regnskærmen kan fx være brædder, fibercementplader eller andre pladematerialer.

Brandforhold

Med denne ydervægstype kan der opnås klassifikation som BD-væg 60 bærende.

Varmeisolering

I forhold til kravene kan denne ydervægstype betegnes enten som tung eller let, afhængig af bagvæggens densitet. Tunge ydervægge har et U-værdikrav på $0,30 \text{ W/m}^2 \text{ K}$; lette ydervægge har et U-værdikrav på $0,20 \text{ W/m}^2 \text{ K}$.

Fugtforhold

Disse konstruktioner kræver ikke en dampspærre eller dampbremse. Det kræver dog, at de indvendige samlinger og fuger er lufttætte. Findes der ingen egentlig dampspærre på konstruktionens varme side, skal der anvendes et meget diffusionsåbent materiale som vindafdekning. Diffusionsmodstanden (Z-værdien) bør være så lav som $1\text{-}2 \text{ GPa s m}^2/\text{kg}$.

Lydforhold

Med denne ydervægstype kan med hørisolering og bagvæg af beton forventes en luftlydisolation R'_w på 50-55 dB. Benyttes hørisolering og bagvæg af letklinkerbeton eller murværk kan der forventes en luftlydisolation på 45-50 dB, mens der med hørisolering og bagvæg af porebeton kan forventes 40-45 dB. Vurderingen er baseret på en isoleringstykkelse på 150 mm. Ved tykkere isoleringslag vil lydisolationen kunne forøges med op til 5 dB. Benyttes papir- eller træfiberisolering med en densitet på 65 kg/m^3 eller hampemåtter, må lydisolationen forventes at ligge i den lave ende af de angivne intervaller.

Udførelse

Papirisolering og træfiberisolering

Materialerne blæses ind i skeletkonstruktionen via åbninger ved topremmen eller gennem huller skåret i gipspladen, som efterfølgende reparerer således, at de brand- og fugttekniske krav er overholdt. Det skal under indblæsningen sikres, at luftlommer ikke opstår, fx ved vinduesbrystninger.

Hørisolering og hampeisolering

Materialerne fås i måtteform, som indbygges i konstruktionen. Tilskæring af måtter kræver anvendelse af specielle værktøjer, fx isoleringsknive, elektriske bajonetsave eller stationære tilskæringsanlæg. Værktøjerne kan ofte købes hos isoleringsproducenten/leverandøren.

Arbejds miljø

Der kan opstå støvproblemer ved anvendelse af papirisolering og træfiberisolering. Ved isolering med måtter af hørisolering og hampeisolering kan der ligeledes opstå støvproblemer. Åndedrætsværn (P2 støvfilter) skal anvendes, medmindre en konkret vurdering viser, at det ikke er nødvendigt.

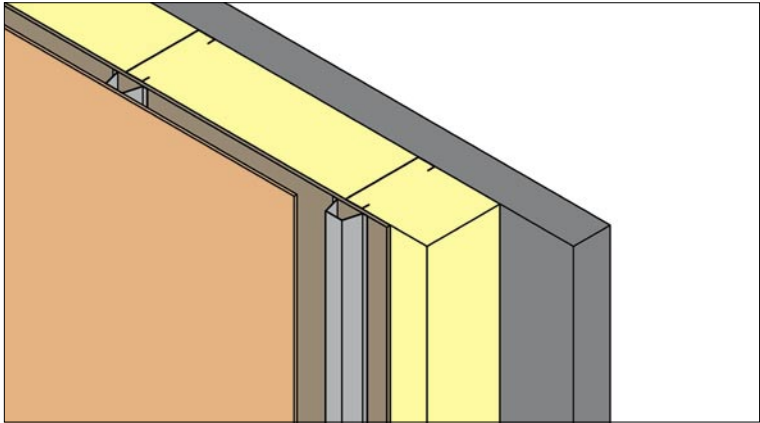
Konstruktive løsninger

På de følgende sider beskrives tre forskellige ydervægge med tung bagvæg og regnskærm:

Brandklasse	Bærende konstruktion	Regnskærm
BD-væg 60 bærende	Letklinkerbetonelement	Fibercement
BD-væg 60 bærende	Porebetonelement	Brædder
BD-væg 60 bærende	Betonelement	Skærmtegl

Fibercement
Isolering
Letklinkerbeton

BD-væg 60 bærende



Konstruktionsbeskrivelse

- 8 mm fibercementplade
- Ventileret hulrum med afstandsprofiler, galvaniseret stål
- 9 mm fugtimprægneret gipsplade
- Isolering mellem slidsede tyndepladeprofiler pr. 600 mm
- 100 mm letklinkerbetonelement, densitet 1200 kg/m³, i højde op til 2,6 m

Egnede isoleringsmaterialer

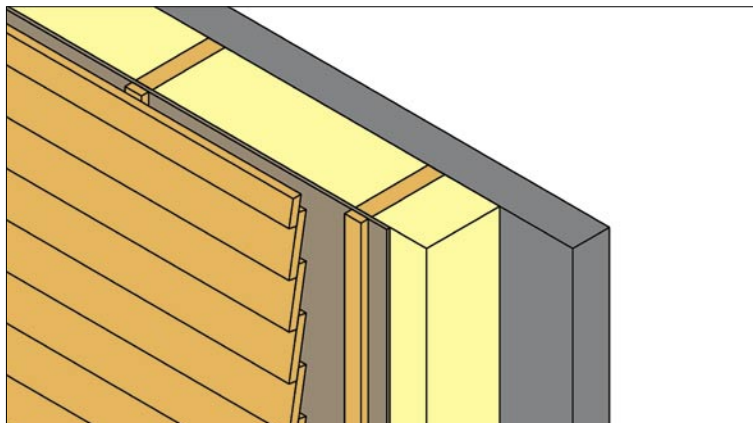
- Hørisolering: Måtte 30 kg/m³
- Hampeisolering: Måtte 25 kg/m³

Anvendelse

- BR 95: Se opslag: BD-væg 60 bærende.
- BR-S 98: Bærende ydervægge i bygninger med op til 2 etager.

U-værdier

Deklareret varmelednings- evne $\lambda_{dekl.}$ W/m K	Isoleringstykkelser							
	100 mm		150 mm		200 mm		250 mm	
	Isoleringstype							
	Måtte	Løsfyld	Måtte	Løsfyld	Måtte	Løsfyld	Måtte	Løsfyld
0,050	0,41	-	0,30	-	0,24	-	0,21	-
0,045	0,38	-	0,28	-	0,23	-	0,19	-
0,040	0,35	-	0,26	-	0,21	-	0,17	-
0,035	0,32	-	0,23	-	0,19	-	0,16	-



Brædder

Isolering

Porebetonelement

BD-væg 60 bærende

Konstruktionsbeskrivelse

21 mm brædder

Ventileret hulrum med afstandslister

9 mm fugtimprægneret gipsplade

Isolering mellem 45 mm brede stolper pr. 600 mm

100 mm porebetonelement, densitet 645 kg/m³, i højde op til 2,6 m

Egnede isoleringsmaterialer

Papirisolering: Løsfyld 65 kg/m³

Træfiberisolering: Løsfyld 65 kg/m³

Hørisolering: Måtte 30 kg/m³

Hampeisolering: Måtte 25 kg/m³

Anvendelse

BR 95: Kan ikke anvendes.

BR-S 98: Bærende ydervægge i bygninger med op til 2 etager.

U-værdier

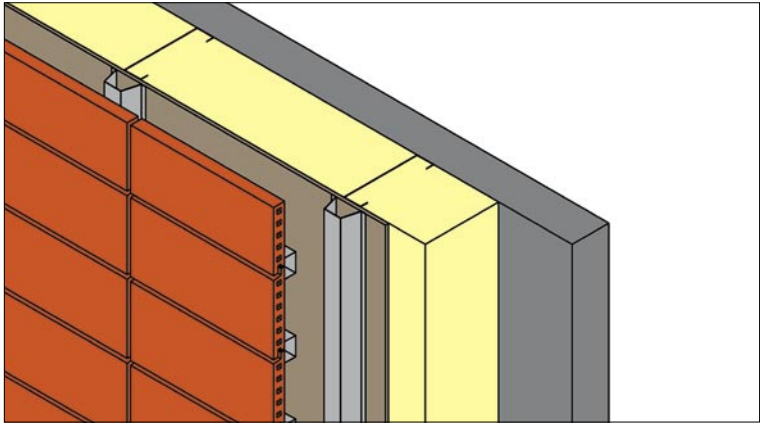
Deklareret varmelednings- evne $\lambda_{\text{dekl.}}$ W/m K	Isoleringstykkelse							
	100 mm		150 mm		200 mm		250 mm	
	Isoleringstype							
	Måtte	Løsfyld	Måtte	Løsfyld	Måtte	Løsfyld	Måtte	Løsfyld
0,050	0,38	0,37	0,29	0,28	0,23	0,22	0,19	0,19
0,045	0,36	0,35	0,27	0,26	0,22	0,21	0,18	0,17
0,040	0,33	0,33	0,25	0,24	0,20	0,19	0,17	0,16
0,035	0,31	0,30	0,23	0,22	0,19	0,18	0,16	0,15

Skærmtegl

Isolering

Beton

BD-væg 60 bærende



Konstruktionsbeskrivelse

Skærmtegl
Ventileret hulrum med afstandsprofiler, aluminium
9 mm fugtimprægneret gipsplade
Isolering mellem slidsede tyndepladeprofiler pr. 600 mm
100 mm betonelement, densitet 2000 kg/m³, i højde op til 2,6 m

Egnede isoleringsmaterialer

Hørisolering: Måtte 30 kg/m³
Hampeisolering: Måtte 25 kg/m³

Anvendelse

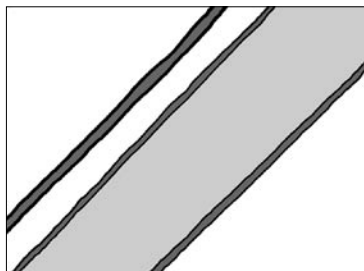
BR 95: Se opslag: BD-væg 60 bærende.
BR-S 98: Bærende ydervægge i bygninger med op til 2 etager.

U-værdier

Deklareret varmelednings- evne λ_{dekl} W/m K	Isoleringstykkelse							
	100 mm		150 mm		200 mm		250 mm	
	Isoleringstype							
	Måtte	Løsfyld	Måtte	Løsfyld	Måtte	Løsfyld	Måtte	Løsfyld
0,050	0,44	-	0,32	-	0,25	-	0,21	-
0,045	0,41	-	0,29	-	0,23	-	0,19	-
0,040	0,37	-	0,27	-	0,21	-	0,18	-
0,035	0,33	-	0,24	-	0,19	-	0,16	-

Tage

Ved anvendelse af alternative isoleringsmaterialer i tage er der to overordnede konstruktionstyper, som dækker de typiske tagtyper:



Paralleltag og udnyttet tagrum

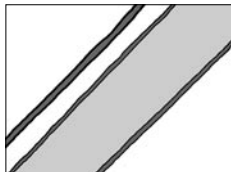


Tag med uudnytteligt tagrum

Fugtforhold

Da mange af de alternative isoleringsmaterialer er organiske, kan de opsuge vand og nedbrydes. Det anbefales, at alle tage, bortset fra tagdækninger udført i banevarer (fx tagpap), udføres med undertag. Undertaget skal opfange nedbør, som eventuelt passerer tagdækningen, og de kan være diffusionstætte eller diffusionsåbne. Der er vist eksempler på løsninger, hvor undertaget er en banevare, men løsninger med fast undertag anses for væsentligt mere robuste med hensyn til i det lange løb at forhindre skade som følge af vandindtrængning.

Loftkonstruktioner skal være både tilstrækkeligt diffusionstætte og tilstrækkeligt lufttætte. Almindeligvis hindres fugttransport ved at anbringe en robust dampspærre eller dampbremse på isoleringens varme side. Valget mellem dampspærre eller dampbremse skal vurderes i hvert enkelt tilfælde ud fra konstruktionsdelenes Z-værdi, det forventede udeklima, luftskiftet og fugtproduktionen i indeklimaet.



Paralleltage og udnyttet tagrum

Introduktion

Paralleltage, herunder flade tage, kan udføres med anvendelse af papirisolering, træfiberisolering, hørisolering og hampeisolering som alternative isoleringsmaterialer.

Disse tagtypers bærende konstruktion udføres almindeligvis i træ i form af hanebåndsspær, bjælkespær eller tagelementer. Tagdækningen kan fx være tagsten af tegl eller beton, bølgeplader af fiberce-ment eller tagpap.

Brandforhold

Med disse tagtyper skal den underliggende konstruktion udføres mindst som BD-bygningsdel 30. Andre anvendelser kræver MK-godkendelse. Se dog figur 5 i kapitlet *Brand* i del 2.

Varmeisolering

For disse tagtyper gælder et U-værdikrav på $0,20 \text{ W/m}^2 \text{ K}$.

Fugtforhold

Disse tagtyper kræver altid en dampspærre på konstruktionens varme side. Paralleltage bør udføres med et undertag, enten diffusions-tæt eller diffusionsåbent. Oversiden og undersiden af diffusionstætte undertage og oversiden af diffusionsåbne undertage skal ventileres, så fugt kan fjernes.

Lydforhold

Med denne tagtype kan forventes en luftlydisolation R'_w på 45- 50 dB. Benyttes hampemåtter som isolering må lydisolationen forventes at ligge i den lave ende af det angivne interval.

Udførelse

Papirisolering og træfiberisolering

Som løsfyld kan disse isoleringsmaterialer kun anvendes i konstruktioner med et plademateriale på oversiden af isoleringen. Materia-lerne blæses ind mellem spærene via åbninger ved kippen eller via huller skåret i den første gipsplade, som er monteret på den spredte forskalling. Hullerne repareres efterfølgende, således at konstruk-tionens brand- og fugtsikkerhed ikke reduceres. Herefter monteres

dampspærre og den anden gipsplade. Det skal ved indblæsningen sikres, at luftlommer ikke opstår, fx omkring ovenlysvinduer.

Hørisolering og hampeisolering

Materialerne fås i måtteform, som indbygges i konstruktionen. Tilskæring af måtter kræver anvendelse af specielle værktøjer, fx isoleringsknive, elektriske bajonetsave eller stationære tilskæringsanlæg. Værktøjerne kan ofte købes hos isoleringsproducenten/leverandøren. Dampbremsen skal fastgøres til undersiden af spærene.

Arbejds miljø

Der kan opstå støvproblemer ved anvendelse af papirisolering og træfibrisolering. Ved isolering med måtter af hørisolering og hampeisolering kan der ligeledes opstå støvproblemer. Åndedrætsværn (P2 støvfilter) skal anvendes, medmindre en konkret vurdering viser, at det ikke er nødvendigt.

Konstruktive løsninger

På de følgende sider beskrives fem forskellige løsninger for paralleltagte:

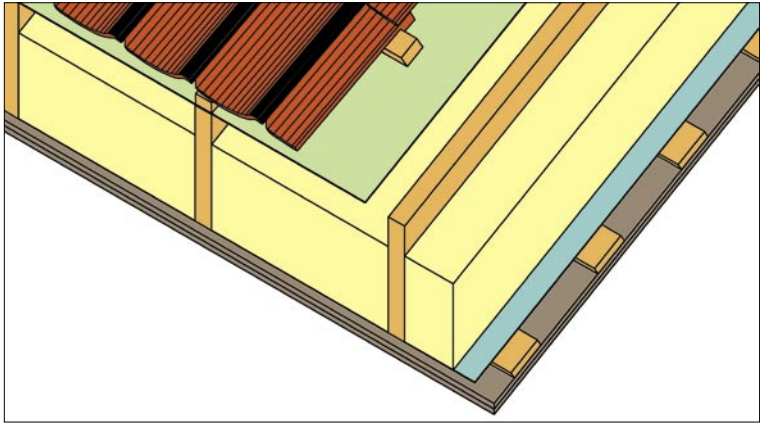
Underliggende konstruktion	Bærende konstruktion	Tagdækning
Udført mindst som BD-bygningsdel 30	Hanebåndsspær/ Bjælkespær	Tagsten
Udført mindst som BD-bygningsdel 30	Hanebåndsspær/ Bjælkespær	Fibercement bølgeplader
Udført mindst som BD-bygningsdel 30	Bjælkespær/ Tagelement	Tagsten
Udført mindst som BD-bygningsdel 30	Bjælkespær	Tagpap på underlag
BD-væg 30 ikke bærende	Skunkvæg	-

Tagsten

Isolering

Hanebåndsspær/
Bjælkespær

Isolering på underlig-
gende konstruktion
udført som
BD-bygningsdel 30



Konstruktionsbeskrivelse

- Tagsten på lægter
- Ventileret hulrum med afstandslister
- Diffusionstæt undertag af banevare
- 70 mm ventileret hulrum mellem isolering og undertag
- Isolering mellem 45 mm brede spær pr. 1000 mm
- Dampbremse
- 22 × 95 mm spredt forskalling pr. 300 mm
- 2 lag 13 mm gipsplade

Egnede isoleringsmaterialer

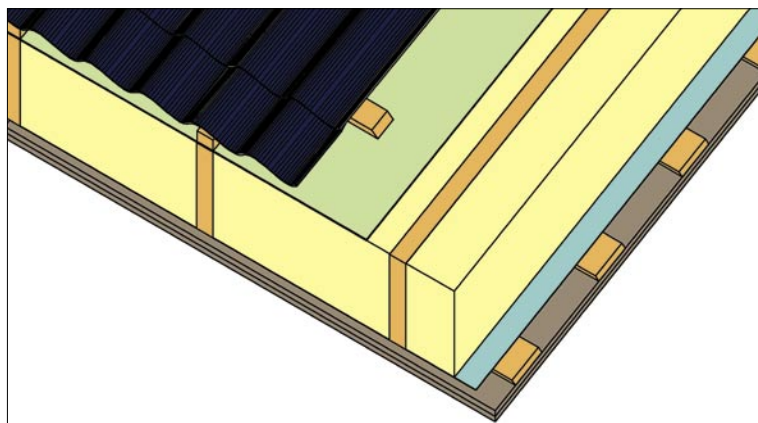
- Hørisolering: Måtte 30 kg/m³
- Hampeisolering: Måtte 25 kg/m³

Anvendelse

- BR 95: Tagkonstruktioner, idet den underliggende konstruktion er udført som mindst BD-bygningsdel 30.
- BR-S 98: Tagkonstruktioner, idet den underliggende konstruktion er udført som mindst BD-bygningsdel 30.

U-værdier

Deklareret varmelednings- evne $\lambda_{dekl.}$ W/m K	Isoleringstykkelser							
	150 mm		200 mm		250 mm		300 mm	
	Isoleringstype							
	Måtte	Løsfyld	Måtte	Løsfyld	Måtte	Løsfyld	Måtte	Løsfyld
0,050	0,30	-	0,24	-	0,20	-	0,17	-
0,045	0,28	-	0,22	-	0,18	-	0,16	-
0,040	0,26	-	0,20	-	0,17	-	0,15	-
0,035	0,24	-	0,19	-	0,15	-	0,13	-



**Fibercement
bølgeplader**

Isolering

**Hanebåndsspær/
Bjælkespær**

*Isolering på underlig-
gende konstruktion
udført som
BD-bygningsdel 30*

Konstruktionsbeskrivelse

Fibercement bølgeplader på lægter
Ventileret hulrum med afstandslister
Diffusionsåbent undertag af banevare
Isolering mellem 45 mm brede spær pr. 1000 mm
Dampspærre
22 × 95 mm spredt forskalling pr. 300 mm
2 lag 13 mm gipsplade

Egnede isoleringsmaterialer

Hørisolering: Måtte 30 kg/m³
Hampeisolering: Måtte 25 kg/m³

Anvendelse

BR 95: Tagkonstruktioner, idet den underliggende konstruktion er udført som mindst BD-bygningsdel 30.

BR-S 98: Tagkonstruktioner, idet den underliggende konstruktion er udført som mindst BD-bygningsdel 30.

U-værdier

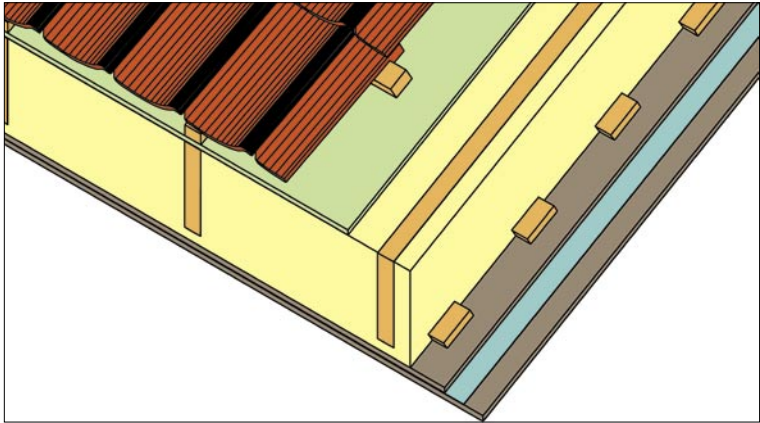
Deklareret varmelednings- evne $\lambda_{\text{dekl.}}$ W/m K	Isoleringstykkelser							
	150 mm		200 mm		250 mm		300 mm	
	Isoleringstype							
	Måtte	Løsfyld	Måtte	Løsfyld	Måtte	Løsfyld	Måtte	Løsfyld
0,050	0,31	-	0,25	-	0,20	-	0,17	-
0,045	0,29	-	0,23	-	0,19	-	0,16	-
0,040	0,27	-	0,21	-	0,17	-	0,15	-
0,035	0,24	-	0,19	-	0,16	-	0,13	-

Tagsten

Isolering

Bjælkespær/
tagelement

Isolering på underlig-
gende konstruktion
udført som
BD-bygningsdel 30



Konstruktionsbeskrivelse

- Tagsten på lægter
- Ventileret hulrum med afstandslister
- Diffusionsåbent undertag i pladeform
- Isolering mellem 45 mm brede spær pr. 600 mm
- Isolering mellem 22 × 95 mm spredt forskalling pr. 300 mm
- 13 mm gipsplade
- Dampspærre
- 13 mm gipsplade

Egnede isoleringsmaterialer

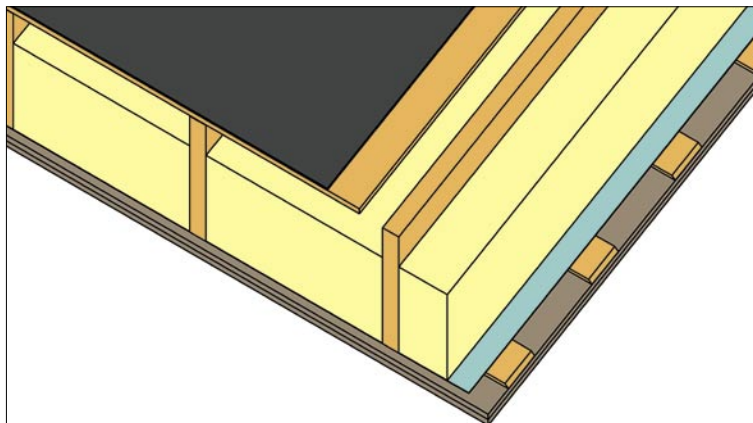
- Papirisolering: Løsfyld 50 kg/m³
- Træfiberisolering: Løsfyld 50 kg/m³

Anvendelse

- BR 95: Tagkonstruktioner, idet den underliggende konstruktion er udført som mindst BD-bygningsdel 30.
- BR-S 98: Tagkonstruktioner, idet den underliggende konstruktion er udført som mindst BD-bygningsdel 30.

U-værdier

Deklareret varmelednings- evne $\lambda_{dekl.}$ W/m K	Samlet isoleringstykkelser							
	150 mm		200 mm		250 mm		300 mm	
	Isoleringstype							
	Mätte	Løsfyld	Mätte	Løsfyld	Mätte	Løsfyld	Mätte	Løsfyld
0,050	-	0,34	-	0,26	-	0,21	-	0,18
0,045	-	0,32	-	0,24	-	0,20	-	0,16
0,040	-	0,29	-	0,22	-	0,18	-	0,15
0,035	-	0,27	-	0,20	-	0,16	-	0,14



Tagpap **Isolering** **Bjælkespær**

Isolering på underliggende konstruktion udført som BD-bygningsdel 30

Konstruktionsbeskrivelse

Tagpap på underlag (klasse T tagdækning)
 70 mm ventileret hulrum mellem isolering og underlag
 Isolering mellem 45 mm brede spær pr. 600 mm
 Dampbremse
 22 × 95 mm spredt forskalling pr. 300 mm
 2 lag 13 mm gipsplade

Egnede isoleringsmaterialer

Hørisolering: Måtte 30 kg/m³
 Hampeisolering: Måtte 25 kg/m³

Anvendelse

BR 95: Tagkonstruktioner, idet den underliggende konstruktion er udført som mindst BD-bygningsdel 30.
 BR-S 98: Tagkonstruktioner, idet den underliggende konstruktion er udført som mindst BD-bygningsdel 30.

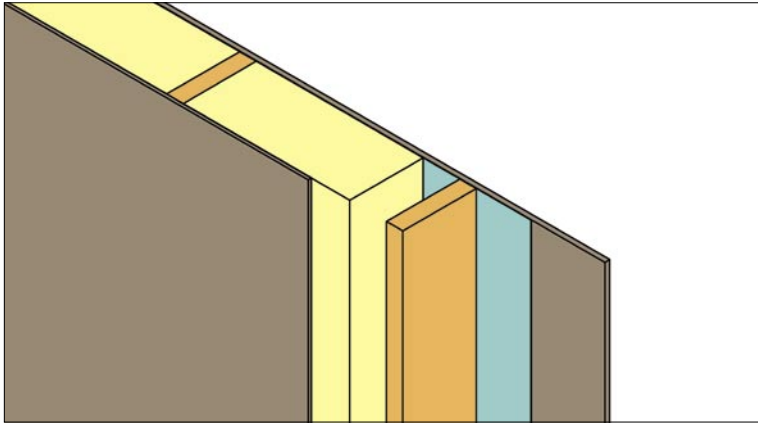
U-værdier

Deklareret varmelednings- evne $\lambda_{\text{dekl.}}$ W/m K	Isoleringstykkelse							
	150 mm		200 mm		250 mm		300 mm	
	Isoleringstype							
	Måtte	Løsfyld	Måtte	Løsfyld	Måtte	Løsfyld	Måtte	Løsfyld
0,050	0,34	-	0,26	-	0,22	-	0,19	-
0,045	0,32	-	0,25	-	0,20	-	0,17	-
0,040	0,29	-	0,23	-	0,19	-	0,16	-
0,035	0,27	-	0,21	-	0,17	-	0,15	-

Skunkvæg med isolering

BD-bygningsdel 30
ikke-bærende

Kræver
MK-godkendelse



Konstruktionsbeskrivelse

9 mm fugtimprægneret gipsplade
Isolering mellem 45 mm brede stolper pr. 600 mm
Dampspærre/dampbremse
13 mm gipsplade

Egnede isoleringsmaterialer

Papirisolering:	Løsfyld	65 kg/m³
Træfiberisolering:	Løsfyld	65 kg/m³
Hørisolering:	Måtte	30 kg/m³
Hampeisolering:	Måtte	25 kg/m³

Anvendelse

BR 95: Tagkonstruktioner; der kræves MK-godkendelse.
BR-S 98: Tagkonstruktioner; der kræves MK-godkendelse.

U-værdier

Deklareret varmelednings- evne $\lambda_{dekl.}$ W/m K	Isoleringstykkelser							
	150 mm		200 mm		250 mm		300 mm	
	Isoleringstype							
	Måtte	Løsfyld	Måtte	Løsfyld	Måtte	Løsfyld	Måtte	Løsfyld
0,050	0,32	0,31	0,25	0,24	0,21	0,20	0,18	0,17
0,045	0,30	0,29	0,23	0,22	0,19	0,18	0,17	0,16
0,040	0,28	0,27	0,22	0,21	0,18	0,17	0,15	0,14
0,035	0,25	0,24	0,20	0,19	0,17	0,15	0,14	0,13

Tag med uudnytteligt tagrum



Introduktion

Tage med uudnytteligt tagrum kan udføres med anvendelse af papirisolering, træfiberisolering, hørisolering, hampeisolering og ekspanderet perlit som alternative isoleringsmaterialer.

Denne tagtypes bærende konstruktion udføres almindeligvis af træ i form af hanebåndsspær eller gitterspær. Tagdækningen kan fx være tagsten eller fibercementbølgeplader.

Brandforhold

Med disse tagtyper skal den underliggende konstruktion udføres mindst som BD-bygningsdel 30. Andre anvendelser kræver MK-godkendelse. Se dog figur 5 i kapitlet *Brand* i del 2.

Varmeisolering

For denne tagtype gælder et U-værdikrav på $0,15 \text{ W/m}^2 \text{ K}$.

Fugtforhold

Denne tagtype kræver altid en dampspærre på konstruktionens varmeside. Alle tage med uudnytteligt tagrum skal udføres med et diffusionstæt undertag. Loftrummet skal udformes, så fugt kan fjernes ved ventilation.

Lydforhold

Med denne tagtype kan forventes en luftlydisolation R'' på 45-50 dB. Der er tale om den samlede lydisolation af tag og loft.

Udførelse

Papirisolering og træfiberisolering

Disse isoleringsmaterialer udblæses på loftet fra loftrummet. Isoleringen skal udblæses med en overhøjde på 25 % pga. sætning. Udblæsningsteknikken skal sikre, at luftlommer ikke opstår, fx omkring spær fod og gitterstænger. Dampbremsen skal fastgøres til undersiden af den spredte forskalling for at undgå beskadigelse pga. isoleringens egenvægt.

Hørisolering og hampeisolering

Materialerne fås i pladeform, som indbygges i konstruktionen. Tilskæring af måtter kræver anvendelse af specielle værktøjer, fx isole-

ringsknive, elektriske bajonetsave eller stationære tilskæringsanlæg. Værktøjerne kan ofte købes hos isoleringsproducenten/leverandøren. Dampbremsen kan fastgøres til undersiden af gitterspær fod.

Ekspanderet perlit

Perlit hældes på loftet fra loftsrummet. Der skal sikres en optimal pakning af perliten for at undgå sætning. Det skal sikres, at konstruktionen er tæt, så perliten ikke kan løbe ud gennem huller mv. Dampbremsen skal fastgøres til undersiden af den spredte forskalling for at undgå beskadigelse pga. isoleringens egenvægt.

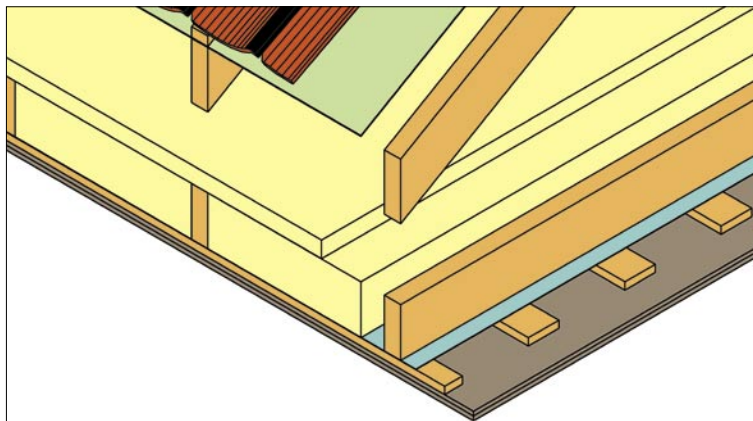
Arbejds miljø

Der kan opstå støvproblemer ved anvendelse af papirisolering, træfiberisolering og ekspanderet perlit samt måtter af hørisolering og hampeisolering. Åndedrætsværn (P2 støvfilter) skal anvendes, medmindre en konkret vurdering viser, at det ikke er nødvendigt.

Konstruktive løsninger

Følgende løsninger beskrives for tag med uudnytteligt tagrum:

Underliggende konstruktion udført mindst som	Konstruktion	Tagdækning
BD-bygningsdel 30	Loft med gitterspær	Tagsten
BD-bygningsdel 30	Loft med gitterspær	Fibercement bølgeplader
BD-bygningsdel 30	Loft med gitterspær	Stråtag



Tagsten

Isolering

**Loft med
gitterspær**

Isolering på underliggende konstruktion udført som BD-bygningsdel 30

Konstruktionsbeskrivelse

Tagsten på lægter

Ventileret hulrum med afstandslister

Diffusionstæt undertag af banevare på gitterspær

Ventileret loftrum

Isolering mellem 45 × 150 mm gitterspær pr. 1000 mm

Dampbremse

22 × 95 mm spredt forskalling pr. 300 mm

2 lag 13 mm gipsplade

Egnede isoleringsmaterialer

Hørisolering: Måtte 30 kg/m³

Hampeisolering: Måtte 25 kg/m³

Anvendelse

BR 95: Tagkonstruktioner, idet den underliggende konstruktion er udført som mindst BD-bygningsdel 30.

BR-S 98: Tagkonstruktioner, idet den underliggende konstruktion er udført som mindst BD-bygningsdel 30.

U-værdier

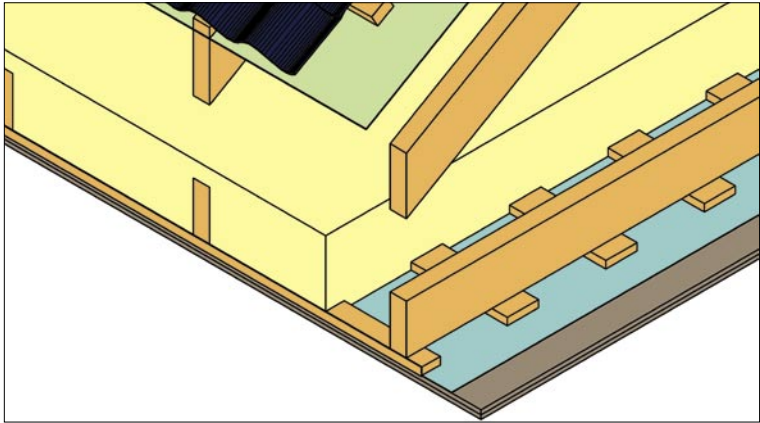
Deklareret varmelednings- evne $\lambda_{\text{dekl.}}$ W/m K	Isoleringstykkelser							
	150 mm		200 mm		250 mm		300 mm	
	Isoleringstype							
	Måtte	Løsfyld	Måtte	Løsfyld	Måtte	Løsfyld	Måtte	Løsfyld
0,050	0,29	-	0,23	-	0,19	-	0,16	-
0,045	0,27	-	0,21	-	0,18	-	0,15	-
0,040	0,25	-	0,20	-	0,16	-	0,14	-
0,035	0,23	-	0,18	-	0,14	-	0,12	-

Fibercement
bølgeplader

Isolering

Loft med
gitterspær

Isolering på underlig-
gende konstruktion
udført som
BD-bygningsdel 30



Konstruktionsbeskrivelse

- Fibercement bølgeplader på lægter
- Ventileret hulrum med afstandslister
- Diffusionstæt undertag af banevare på gitterspær
- Ventileret loftrum
- Isolering mellem 45 × 150 mm gitterspær pr. 1000 mm
- Isolering mellem 22 × 95 mm spredt forskalling pr. 300 mm
- Dampbremse
- 2 lag 13 mm gipsplade

Egnede isoleringsmaterialer

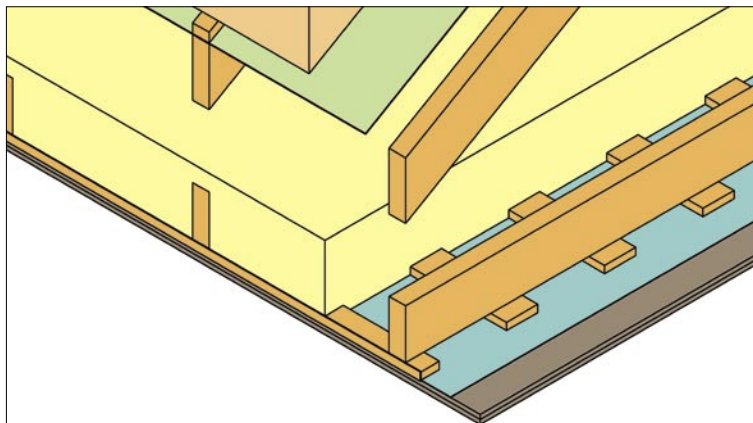
Papirisolering:	Løsfyld	40 kg/m³
Træfiberisolering:	Løsfyld	40 kg/m³
Ekspanderet perlit:	Løsfyld	85 kg/m³

Anvendelse

- BR 95: Tagkonstruktioner, idet den underliggende konstruktion er udført som mindst BD-bygningsdel 30.
- BR-S 98: Tagkonstruktioner, idet den underliggende konstruktion er udført som mindst BD-bygningsdel 30.

U-værdier

Deklareret varmelednings- evne $\lambda_{dekl.}$ W/m K	Samlet isoleringstykkelser							
	150 mm		200 mm		250 mm		300 mm	
	Isoleringstype							
	Måtte	Løsfyld	Måtte	Løsfyld	Måtte	Løsfyld	Måtte	Løsfyld
0,050	-	0,31	-	0,24	-	0,19	-	0,16
0,045	-	0,29	-	0,22	-	0,18	-	0,15
0,040	-	0,27	-	0,20	-	0,16	-	0,13
0,035	-	0,24	-	0,18	-	0,14	-	0,12



Stråtag

Isolering

**Loft med
gitterspær**

Isolering på underliggende konstruktion udført som BD-bygningsdel 30

Konstruktionsbeskrivelse

Stråtag på lægter

Ventileret hulrum med afstandslister

Diffusionstæt undertag af banevare på gitterspær

Ventileret loftrum

Isolering mellem 45 × 150 mm gitterspær pr. 1000 mm

Isolering mellem 22 × 95 mm spredt forskalling pr. 300 mm

Dampbremse og 2 lag 13 mm gipsplade

Egnede isoleringsmaterialer

Papirisolering: Løsfyld 40 kg/m³

Træfiberisolering: Løsfyld 40 kg/m³

Ekspanderet perlit: Løsfyld 85 kg/m³

Anvendelse

BR 95: Kan ikke anvendes.

BR-S 98: Tagkonstruktioner over beboelsesrum i enfamilie- og sommerhuse, idet den underliggende konstruktion er udført som mindst BD-bygningsdel 30.

U-værdier

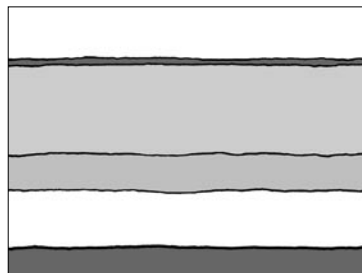
Deklareret varmelednings- evne $\lambda_{\text{dekl.}}$ W/m K	Samlet isoleringstykkelser							
	150 mm		200 mm		250 mm		300 mm	
	Isoleringstype							
	Måtte	Løsfyld	Måtte	Løsfyld	Måtte	Løsfyld	Måtte	Løsfyld
0,050	-	0,31	-	0,24	-	0,19	-	0,16
0,045	-	0,29	-	0,22	-	0,18	-	0,15
0,040	-	0,27	-	0,20	-	0,16	-	0,13
0,035	-	0,24	-	0,18	-	0,14	-	0,12

Dæk

Dette kapitel omhandler anvendelse af alternative isoleringsmaterialer i terrændæk og krybekælderdek:



Terrændæk



Krybekælderdek

Terrændæk og krybekælderdek kan udføres med anvendelse af papirisolering, træfiberisolering, hørisolering, hampeisolering og ekspanderet perlit som alternative isoleringsmaterialer.

Terrændæk udføres almindeligvis af beton, mens krybekælderdek også kan udføres som træbjælkelag.

Varmeisolering

I BR 95 og BR-S 98 er der et U-værdikrav på $0,20 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ for både terrændæk og krybekælderdek. Ved anvendelse af gulvvarme er kravet $0,15 \text{ W/m}^2 \text{ K}$.

Fugt- og radonforhold

Terrændæk skal være fugtisolerede og tillige lufttætte for at sikre mod opstrømning af radonholdig luft. Et kapillarbrydende lag med en tykkelse på mindst 150 mm bruges til at forhindre, at jordfugt bliver suget op i gulvkonstruktionen. Ved fugtfølsomme gulvbelægninger, som fx trægulv, skal der normalt anbringes en fugtspærre oven på betonpladen. Ved trægulve kan en mindre del af isoleringen anbringes oven på betonpladen. Indtrængen af radon undgås ved, at terrændækkets betonplade gøres så tæt som muligt, især langs fundamentet (Munch-Andersen & Brandt, 2002).

Krybekælderdek er ikke i direkte kontakt med jordfugt. Fugt og radon, der trænger ind i kryberummet, fjernes ved ventilation med udeluft. For krybekælderdek med bjælkelag skal ca. $1/3$ af isole-

ringen anbringes under bjælkerne for at undgå opfugtning af disse. Krybekælderdekke skal gøres vindtæt fx ved at anbringe en dampbremse direkte under gulvbrædderne, og det skal ligeledes være tæt over for radon.

Udførelse

Papirisolering og træfiberisolering

Materialerne blæses ind i krybekælderdekkes bjælkelag før gulvbrædderne lægges. Det skal sikres, at luftlommer ikke opstår, fx omkring rørføringer.

Hørisolering og hampeisolering

Materialerne fås i måtteform, som indbygges i krybekælderdekkes bjælkelag. Tilskæring af måtter kræver anvendelse af specielle værktøjer, fx isoleringsknive, elektriske bajonetsave eller tilskæringsanlæg, som kan købes hos isoleringsproducenten/leverandøren.

Ekspanderet perlit

Terrændæk: Perlit hældes mellem strøerne over betonlaget og fugtspærren. Krybekælderdek: Perlit hældes ind i krybekælderdekkes bjælkelag før gulvbrædderne lægges. Det skal i begge tilfælde sikres, at konstruktionen er tæt, og at isoleringsmaterialet pakkes optimalt for at undgå sætning.

Arbejds miljø

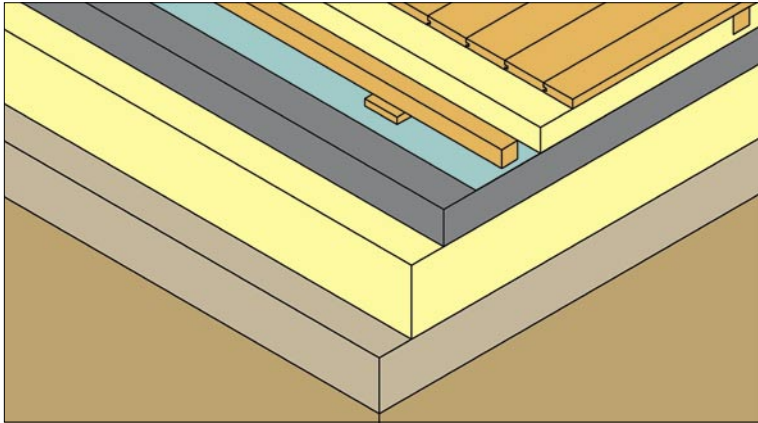
Der kan opstå støvproblemer ved anvendelse af papirisolering, træfiberisolering og ekspanderet perlit. Ved isolering med måtter af hørisolering og hampeisolering kan der ligeledes opstå støvproblemer. Åndedrætsværn (P2 støvfilter) skal anvendes, medmindre en konkret vurdering viser, at det ikke er nødvendigt.

Konstruktive løsninger

Løsning	Bærende konstruktion	Gulvbelægning
Terrændæk	Beton	Trægulv på strøer
Krybekælderdek	Træbjælker	Trægulv

Terrændæk

Trægulv på
strøer/isolering



Konstruktionsbeskrivelse

- Trægulv
- Isolering mellem 45 mm brede opklodsede strøer
- Fugtspærre
- 100 mm beton med armering
- 150 mm EPS isolering, $\lambda_{\text{deklareret}} = 0,040 \text{ W/m K}$
- Minimum 75 mm kapillarbrydende lag
- Jordlag

Egnede isoleringsmaterialer over beton

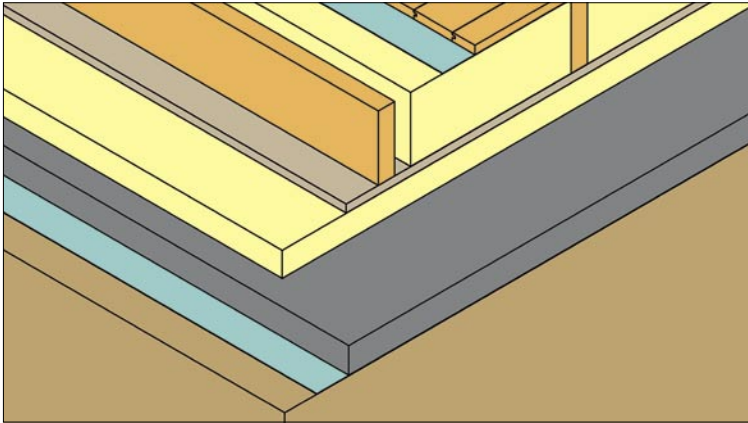
Papirisolering:	Løsfyld	50 kg/m³
Træfiberisolering:	Løsfyld	50 kg/m³
Hørisolering:	Måtte	30 kg/m³
Hampeisolering:	Måtte	25 kg/m³
Ekspanderet perlit:	Løsfyld	85 kg/m³

Anvendelse

- BR 95: Terrændæk.
- BR-S 98: Terrændæk.

U-værdier

Deklareret varmelednings- evne $\lambda_{\text{dekl.}}$ W/m K	Isoleringstykkelse over beton					
	25 mm		50 mm		75 mm	
	Isoleringstype					
	Måtte	Løsfyld	Måtte	Løsfyld	Måtte	Løsfyld
0,050	0,20	0,20	0,18	0,18	0,17	0,17
0,045	0,20	0,20	0,18	0,18	0,17	0,16
0,040	0,19	0,19	0,18	0,18	0,16	0,16
0,035	0,19	0,19	0,17	0,17	0,16	0,16



Konstruktionsbeskrivelse

Trægulv

Dampbremse

Isolering mellem 45 mm brede bjælker pr. 600 mm

25 mm træbetonplade opsat under bjælkelag

75 mm EPS isolering, $\lambda_{\text{deklareret}} = 0,040 \text{ W/m K}$

Ventileret kryberum

80 mm beton på fugtspærre på jordlag

Egnede isoleringsmaterialer i bjælkelag

Papirisolering: Løsfyld 50 kg/m³

Træfiberisolering: Løsfyld 50 kg/m³

Hørisolering: Måtte 30 kg/m³

Hampeisolering: Måtte 25 kg/m³

Ekspanderet perlit: Løsfyld 85 kg/m³

Anvendelse

BR 95: Krybekælderdek.

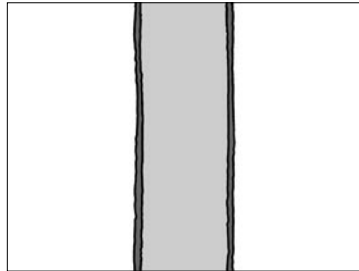
BR-S 98: Krybekælderdek.

U-værdier

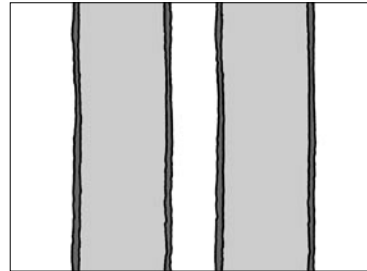
Deklareret varmelednings- evne $\lambda_{\text{dekl.}}$ W/m K	Isoleringstykkelser i bjælkelag							
	100 mm		150 mm		200 mm		250 mm	
	Isoleringstype							
	Måtte	Løsfyld	Måtte	Løsfyld	Måtte	Løsfyld	Måtte	Løsfyld
0,050	0,25	0,24	0,21	0,20	0,18	0,17	0,16	0,15
0,045	0,24	0,23	0,20	0,19	0,17	0,16	0,15	0,14
0,040	0,23	0,22	0,19	0,18	0,16	0,15	0,14	0,13
0,035	0,22	0,21	0,18	0,17	0,15	0,14	0,13	0,12

Indervægge

Dette kapitel omhandler anvendelse af alternative isoleringsmaterialer i indervægge:



Indervæg med enkelt stolpeskelet



Indervæg med dobbelt stolpeskelet

Indervægge kan udføres som træskeletkonstruktion med anvendelse af papirisolering, træfiberisolering, hørisolering og hampeisolering som alternative isoleringsmaterialer.

Brandforhold

Ingen af de alternative isoleringsmaterialer beskrevet i dette kapitel er klasse A materialer i henhold til BR-S 98 kap. 4.3.8, og de har ikke en brændværdi, som er mindre end 3,0 MJ/kg i henhold til BR 95 kap. 6.7.5, stk. 2. Derfor må alternative isoleringsmaterialer kun anvendes i indervægge, såfremt bygningsdelen har en MK-godkendelse.

Lydforhold

Med indervægge med enkelt stolpeskelet og hørmåtter som isolering kan forventes en luftlydisolation R'_w på ca. 35 dB og ca. 40 dB med henholdsvis ét og to lag gipsplader på hver side. Med dobbelt stolpeskelet og hørmåtter som isolering kan i begge udførelser forventes en luftlydisolation R'_w på 48-52 dB. Benyttes papir- eller træfiberisolering med en densitet på 65 kg/m³ eller hampemåtter, kan forventes ca. 2 dB lavere lydisolation for vægge med enkelt stolpeskelet og ca. 4 dB for vægge med dobbelt stolpeskelet.

Væggene med enkelt stolpeskelet kan kun benyttes internt i boliger, medens væggene med dobbelt stolpeskelet i begge de viste udførelser kan benyttes mellem undervisningsrum. Anvendelse af væg-

ge med dobbelt stolpeskelet mellem lejligheder i etageboligbyggeri kræver to lag gipsplade på hver side, 50-100 mm hulrum mellem de to væghalvdele og optimal udførelse.

Udførelse og arbejdsmiljø

Papirisolering og træfiberisolering

Materialerne blæses ind i skeletkonstruktionen via huller skåret i gipspladen. Det skal sikres, at luftlommer ikke opstår. Hullerne skal repareres, så konstruktionens brand- og fugtsikkerhed ikke bliver reduceret.

Hørisolering og hampeisolering

Materialerne fås i måtteform, som indbygges i konstruktionen. Tilskæring af måtter kræver anvendelse af specielle værktøjer, fx isoleringsknive, elektriske bajonetsave eller stationære tilskæringsanlæg. Værktøjerne kan ofte købes hos isoleringsproducenten/leverandøren.

Arbejdsmiljø

Der kan opstå støvproblemer ved anvendelse af papirisolering og træfiberisolering. Ved isolering med måtter af hørisolering og hampeisolering kan der ligeledes opstå støvproblemer. Åndedrætsværn (P2 støvfilter) skal anvendes, med mindre en konkret vurdering viser, at det ikke er nødvendigt.

Konstruktive løsninger

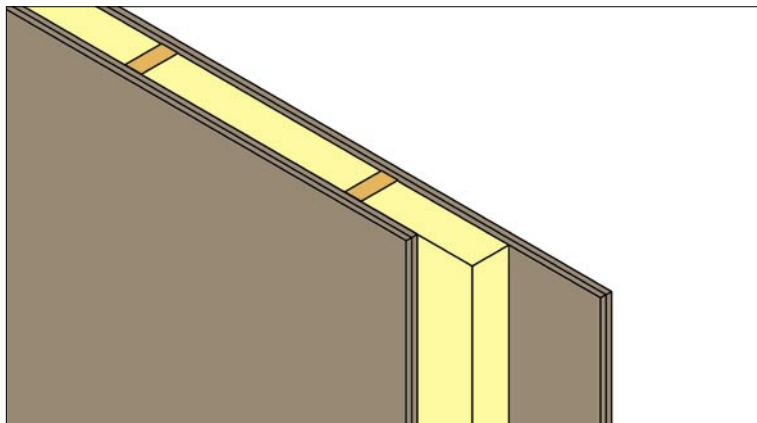
På de følgende sider beskrives to forskellige løsninger for indervæge:

Løsning	Bærende konstruktion	Beklædning
Indervæg med enkelt stolpeskelet	Træskelet	Gipsplade
Indervæg med dobbelt stolpeskelet	Træskelet	Gipsplade

Indervæg med enkelt stolpeskelet

BD-væg 60 bærende
BD-væg 30 bærende
Ikke-bærende

Kræver
MK-godkendelse



BD-væg 60 bærende: Konstruktionsbeskrivelse

2 lag 15 mm brandgipsplade
Isolering mellem 45 × 95 mm stolper pr. 600 mm
2 lag 15 mm brandgipsplade

BD-væg 30 bærende: Konstruktionsbeskrivelse

2 lag 13 mm gipsplade
Isolering mellem 45 × 95 mm stolper pr. 600 mm
2 lag 13 mm gipsplade

Ikke-bærende: Konstruktionsbeskrivelse

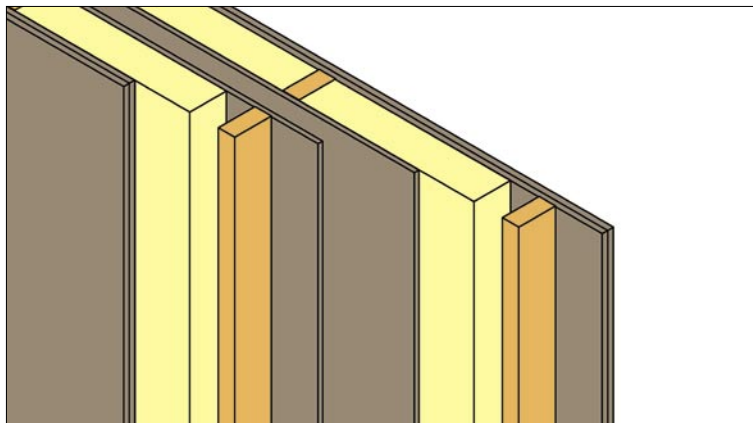
13 mm gipsplade
Isolering mellem 45 × 70 mm stolper pr. 600 mm
13 mm gipsplade

Egnede isoleringsmaterialer

Papirisolering:	Løsfyld	65 kg/m ³
Træfiberisolering:	Løsfyld	65 kg/m ³
Hørisolering:	Måtte	30 kg/m ³
Hampeisolering:	Måtte	25 kg/m ³

Anvendelse

BR 95: Indervægge; der kræves MK-godkendelse
BR-S 98: Indervægge; der kræves MK-godkendelse.



Indervæg med dobbelt stolpeskelet

BD-væg 60 bærende
BD-væg 60 ikke-bærende

Kræver MK-godkendelse

BD-væg 60 bærende: Konstruktionsbeskrivelse

2 lag 15 mm brandgipsplade
Isolering mellem 45 × 95 mm stolper pr. 600 mm
13 mm gipsplade
Hulrum
13 mm gipsplade
Isolering mellem 45 × 95 mm stolper pr. 600 mm
2 lag 15 mm brandgipsplade

BD-væg 60 ikke-bærende: Konstruktionsbeskrivelse

13 mm gipsplade
Isolering mellem 45 × 95 mm stolper pr. 600 mm
13 mm gipsplade
Hulrum
13 mm gipsplade
Isolering mellem 45 × 95 mm stolper pr. 600 mm
13 mm gipsplade

Egnede isoleringsmaterialer

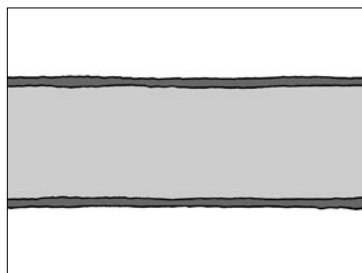
Papirisolering:	Løsfyld	65 kg/m ³
Træfiberisolering:	Løsfyld	65 kg/m ³
Hørisolering:	Måtte	30 kg/m ³
Hampeisolering:	Måtte	25 kg/m ³

Anvendelse

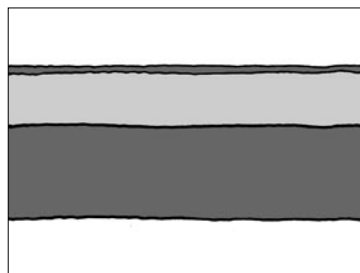
BR 95: Indervægge; der kræves MK-godkendelse.
BR-S 98: Indervægge; der kræves MK-godkendelse.

Etageadskillelser

Dette kapitel omhandler anvendelse af alternative isoleringsmaterialer i etageadskillelser:



Etageadskillelse i træ



Etageadskillelse i beton

Etageadskillelser kan udføres med anvendelse af papirisolering, træfibrisolering, hørisolering, hampeisolering og ekspanderet perlit som alternative isoleringsmaterialer. Den bærende konstruktion udføres typisk som træbjælkelag eller betondæk.

Brandforhold

Bortset fra ekspanderet perlit, er ingen af de alternative isoleringsmaterialer beskrevet i dette kapitel mindst klasse A materialer i henhold til BR-S 98 kap. 4.3.8 og de har ikke en brændværdi, som er mindre end 3,0 MJ/kg i henhold til BR 95 kap. 6.7.5, stk. 2. Disse alternative isoleringsmaterialer må derfor kun benyttes, såfremt etageadskillelsen har en MK-godkendelse. Der kræves dog ikke MK-godkendelse, såfremt de alternative isoleringsmaterialer anvendes oven på en BS-etageadskillelse 60.

Lydforhold

Med den viste træetageadskillelse kan forventes en luftlydisolation R'_w på 40-45 dB og et trinlydniveau $L'_{n,w}$ på 75-80 dB. Ved benyttelse af hampemåtter kan forventes ca. 2 dB dårligere lydisolation end ved anvendelse af de øvrige isoleringsmaterialer. Denne etageadskillelse opfylder ikke bygningsreglementernes krav og kan kun anvendes mellem rum internt i boligen.

En etageadskillelse af 150 mm betondæk eller 180 mm letbetondæk kan med trægulv og isolering mellem strøerne forventes at opfylde Bygningsreglementets krav til luftlydisolation og trinlydniveau

lodret mellem boliger, hhv. R'_w på mindst 53 dB og $L'_{n,w}$ på højst 58 dB. Konstruktionerne vil også kunne opfylde kravene gældende for undervisningsrum.

Udførelse og arbejdsmiljø

Papirisolering og træfiberisolering

Materialerne blæses ind mellem bjælkerne eller strøerne, før gulvbrædderne lægges. Ved indblæsningen skal det sikres, at luftlommer ikke opstår.

Hørisolering og hampeisolering

Materialerne fås i måtteform, som indbygges i konstruktionen. Tilskæring af måtter kræver anvendelse af specielle værktøjer, fx isoleringsknive, elektriske bajonetsave eller tilskæringsanlæg. Værktøjerne kan ofte købes hos isoleringsproducenten/leverandøren.

Ekspanderet perlit

Perlit hældes mellem bjælkerne eller strøerne før gulvbrædderne lægges. Konstruktionen skal være tæt, så perliten ikke løber ud gennem huller. Der skal sikres en optimal pakning af perliten for at undgå sætning.

Arbejdsmiljø

Der kan opstå støvproblemer ved anvendelse af papirisolering, træfiberisolering og ekspanderet perlit. Ved isolering med måtter af hørisolering og hampeisolering kan der ligeledes opstå støvproblemer. Åndedrætsværn (P2 støvfilter) skal anvendes, medmindre en konkret vurdering viser, at det ikke er nødvendigt.

Konstruktive løsninger

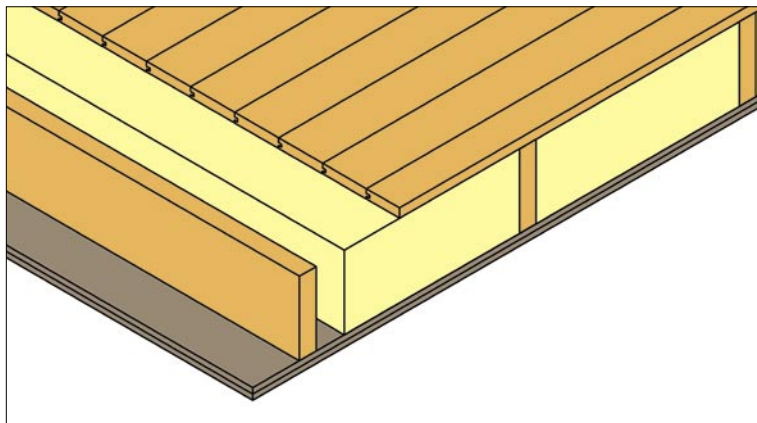
På følgende sider gives eksempler på disse etageadskillelser:

Løsning	Bærende konstruktion	Gulvbelægning
Etageadskillelse i træ	Træbjælker	Trægulv
Etageadskillelse i beton	Betondæk	Trægulv

Etageadskillelse i træ

BD-etageadskillelse 60
BD-etageadskillelse 30

Kræver
MK-godkendelse



BD-etageadskillelse 60: Konstruktionsbeskrivelse

Trægulv

Isolering mellem 45 mm bjælker pr. 600 mm

2 lag 15 mm brandgipsplade

BD-etageadskillelse 30: Konstruktionsbeskrivelse

Trægulv

Isolering mellem 45 mm bjælker pr. 600 mm

2 lag 13 mm gipsplade

Egnede isoleringsmaterialer

Papirisolering:	Løsfyld	50 kg/m ³
Træfiberisolering:	Løsfyld	50 kg/m ³
Hørisolering:	Måtte	30 kg/m ³
Hampeisolering:	Måtte	25 kg/m ³
Ekspanderet perlit:	Løsfyld	80 kg/m ³

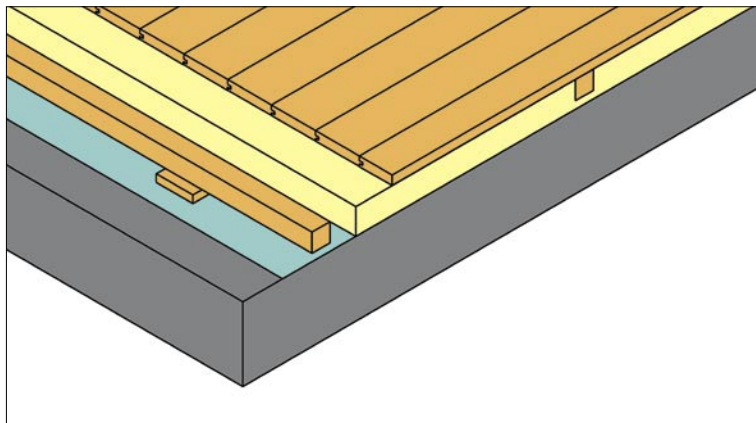
Anvendelse

BR 95: BD-etageadskillelse 60; der kræves MK-godkendelse.

BR-S 98: BD-etageadskillelse 60; der kræves MK-godkendelse.

BD-etageadskillelse 30; der kræves MK-godkendelse.

Ved anvendelse af ubrændbar ekspanderet perlit kræves ikke MK-godkendelse.



Etageadskillelse i beton

*Isolering på
BS-etageadskillelse 60*

Konstruktionsbeskrivelse

Trægulv på opklodsede strøer

Isolering

Fugtspærre

Beton- eller letbetondæk (skal være BS-etageadskillelse 60)

Egnede isoleringsmaterialer

Papirisolering: Løsfyld 50 kg/m³

Træfiberisolering: Løsfyld 50 kg/m³

Hørisolering: Måtte 30 kg/m³

Hampeisolering: Måtte 25 kg/m³

Ekspanderet perlit: Løsfyld 80 kg/m³

Anvendelse

BR 95: Etageadskillelse.

BR-S 98: Etageadskillelse.

Forudsætninger for de anviste løsninger

Lovgivning

Der er taget udgangspunkt i den gældende lovgivning på området:

- Bygningsreglement 1995 (Boligministeriet, 1995)
- Tillæg 1 til Bygningsreglement 1995 (By- og Boligministeriet, 1999)
- Tillæg 2 til Bygningsreglement 1995 (By- og Boligministeriet, 2001b)
- Tillæg 3 til Bygningsreglement 1995 (By- og Boligministeriet, 2001d)
- Tillæg 4 til Bygningsreglement 1995 (Økonomi- og Erhvervsministeriet, Erhvervs- og Boligstyrelsen, 2002b)
- Bygningsreglement for småhuse 1998 (Bolig- og Byministeriet, 1998)
- Tillæg 1 til Bygningsreglement for småhuse 1998 (By- og Boligministeriet, 2001a)
- Tillæg 2 til Bygningsreglement for småhuse 1998 (By- og Boligministeriet, 2001c)
- Tillæg 3 til Bygningsreglement for småhuse 1998 (Økonomi- og Erhvervsministeriet, Erhvervs- og Boligstyrelsen, 2002a)

Konstruktive forudsætninger

Valget af de konstruktive løsninger tager udgangspunkt i relevante resultater fra Energistyrelsens udviklingsprogram for miljø- og arbejdsmiljøvenlig isolering, især i løsningerne præsenteret i rapporten *Bygningsdele med celluloseuld og hørud* (Danø, Tofte & Ditlev, 2000). Generelle konstruktive forhold er baseret på SBI-anvisning 189: *Småhuse* (Statens Byggeforskningsinstitut, 1999), inkl. tillæg 1 (Munch-Andersen, Aggerholm, Brandt, Buhelt & Valdbjørn Rasmussen, 2002).

Det er forudsat, at alle bygningsdele er beregnet og udført i overensstemmelse med konstruktionsnormerne.

Det er ligeledes forudsat, at de valgte isoleringsmaterialer er imprægneret mod råd og skimmelsvamp på en sådan måde, at de kan indgå som beskrevet i de viste konstruktive løsninger uden yderligere forholdsregler. Ved anvendelse af de konstruktive løsninger skal det

for den aktuelle bygningsdel sikres, at imprægneringsmidler i isoleringsmaterialet ikke medfører korrosion eller anden beskadigelse af de i bygningsdelen indgående materialer.

Dimensioner på og eventuel imprægnering af afstandslister til etablering af en ventilationsspalte på bagsiden af regnskærm og mellem tagdækning og undertag skal være som anvist af leverandøren af den aktuelle regnskærm.

I eksemplerne angives anbefalede densiteter ved løs udblæsning på loft eller typiske densiteter for isoleringsmaterialer på måtteform. For løsfyldsprodukter indblæst i hulrum svarer densiteterne dog til de krav, der stilles i DS 418, 6. udgave (Dansk Standard, 2002), da der på nuværende tidspunkt (sommer 2003) ikke findes relevante produktstandarder for disse materialer.

Gipsprodukter

I en række bygningsdele anvendes gipsprodukter, nærmere bestemt:

- 9 mm fugtimprægneret gipsplade, dvs. en gipskartonplade med en tykkelse på 9,5 mm med en kerne af glasfiberarmeret gips, som på hver af de to flader har en overfladebelægning af karton med en fladevægt på højst 300 g/m², og som ved vandpåvirkning absorberer en mindre mængde vand end en tilsvarende ikke fugtimprægneret gipsplade.
- 13 mm gipsplade, dvs. en gipskartonplade med en tykkelse på 12,5 mm med en kerne af glasfiberarmeret gips, som på hver af de to flader har en overfladebelægning af karton med en fladevægt på højst 300 g/m².
- 15 mm brandgipsplade, dvs. en gipskartonplade med en tykkelse på 15,0 mm med en kerne af glasfiberarmeret gips, som på hver af de to flader har en overfladebelægning af karton med en fladevægt på højst 300 g/m², og som ikke falder ned inden for 60 minutter, når den prøves som angivet i DS/INSTA 411 (Dansk Standardiseringsråd, 1986).

Montage af gipsplader

For at opfylde kravene til klasse 1 beklædning forudsættes, at 9 mm fugtimprægnerede gipsplader, 13 mm gipsplader og 15 mm brandgipsplader med bagvedliggende isoleringsmaterialer monteres således, at:

- Alle samlinger mellem pladerne understøttes af og skrues til umiddelbart bagvedliggende træ (stolper, spær, bjælker, lægter, brædder mv.).
- Ingen understøtningsafstande for pladerne overstiger 600 mm.
- Pladerne skrues til det bagvedliggende træ med skrueafstande, som højst må være 200 mm langs pladekanter og 300 mm langs mellemunderstøtninger.

- Der strimles eller tapes og spartles over pladesamlinger og skruehoveder samt ved kanterne.

Hvor der i de konstruktive løsninger langs en overflade er vist to lag gipsplade, er det forudsat, at pladerne er monteret med samlingerne forskudt 150 mm i forhold til hinanden, og at pladelaget nærmest isoleringen er monteret som ovenfor angivet.

Montage af bræddebeklædninger

Tykkelsen af træbaserede beklædninger er fastlagt ud fra gældende bestemmelser. Bræddebeklædninger skal have en tykkelse på mindst 21 mm, og ved profilering på mindst 15 mm for højest 20 pct. af beklædningens plane areal. For at opfylde kravene til en klasse 2 beklædning skal bræddebeklædninger udføres således, at:

- Ingen understøtningsafstande for bræddebeklædninger overstiger 600 mm.
- Hvert bræt sømmes eller skrues til det bagvedliggende træ.
- Udvendige klinkbeklædninger og én på to beklædninger monteres med mindst 25 mm overlæg.

Brandtekniske forudsætninger

Eksemplerne er for størstedelens vedkommende udformet i overensstemmelse med de brandtekniske krav i BR 95 og BR-S 98. I de tilfælde, hvor der kræves MK-godkendelse, er eksemplerne udformet sådan, at en MK-godkendelse må forventes at kunne opnås. Godkendelseskravene fremgår af *Konstruktioner, der indeholder isoleringsmaterialer, som ikke er ubrændbare* (ETA-Danmark, 2002).

Varmetekniske forudsætninger

Alle U-værdier er beregnet i henhold til DS 418, 6. udgave (Dansk Standard, 2002). For alle eksemplerne er isoleringens design varmeledningsevne lig med den deklarerede varmeledningsevne.

Bygningsdelens U-værdi tillægges en korrektion afhængig af isoleringstype og konstruktionstype:

- Der tillægges ingen korrektion (niveau 0 korrektion), når det må antages, at der ikke er forøget varmetab pga. luftspalter på tværs af hele isoleringslaget. Dette gælder hvis isoleringen er udført i to eller flere ubrudte lag med forskudte samlinger, eller isoleringen er udført med løsfyld, og hulrummet er helt udfyldt.
- Der tillægges en niveau 1 korrektion, når det kan antages, at der er mulighed for luftspalter på tværs af hele isoleringslaget, men

ikke for luftcirkulation på den varme side af isoleringen. Dette gælder, hvis isoleringen udføres med plader eller måtter i kun et lag uden overfalsede samlinger, eller der er regelmæssige gennem-brydninger af isoleringen fra kold til varm side, fx i form af bjælker eller spær.

- Der tillægges en niveau 2 korrektion, når det kan antages, at der er mulighed for luftspalter på tværs af hele isoleringslaget og for luftcirkulation på den varme side af isoleringen. Dette gælder fx ved isolering af hulmur af murværk med ufyldte eller overfyldte fuger på den varme side hvis isoleringen udføres med plader eller måtter i kun et lag uden overfalsede samlinger.

Det er forudsat, at bindere i hulumre er af rustfrit stål med en diameter på 4 mm, og at der anvendes 8 bindere pr. m².

De angivne isoleringstykkelser er tykkelse efter eventuel materialsætning. Dvs., at de aktuelle retningslinier for anvendelse af den specifikke bygningsdel forudsættes overholdt for opnåelse af den angivne U-værdi.

Fugttekniske forudsætninger

Det er forudsat, at anvendelsesområdet fugtteknisk ikke er over rumklimaklasse 2 (rumluftens dugpunkt er under 11 °C, dvs. under 10 g vand pr. m³), der typisk dækker boliger og lignende anvendelser.

Lydtekniske forudsætninger

Lydisolationen for de konstruktive løsninger er angivet som den luftlydisolation eller det trinlydniveau, der med god sikkerhed kan forventes opfyldt i et typisk byggeri. Det forudsættes, at alle bygningsdele, samlingsdetaljer, tætninger, flankerende konstruktioner, installationer mv. er projekteret og udført lydteknisk korrekt. Det skal derfor tilrådes, at byggeprojekter baseret på de viste eller lignende konstruktioner, gennemgås af en akustisk sagkyndig.

Litteraturliste

Aggerholm, S., et al. (1995). *Bygningers energibehov: Varmeisolering. Konstruktionseksempler. Ventilation. Belysning* (SBI-anvisning 184). Hørsholm: Statens Byggeforskningsinstitut.

Andersen, N. E., Christensen, G., & Nielsen, F. (1993). *Bygningers fugtisolering* (SBI-anvisning 178). Hørsholm: Statens Byggeforskningsinstitut.

Andersen, T., Fynholm, P., Hjorslev Hansen, M., & Nicolajsen, A. (2002). *Fugtsikre træfacader: Fugtindhold i højisolerede træfacader* (By og Byg Dokumentation 025). Hørsholm: Statens Byggeforskningsinstitut.

Arbejdsgruppen for alternative isoleringsmaterialer. (1996). *Alternativ isolering*. København: Forbundet Træ-Industri-Byg i Danmark.

Bundesanstalt für Materialforschung und –prüfung, BAM. (1997). *Prüfung der Widerstandsfähigkeit vor „HERAFLAX“ gegenüber Schimmelpilzbefall* (Prüfbericht Nr. IV.1/6907). Berlin.

Barfod, T., Mannov, I., & Paarup, M. (2003). *Brug af alternativ isolering i forbindelse med renovering af ældre etageejendomme: Foreløbig delrapport om arbejdsmiljøforhold*. BST Danmark. København: Byfornyelse København.

Bekendtgørelse nr. 439 af 3. juni 2002: Bekendtgørelse om listen over farlige stoffer (2002). København: Miljøministeriet. Lokaliseret 20030320 på: <http://147.29.40.91/DELFIN/HTML/B2002/0043905.htm>

Berthelsen, S., Brandt, E., & Bunch-Nielsen, T. (1997a). *Dampspærre i loft og ydervægge: Fugttransport og materialer* (BYG-ERFA erfaringsblad (39) 97 07 03). Hørsholm: BYG-ERFA.

Berthelsen, S., Brandt, E., & Bunch-Nielsen, T. (1997b). *Dampspærre i loft og ydervægge: Udførelse og detaljer* (BYG-ERFA erfaringsblad (39) 97 07 04). Hørsholm: BYG-ERFA.

Bolig- og Byministeriet. (1998). *Bygningsreglement for småhuse 1998*. København.

Boligministeriet. (1995). *Bygningsreglement 1995*. København.

Breum, N. O., et al. (2002). *Luftforureninger ved anvendelse af alternative isoleringsmaterialer* (AMI rapport 57). Arbejdsmiljøinstituttet, & By og Byg, Statens Byggeforskningsinstitut. København: Arbejdsmiljøinstituttet.

Brøsted Petersen, D. (1999). *Lydkrav for lette konstruktioner*. København: By- og Boligministeriet.

By- og Boligministeriet. (1999). *Tillæg 1 til Bygningsreglement 1995*. København.

By- og Boligministeriet. (2001a). *Tillæg 1 til Bygningsreglement for småhuse 1998*. København.

By- og Boligministeriet. (2001b). *Tillæg 2 til Bygningsreglement 1995*. København.

By- og Boligministeriet. (2001c). *Tillæg 2 til Bygningsreglement for småhuse 1998*. København.

By- og Boligministeriet. (2001d). *Tillæg 3 til Bygningsreglement 1995*. København.

Christensen, F., & Danø, E. (2000). *Brandmodstandsbidrag for alternative isoleringsmaterialer*. Hvidovre: Dansk Brandteknisk Institut.

Christensen, F., & Danø, E. (2001). *Brandmodstandsbidrag for alternative isoleringsmaterialer med fastholdelsessystem*. Hvidovre: Dansk Brand- og sikringsteknisk Institut.

Dahl, T., & Wedebrunn, O. (2000). *Modernismens bygninger: Anvendt teknologi*. København: Skov- og Naturstyrelsen.

Dansk Brand- og sikringsteknisk Institut. (2001a). *Prøvningsrapport*. (Sag nr. PG10809, Løbe nr. 8053). Hvidovre.

Dansk Brand- og sikringsteknisk Institut. (2001b). *Prøvningsrapport*. (Sag nr. PG10810, Løbe nr. 8064). Hvidovre.

Dansk Standard. (1993). *Brandteknisk klassifikation: Byggematerialer. Ubrændbarhed* (DS 1057-1:1993). Charlottenlund.

Dansk Standard. (1995). *Akustik: Lydisolationsmålinger i bygninger og af bygningselementer. Del 3: Måling af bygningselementers luftlydisolation i laboratorium* (DS/EN ISO 140-3:1995). Charlottenlund.

Dansk Standard. (1997a). *Akustik: Vurdering af lydisolation i bygninger og af bygningsdele. Del 1: Luftlydisolation* (DS/EN ISO 717-1:1997). Charlottenlund.

Dansk Standard. (1997b). *Akustik: Vurdering af lydisolation i bygninger og af bygningsdele. Del 2: Trinlydniveau* (DS/EN ISO 717-2:1997). Charlottenlund.

Dansk Standard. (1999a). *Akustik: Lydisolationsmålinger i bygninger og af bygningselementer. Del 4: Måling af luftlydisolation mellem rum i bygninger* (DS/EN ISO 140-4:1998). Charlottenlund.

Dansk Standard. (1999b). *Akustik: Lydisolationsmålinger i bygninger og af bygningselementer. Del 6: Måling af trinlydniveau i laboratorium* (DS/EN ISO 140-6:1998). Charlottenlund.

Dansk Standard. (1999c). *Akustik: Lydisolationsmålinger i bygninger og af bygningselementer. Del 7: Måling af trinlydniveau i bygninger* (DS/EN ISO 140-7:1998). Charlottenlund.

Dansk Standard. (2000a). *Bygningsakustik: Beregning af bygningers akustiske egenskaber ud fra bygningselementers egenskaber. Del 1: Luftlydisolation mellem rum* (DS/EN 12354-1:2000). Charlottenlund.

Dansk Standard. (2000b). *Bygningsakustik: Beregning af bygningers akustiske egenskaber ud fra bygningselementers egenskaber. Del 2: Trinlydisolation mellem rum* (DS/EN 12354-2:2000). Charlottenlund.

Dansk Standard. (2000c). *Bygningsakustik: Beregning af bygningers akustiske egenskaber ud fra bygningselementers egenskaber. Del 3: Luftlydisolation mod udefra kommende støj* (DS/EN 12354-3:2000). Charlottenlund.

Dansk Standard. (2001a). *Byggekomponenter og -elementers hygrotermiske ydeevne: Indvendig overfladetemperatur for at undgå kritisk overflade- og mellemrumskondens. Beregningsmetode* (DS/EN ISO 13788:2001). Charlottenlund.

Dansk Standard. (2001b). *Byggematerialer og -produkter: Fremgangsmåder til bestemmelse af deklarerede værdier og designværdier for λ* (DS/EN ISO 10456:2000). Charlottenlund.

Dansk Standard. (2001c). *Bygningsakustik: Beregning af bygningers akustiske egenskaber ud fra bygningselementers egenskaber. Del 4: Transmission af indendørs lyd ud af bygningen* (DS/EN12354-4: 2001). Charlottenlund.

Dansk Standard. (2001d). *Lydklassifikation af boliger* (DS 490:2001). Charlottenlund.

Dansk Standard. (2002). *Beregning af bygningers varmetab* (6. udg.) (DS 418:2002). Charlottenlund.

Dansk Standardiseringsråd. (1980). *Brandprøvning: Modstandsevne mod brand. Glaspartier* (DS 1051.3:1980). Hellerup.

Dansk Standardiseringsråd. (1985). *Brandteknisk klassifikation: Bygningsdele eksklusive døre. Modstandsevne mod brand* (DS 1052.1: 1985). Hellerup.

Dansk Standardiseringsråd. (1986). *Brandprøvning: Beklædninger. Brandbeskyttelsesevne* (DS/INSTA 411:1986). Hellerup.

Dansk Standardiseringsråd. (1989). *Brandteknisk klassifikation: Tagdækninger. Klasse T-tagdækninger* (DS 1063.1:1989). Hellerup.

Dansk Standardiseringsråd. (1990a). *Brandteknisk klassifikation: Byggematerialer. Klasse A og klasse B materialer* (DS 1065-1:1990). Hellerup.

Dansk Standardiseringsråd. (1990b). *Brandteknisk klassifikation: Beklædninger. Klasse 1 og klasse 2 beklædninger* (DS 1065-2:1990). Hellerup.

Danø, E., Tofte, S., & Ditlev, J. (2000). *Bygningsdele med celluloseuld og hørud: Eksempler*. Hvidovre: Dansk Brandteknisk Institut, & Bygge- og Miljøteknik ApS.

de Place Hansen, E. J., & Kielsgaard Hansen, K. (1999a). *Sorptionsisotermer: Del af Varme- og fugttekniske undersøgelser af alternative isoleringsmaterialer* (Series R No 58). Lyngby: Danmarks Tekniske Universitet, Institut for Bærende Konstruktioner og Materialer.

de Place Hansen, E. J., & Kielsgaard Hansen, K. (1999b). *Vanddamppermeabilitet (kopforsøg): Del af Varme- og fugttekniske undersøgelser af alternative isoleringsmaterialer* (Series R No 59). Lyngby: Danmarks Tekniske Universitet, Institut for Bærende Konstruktioner og Materialer.

Deutsches Institut für Bautechnik. (2001). *Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung Z-23.11-1341: Wärmedämmstoff aus Hanf- und Polyestern „Thermo-Hanf 045“*. Berlin.

Deutsches Institut für Normung, DIN. (1998). *Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen. Teil 1: Baustoffe; Begriffe, Anforderungen und Prüfungen* (DIN 4102-1). Berlin.

Egholm, K., Hansen, H., Pedersen, C., Vissing Pedersen, L., & Rungø, H. (2000). *Konsekvenser for murværkskonstruktioner ved anvendelse af miljø- og arbejdsmiljørigtige isoleringsmaterialer*. Hasselager: Teknologisk Institut, Murværk.

Engberg Pallesen, B. (1996). The quality of combine-harvested fibre flax for industrial purposes depends on the degree of retting. *Industrial Crops & Products*, 5(1), 65-78.

Engberg Pallesen, B. (1999). *Formstykker baseret på hør- og hampefibre: Slutrapport*. Århus: Landbrugets Rådgivningscenter, Landskontoret for Planteavl.

Engberg Pallesen, B. (2001). *Fixering af formstykker baseret på hør- og hampefibre: Slutrapport* (2. rev. udg.). Århus: Landbrugets Rådgivningscenter, Landskontoret for Planteavl.

ETA. (1999). *Europæisk teknisk godkendelse for Heraflax-SP-040, Heraflax-SAP og Heraflax-SF-040* (ETA-98/0009). Hørsholm.

ETA-Danmark. (2002). *Konstruktioner, der indeholder isoleringsmaterialer, som ikke er ubrændbare* (3. udg.) (MK 6.00/018, januar 2002). Hørsholm.

Gram, J. E., Christensen, G., Ditlev, J., & Dollerup, H. (red.). (2001). *Alternativ isolering: En håndbog med byggetekniske eksempler og detaljer*. København: Energistyrelsen.

Grau, K., & Aggerholm, S. (1999). *Bygningers varmebehov 98*. PC-program til beregning af varmebehov og energiramme, version 1.0. Hørsholm: Statens Byggeforskningsinstitut.

Hedenblad, G. (1996). *Materialdata för fukttransportberäkningar* (Rapport T19:1996). Stockholm: Byggeforskningsrådet.

Hjorslev Hansen, M., & Skibstrup Eriksen, S. (2000). *Brug af alternativ isolering i Finland og Sverige* (SBI-meddelelse 127). Hørsholm: Statens Byggeforskningsinstitut.

Holbæk Byggemateriale Compagni, HBC. (2002). *Heraflax – bygningsisolering af hør. Diverse fotos* (Heraflax-mappe nr. 4, april 2002). Holbæk.

Holleris Petersen, E. (2002). BEAT 2002: *Building environmental assessment tool* (Pc-program). Hørsholm: Statens Byggeforskningsinstitut.

Holleris Petersen, E., & Dinesen, J. (2002). *Miljødata for bygningsdele med alternative isoleringsmaterialer* (2. udg.) (By og Byg Dokumentation 019). Hørsholm: Statens Byggeforskningsinstitut.

Jørgensen, O., & Schneider, T. (1999). *Undersøgelse af mobilt støv i afstøvet papiruld*. København: Arbejds miljøinstituttet. Lokaliseret 20030804 på:
www.by-og-byg.dk/forskning/alternativ_isolering/resumeer/afstoevning.htm

Keller, L., Kruse, J., & Nielsen, J. (2001). *Halmbyggeressourcer 2001*. Hurup: Nordvestjysk Folkecenter for Vedvarende Energi.

Kielsgaard Hansen, K. (1994). *Måling af letklinkers sorptionsisoterm* (Teknisk rapport 322/94). Lyngby: Danmarks Tekniske Højskole, Laboratoriet for Bygningsmaterialer.

Kielsgaard Hansen, K., & de Place Hansen, E. J. (1999). *Kapillarsugning: Del af Varme- og fugttekniske undersøgelser af alternative isoleringsmaterialer* (Series R No 60). Lyngby: Danmarks Tekniske Universitet, Institut for Bærende Konstruktioner og Materialer.

Kristiansen, F., & Rode, C. (1999). *Varmedledningsevne ved forskellige fugtforhold: Del af Varme- og fugttekniske undersøgelser af alternative isoleringsmaterialer* (Sagsrapport SR-0004). Lyngby: Danmarks Tekniske Universitet, Institut for Bygninger og Energi.

Krogh, H., Rasmussen, J. O., & Nielsen, P. A. (2001). *Miljøvurdering af isoleringsmetoder: Miljødata for isoleringsprodukter og miljøprofiler for lette ydervægge* (By og Byg Dokumentation 012). Hørsholm: Statens Byggeforskningsinstitut.

Lund Nielsen, B., & Pedersen, M. (1999). *Alternativ isolering i Tyskland*. Århus: Teknologisk Institut, Byggekomponenter.

Marsh, R., Lauring, M., & Holleris Petersen, E. (2000). *Arkitektur og miljø: Form konstruktion materialer - og miljøpåvirkning*. Aarhus: Arkitekt skolens Forlag.

Messerschmidt, B., Hellensberg, C., & Danø, E. (1999). *Alternative isoleringsmaterialer: Sammenlignende prøvninger efter NT FIRE 035 Flamning og glødebrand. 2. del af projektet Sammenligning af isoleringsmaterialers brandtekniske egenskaber*. Hvidovre: Dansk Brand- og sikringsteknisk Institut.

Messerschmidt, B., Nisted, T., Beckerlee, J., & Danø, E. (1998). *Alternative isoleringsmaterialer: Sammenlignende prøvninger efter ISO 5660 Cone Calorimeteret. 1. del af projektet Sammenligning af isoleringsmaterialers brandtekniske egenskaber*. Hvidovre: Dansk Brand- og sikringsteknisk Institut.

Miljøstyrelsen. (2000a). *Effektlisten 2000* (Orientering fra Miljøstyrelsen nr. 6, 2000). København.

Miljøstyrelsen. (2000b). *Listen over uønskede stoffer* (Orientering fra Miljøstyrelsen nr. 9, 2000). København.

Miljøstyrelsen. (2002). *Listen over farlige stoffer*. København. Lokaliseret 20030320 på: www.mst.dk/kemi/02010100.htm

Munch-Andersen, J., Aggerholm, S., Brandt, E., Buhelt, M., & Valdbjørn Rasmussen, T. (2002). *Tillæg 1 til SBI-anvisning 189, 2. udgave: Småhuse*. Hørsholm: Statens Byggeforskningsinstitut.

Munch-Andersen, J., & Brandt, E. (2002). *Radon – forebyggelse og afhjælpning* (BYG-ERFA erfaringsblad (99) 02 09 27). Ballerup: BYG-ERFA.

Munch-Andersen, J., & Møller Andersen, B. (in press). *Halmhuse – udformning og materialeegenskaber*. Hørsholm: Statens Byggeforskningsinstitut.

Møller, K. (2001). *Vurdering af organisk og mikrobielt støv som helbredsrisici ved halmhusbyggeri*. København: Arbejdsmiljøinstituttet.

Nicolajsen, A. (2001). *Papirisolering: Varmeisoleringsevne målt med varmestrømsmåler* (By og Byg Dokumentation 009). Hørsholm: Statens Byggeforskningsinstitut.

Olsson, L. (2001). Cellulosaisoleringens fuktegenskaper. *Bygg och teknik*, (2), 23-24.

Pauner, M. A. (2002). *Alternative isoleringsmaterialer i Single Burning Item test og Small Flame test. Fase 2*. Hvidovre: Dansk Brand- og sikringsteknik Institut.

Pedersen, D. B. (2003). *Bygningsakustiske egenskaber for bygningsdele med alternative isoleringsmaterialer*. Lyngby: DELTA.

Rasmussen, B., & Rindel, J. H. (1995). *Lydforhold i kontor-, daginstitutions- og skolebyggeri: Problemstillinger og handlingsmuligheder*. København: Boligministeriet, Bygge- og Boligstyrelsen.

Rudbeck, C., & Rode, C. (2001). *Procedure for determining the design value of the thermal conductivity of thermal insulation materials* (Sagsrapport SR-01-02). Lyngby: Danmarks Tekniske Universitet, BYG • DTU.

Salonvaara, M., & Kokko, E. (1992). (Forskningsrapport nr. LVI 21037/92). Espoo: VTT Technical Research Centre of Finland.

Schneider, T. (1999). *Forekomst af bor i indeklimaet: Et pilotstudie*. København: Arbejdsmiljøinstituttet.

SITAC. (2002a). *Thermocell träfiberisolering lösfallnadsisolering i slutna konstruktioner i klass 39* (Typgodkännandebevis 0595/01). Karlskrona: Swedish Institute for Technical Approval in Construction, SITAC.

SITAC. (2002b). *Thermocell träfiberisolering lösfallnadsisolering i inspekterbara bjälklag i klass 39* (Typgodkännandebevis 0596/01). Karlskrona: Swedish Institute for Technical Approval in Construction, SITAC.

Spiegel, H. (1935). Isoleringsmaterialer. In *Håndbog for bygningsindustrien*: HFB. [gengivet som faksimile i (Dahl & Wedebrunn, 2000)]. København: Nyt Nordisk Forlag.

Statens Byggeforskningsinstitut. (1999). *Småhuse: Isolering. Fugt. Lyd. Brand. Ventilation. Styrke* (2. udg.) (SBI-anvisning 189). Hørsholm.

Stokbæk, K. (2001). *Organiske isoleringsmaterialer, brandmodstandsbidrag*. Vallensbæk Strand: KS-Byggeteknisk Service. Lokaliseret 20030804 på: www.by-og-byg.dk/forskning/alternativ_isolering/resumeer/99-21.htm.

Strømdahl, K. (2000). *Water sorption in wood and plant fibres*. (Series R No 78) Ph.D. thesis. Lyngby: Technical University of Denmark, Department of Structural Engineering and Materials.

Svennerstedt, B. (1986). *Sättning hos lösfillnadsisolering* (Meddelande M85:31). Gävle: Statens institut för byggnadsforskning.

Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut. (2002a). *Vibrationsprovning av element med lösfillnadsisolering för lutande konstruktion*. (Provningsrapport P106121). Borås.

Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut. (2002b). *Provning av mögelresistens* (Provningsrapport P200064). Borås.

Teknologisk Institut. (2001a). *Prøvningsrapport: Måling af U-værdi – halmvæg med stråretning vinkelret på væggen* (Rapport nr. 55650-34). Taastrup.

Teknologisk Institut. (2001b). *Prøvningsrapport: Måling af U-værdi – halmvæg med stråretning parallelt med væggen* (Rapport nr. 55650-35). Taastrup.

Teknologisk Institut. (2002). *Prøvningsrapport* (Projekt nr. 1001892-02-04-11). Århus.

TIB. (2002). *Spørgeskema om isoleringsarbejde 2002: Rapport over undersøgelsens resultater*. København: Træ-Industri-Byg.

Valdbjørn Rasmussen, T. (2001). *Sætningsfri indblæsning af løsfyldsisolering i vægge* (By og Byg Dokumentation 011). Hørsholm: Statens Byggeforskningsinstitut.

Valdbjørn Rasmussen, T. (2002a). Creep tests and techniques for predicting densities necessary to prevent settling of loose-fill insulation in walls. In A. O. Desjarlais, & R. R. Zarr (Eds.), *Insulation Materials: Testing and Applications: Vol. 4* (ASTM STP 1426) (pp. 42-57). West Conshohocken, PA: American Society for Testing and Materials.

Valdbjørn Rasmussen, T. (2002b). *Løsfyldsisolering i vægge og på lofter: Varierende fugtpåvirkningers indflydelse på densiteten* (By og Byg Dokumentation 030). Hørsholm: Statens Byggeforskningsinstitut.

Valdbjørn Rasmussen, T. (2002c). Modelling settling of loose-fill insulation in walls, Part II: Determination of coefficients. *Journal of Thermal Envelope and Building Science*, 25(3), 189-208.

Wenzel, H., Hauschild, M., & Alting, L. (1998). *Environmental assessment of products. Vol. 1: Methodology, tools and case studies in product development*. London: Chapman & Hall.

Wenzel, H., & Hauschild, M. (1998). *Environmental assessment of products. Vol. 2: Scientific background*. London: Chapman & Hall.
Økonomi- og Erhvervsministeriet, Erhvervs- og Boligstyrelsen.
(2002a). *Tillæg 3 til Bygningsreglement for småhuse 1998*. København.

Økonomi- og Erhvervsministeriet, Erhvervs- og Boligstyrelsen.
(2002b). *Tillæg 4 til Bygningsreglement 1995*. København.

Personlig kommunikation

Danø, E. (2003). Personlig kommunikation med Ejnar Danø, Dansk Brand- og sikringsteknisk Institut, februar 2003.

Stokbæk, K. (2002). Personlig kommunikation med Kurt Stokbæk, KS-Byggeteknisk Service, dec. 2002.

Ordliste

Nedenfor følger en liste over særlige ord og begreber, som anvendes i denne anvisning. Der henvises i øvrigt til DS 418 (Dansk Standard, 2002), DS/EN ISO 10456 (Dansk Standard, 2001b), (Holleris Petersen & Dinesen, 2002).

Alternativt isoleringsmateriale

Varmeisolerende materiale, som ikke består af mineraluld.

Beklædning

Den yderste del af en væg eller den nederste del af en etageadskillelse/tagkonstruktion. Beklædninger inddeles i klasse 1 beklædninger og klasse 2 beklædninger (s.d.).

Branddrøj bygningsdel (BD-bygningsdel)

Branddrøje bygningsdele kan bestå helt eller delvist af brændbare materialer, jf. DS 1057-1 (Dansk Standard, 1993). Brandmodstandsevnen for branddrøje bygningsdele fastlægges på baggrund af de samme kriterier, som er gældende for brandsikre bygningsdele (s.d.).

En branddrøj bygningsdel betegnes BD-bygningsdel xx, hvor xx er det tidsrum, hvori bygningsdelen har opfyldt de krav, der stilles til den pågældende brandtekniske klasse. Tidsrummet angives i minutter. Følgende tidsrum anvendes: 30, 60, 90 og 120 minutter. Endvidere skal det angives, hvorvidt bygningsdelen er bærende og/eller adskillende. Eksempel: Bærende og adskillende BD-bygningsdel 30.

Brandhæmmer

Se tilsætningsstof.

Brandsikker bygningsdel (BS-bygningsdel)

I en brandsikker bygningsdel må kun indgå ubrændbare materialer, jf. DS 1057-1 (Dansk Standard, 1993). Brandsikre bygningsdele inddeles i bærende brandsikre bygningsdele, adskillende brandsikre bygningsdele og bærende og adskillende brandsikre bygningsdele.

For en bærende brandsikker bygningsdel må prøvelegemet ikke bryde sammen på en sådan måde, at det ikke længere er i stand til at opfylde den tilsigtede bærende funktion.

For en adskillende brandsikker bygningsdel må svigt af integritet og isolation ikke indtræde.

For en bærende og adskillende brandsikker bygningsdel skal såvel kravene til en bærende som til en adskillende brandsikker bygningsdel være opfyldt.

For en nærmere beskrivelse af kriterierne for ovennævnte bygningsdele henvises til DS 1052.1 (Dansk Standardiseringsråd, 1985).

En brandsikker bygningsdel betegnes BS-bygningsdel xx, hvor xx er det tidsrum, hvori bygningsdelen har opfyldt de krav, der stilles til den pågældende brandtekniske klasse. Tidsrummet angives i minutter. Følgende tidsrum anvendes: 30, 60, 90 og 120 minutter. Endvidere skal det angives, hvorvidt bygningsdelen er bærende eller adskillende. Eksempel: Bærende BS-bygningsdel 60.

Brændbare materialer

Materialer, der ikke overholder de i DS 1057-1 angivne kriterier, betegnes brændbare materialer (Dansk Standard, 1993). Brændbare materialer inddeles i klasse A og klasse B materialer.

Et klasse A materiale er et materiale, der er svagt antændeligt, svagt varmeafgivende og svagt røgudviklende. Kriterierne for de nævnte egenskaber er nærmere angivet i DS 1065-1 (Dansk Standardiseringsråd, 1990a). Et klasse A materiale brænder dårligere end træ.

Et klasse B materiale er et materiale, der er normalt antændeligt, normalt varmeafgivende og normalt røgudviklende. Kriterierne for disse egenskaber er ligeledes angivet i DS 1065-1. Et klasse B materiale brænder som træ.

Materialer, der brænder lettere end træ, og således hverken kan betegnes som et klasse A eller et klasse B materiale, klassificeres ikke.

Bygningsdele

Alle i en bygning indgående dele, der har en bærende og/eller adskillende funktion, f.eks. vægge, søjler, bjælker, etageadskillelser og tagkonstruktioner. Bygningsdele, der kan brandteknisk klassificeres, inddeles i 3 klasser: Brandsikre bygningsdele, branddrøje bygningsdele og flammestoppende bygningsdele (s.d.).

Celluloseuld

Isoleringsmateriale baseret på cellulosefibre, fællesbetegnelse for papir-, træfiber-, hør- og hampeisolering. Celluloseuld ses også betegnet som cellulosefibre eller celluloseuldsisolering i litteraturen.

Dampbremse

Membran med en vanddampdiffusionsmodstand (Z-værdi) mindre end 50 GPa s m²/kg.

Dampspærre

Membran med en vanddampdiffusionsmodstand (Z-værdi) større end eller lig med 50 GPa s m²/kg.

Deklareret værdi

Værdi for et byggematerials eller -produkts varmeledningsevne bedømt ud fra målte værdier ved referenceforhold for temperatur og fugtighed.

Deklarerede værdier fastlægges som beskrevet i DS 418 (Dansk Standard, 2002), kap. 7.2.1.

Designværdi

Værdi for et byggematerials eller -produkts varmeledningsevne under specifikke forhold, som anses for typiske for materialets eller produktets termiske ydeevne, når det anvendes i en bygningsdel.

Designværdier fastsættes ud fra deklarerede værdier i henhold til DS 418 (Dansk Standard, 2002), kap. 7.2.2.

Drivhuseffekt

Den menneskeskabte drivhuseffekt skyldes udledning af gasser (bl.a. kuldioxid), der tilbageholder varmestråling, som ellers ville udstråle fra Jorden mod verdensrummet. Herved bidrager de til atmosfærens opvarmning.

Efterklangstid

Efterklangstid er et udtryk for, hvor hurtigt lyden i et rum dør ud.

Ekspanderet perlit

Isoleringsmateriale fremstillet ved opvarmning af perlit til en temperatur på 1100-1200 °C.

Perlit (perlesten) er oprindelig betegnelsen for ærtestore, runde stykker af begsten, der er en stenart af vulkansk oprindelse.

Ekspanderet polystyren

Celleplastprodukt fremstillet ved opskumning af polystyren-granulat.

Endotoksiner

Endotoksiner er giftstoffer, som afgives af visse bakterier. Som følge af bakterievækst i organiske materialer kan der forekomme endotoksiner i de produkter, fx isoleringsmaterialer, der fremstilles af materiale. Endotoksiner kan også stamme fra selve produktionsprocessen.

EPS

(Isoleringsmateriale af) ekspanderet polystyren.

Flammestoppende bygningsdel (F-bygningsdel)

Flammestoppende bygningsdele kan bestå helt eller delvist af brændbare byggematerialer. Flammestoppende bygningsdele er altid ikke-bærende.

For at en bygningsdel skal kunne klassificeres som flammestoppende, må svigt af integritet ikke indtræde. Prøvning af flammestoppende bygningsdele sker i henhold til DS 1051.3 (Dansk Standardiseringsråd, 1980).

En flammestoppende bygningsdel betegnes F-bygningsdel xx, hvor xx er det tidsrum, hvori bygningsdelen har opfyldt de til den pågældende brandtekniske klasse stillede krav. Tidsrummet angives i minutter. Følgende tidsrum anvendes: 30, 60, 90 og 120 minutter. Eksempel: F-bygningsdel 30.

Formstykke

Isoleringsmateriale i pladeform.

Forsuring

Udledning af forsurende forbindelser, især svovldioxid, kvælstofoxider og ammoniak, der angriber planter blade og nåle og forsurer jordbunden.

Fugtspærre

Membran, der ud over at forhindre vanddampdiffusion også forhindrer fugttransport ved kapillarsugning.

Glasuld(sisolering)

Se mineraluld(sisolering).

Granulat

Kornet materiale. Bruges om isoleringsmateriale fremstillet ved findeling (granulering) af større stykker.

Hampeisolering

Isoleringsmateriale fremstillet af organiske fibre fra hamp.

Hørisolering

Isoleringsmateriale fremstillet af organiske fibre fra hør. Ses også betegnet som høruld i litteraturen.

Isolans

Et mål for modstanden mod varmetransmission gennem 1 m² af en flade eller et materialeglag. For et materialeglag udtrykkes isolansen ved tykkelse divideret med varmeledningsevne.

Isoleringsmateriale

(Her: Varmeisoleringsmateriale). Materiale placeret i en konstruktion med det formål at reducere konstruktionens varmetransmissionsevne.

Kapillarsugning

Opfugtning af et tørt, porøst materiale, fx et isoleringsmateriale, når det bringes i forbindelse med vand.

Klasse 1 beklædning

En beklædning klassificeres i henhold til DS 1065-2 (Dansk Standardiseringsråd, 1990b) som en klasse 1 beklædning, hvis den i mindst 10 minutter giver brandbeskyttelse af bagvedliggende materiale samt beskyttelse mod brand i eventuelle hulrum, og desuden enten udelukkende består af klasse A materialer eller er en sammensat/lagdelt beklædning, hvis forside har overfladebrandtekniske egenskaber som et klasse A materiale.

Klasse 2 beklædning

En beklædning klassificeres i henhold til DS 1065-2 (Dansk Standardiseringsråd, 1990b) som en klasse 2 beklædning, hvis den i mindst 10 minutter giver brandbeskyttelse af bagvedliggende materiale samt beskyttelse mod brand i eventuelle hulrum, og desuden enten udelukkende består af klasse B materialer eller er en sammensat/lagdelt beklædning, hvis forside har overfladebrandtekniske egenskaber som et klasse B materiale.

Klasse A materiale

Se Brændbare materialer.

Klasse B materiale

Se Brændbare materialer.

Letklinker

Små porøse keramiklugler fremstillet ved brænding af plastisk ler i rotérovn.

Livscyklusvurdering

En metode til systematisk indsamling af information om samt undersøgelse og vurdering af en bygnings eller dens bestanddeles miljøpåvirkninger og de afledte miljøeffekter i hele dens livsforløb fra råstofudvinding til bortskaffelse.

Luftlydisolation

Et udtryk for, i hvilken grad luftlyd, fx musik fra en højttaler eller samtale, transmitteres fra ét rum til et andet.

Luftstrømningsmodstand

Et materiales modstand mod luftgennemstrømning. Har betydning for materialets lydabsorberende egenskaber.

Lydabsorberende materiale

Et materiale der er i stand til at absorbere lyd, dvs. at omdanne lyd-energi til varme, fx porøse materialer.

Løsfyld/løsfyldsisolering

Granuleret isoleringsmateriale.

Miljøbelastning

Summen af alle miljøeffekter. Almen betegnelse for fx en bygningsdels samlede bidrag til miljøeffekterne.

Miljøeffekt

Effekt på ressourcer, menneskers sundhed og det ydre miljø. Almindeligvis er det underforstået, at der er tale om potentielle effekter, dvs. den største miljøeffekt, som miljøpåvirkningerne i værste fald kan give anledning til. Omfatter en række relativt veldefinerede effekter grupperet i tab af ressourcer, sundhedseffekter og effekter i det ydre miljø.

Miljøprofil

En grafisk fremstilling af miljøeffekter, almindeligvis i form af et søjlediagram.

Miljøpåvirkning

Enhver direkte eller indirekte påvirkning fra en bygning eller dens bestanddele i hele dens livscyklus, der resulterer i miljøeffekter på ressourcer, mennesker, sundhed og det ydre miljø.

Miljøvurdering

En bedømmelse af en bygnings miljøpåvirkninger og afledte effekter på grundlag af en kortlægning af de miljøpåvirkninger bygningen eller dens bestanddele giver anledning til.

Mineraluld(sisolering)

Isoleringsmateriale fremstillet af mineraluld, fællesbetegnelse for glasulds- og stenuldsisolering. Glasuldsisolering fremstilles ved spinning af tråde af glas. Stenuldsisolering fremstilles ved spinning af tråde af sten.

Måtte

Formstabilt isoleringsmateriale.

Overflade

I BR 95 og i BR-S 98 stilles brandtekniske krav til overflader. Krav til væg- og loftoverflader udtrykkes som krav om klasse 1 eller klasse 2 beklædning, jf. opslaget *Beklædning*.

Papirisolering

Isoleringsmateriale fremstillet ved granulering af genbrugspapir, fx aviser. Betegnelsen papiruld er meget anvendt; se dog nedenfor.

Papiruld®

Registreret varemærke for papirisolering fra firmaet Miljø Isolering.

Perlit

Se ekspanderet perlit.

Perlite

er den engelske betegnelse for perlit. Både Perlite og perlite bruges af firmaet Nordisk Perlite som varemærke for isoleringsmaterialet ekspanderet perlit.

Personækvivalent

Enhed for normaliserede miljøeffekter. Miljøeffekterne er sat i forhold til en gennemsnitspersons bidrag til den pågældende effekt i et referenceår.

Regnskærm

Beklædning med bagvedliggende hulrum på ydervægge med overflade mindst som klasse 1 beklædning (fx 1 lag gipsplader). Regnskærmen indgår ikke i vurderingen af konstruktionens brandmodstandsevne.

Reproduktionstoksiske stoffer

Stoffer, der kan forårsage ændringer i den menneskelige organisme, og dermed nedsætte evnen til at få sunde og levedygtige børn.

Rullevare

Isoleringsmateriale på rulleform.

Sorptionsisoterm

Figur der viser sammenhørende værdier af fugtindhold i et porøst materiale og relativ fugtighed i den omgivende luft.

Stenuld(sisolering)

Se mineraluld(sisolering).

Støttefibre

Se tilsætningsstof.

Tagdækning

En tagkonstruktions øverste lag. Tagdækninger, der opfylder klassifikationskravene i DS 1063.1 (Dansk Standardiseringsråd, 1989) betegnes brandmæssigt egnede tagdækninger, eller klasse T tagdækninger.

I henhold til klassifikationskravene må tagdækningen kun være moderat brandudbredende.

Tilsætningsstof

Brandhæmmende eller (skimmel)svampehæmmende stof, der tilsættes isoleringsmaterialet for at øge modstandsevnen over for brand- eller fugtpåvirkning, fx borsalte, aluminiumhydroxid eller ammoniumsalte. Borsalte virker også mod skadedyr.

Støttefibre tilsættes isoleringsmaterialer på måtteform for at sikre formstabilitet (hør- og hampeisolering).

„Total“ støv

Den del af det luftbårne støv, der indfanges og opsamles med en prøvetagningssonde med en lufthastighed i indsugningsåbningen på $1,25 \text{ m s}^{-1}$.

Transmissionskoefficient, U-værdi

Transmissionskoefficienten for en bygningsdel defineres som den stationære varmestrøm gennem bygningsdelen divideret med arealet og med temperaturforskellen mellem omgivelserne på hver side af bygningsdelen. Transmissionskoefficienten beregnes som den reciprokke værdi af summen af isolanserne for de enkelte lag i bygningsdelen.

Bygningsreglementet stiller specifikke krav til U-værdien for bygningsdele (Boligministeriet, 1995).

Trinlydniveau

Lydisolationen mod den støj, der frembringes ved gang på en gulvflade.

Træfiberisolering

Isoleringsmateriale fremstillet ved granulering af frisk træ.

Ubrændbare materialer

Materialer, der overholder fastlagte grænser for varmeafgivelse, flambning og masseændring i henhold til klassifikationskravene fastlagt i DS 1057-1 (Dansk Standard, 1993).

U-værdi

Se transmissionskoefficient.

U-værdi tillæg

Korrektion af transmissionskoefficienten for virkningerne af sprækker og spalter i isoleringen samt bindere og tilsvarende mekaniske fastgørelser, jf. DS 418, Anneks A (Dansk Standard, 2002).

Vanddamppermeabilitet

Gennemtrængelighed for vanddamp. Angives som den mængde vanddamp, der kan transporteres gennem et porøst materiale pr. tidsenhed, regnet i forhold til, hvor tykt materialet er, og i forhold til, hvor stor en forskel i relativ luftfugtighed, der er fra den ene til den anden side af materialet.

Varmeledningsevne

Varmestrømmen gennem et materiale pr. tykkelsesenhed for en given temperaturforskel over materialet. Jo lavere varmeledningsevne, desto bedre isolerer materialet.

Ydervægge: Anvendelse i henhold til BR 95

BD-væg 30 ikke-bærende

- I ikke-bærende ydervægge i boligbyggeri og tilsvarende bygninger med op til 2 etager.
- I ikke-bærende ydervægge i boligbyggeri og tilsvarende bygninger med op til 4 etager, såfremt gulv i den øverste etage ikke er mere end 9,6 m over terræn og de bærende konstruktioner til og med gulvet i øverste etage er udført som BS-bygningsdele.

BD-væg 30 bærende med udvendig klasse 2 beklædning

- I ydervægge i boligbyggeri og tilsvarende bygninger med 1 etage.

BD-væg 30 bærende

- I ydervægge i boligbyggeri og tilsvarende bygninger med 1 etage.
- I ydervægge på øverste etage i boligbyggeri og tilsvarende bygninger med 2 etager.
- I ydervægge på øverste etage i boligbyggeri og tilsvarende bygninger med op til 4 etager, såfremt gulv i den øverste etage ikke er mere end 9,6 m over terræn og såfremt de bærende konstruktioner til og med gulvet i øverste etage er udført som BS-bygningsdele.

BD-væg 60 bærende

- I ydervægge i nederste etage i boligbyggeri og tilsvarende bygninger med op til 2 etager, såfremt gulv i øverste etage ikke er mere end 5,1 m over terræn.

Denne By og Byg anvisning beskriver de byggetekniske egenskaber ved en række isoleringsmaterialer, der kan anvendes som alternativer til de etablerede materialer. Anvisningen opstiller krav til konstruktioner, hvori sådanne materialer anvendes og giver eksempler på konstruktioner, der opfylder disse krav. Anvisningen er rettet mod byggeriets projekterende og udførende parter samt bygningsmyndigheder og forsikrings-selskaber.

ISBN 87-563-1178-8

ISSN 0106-6757

