

Udgivet november 1998

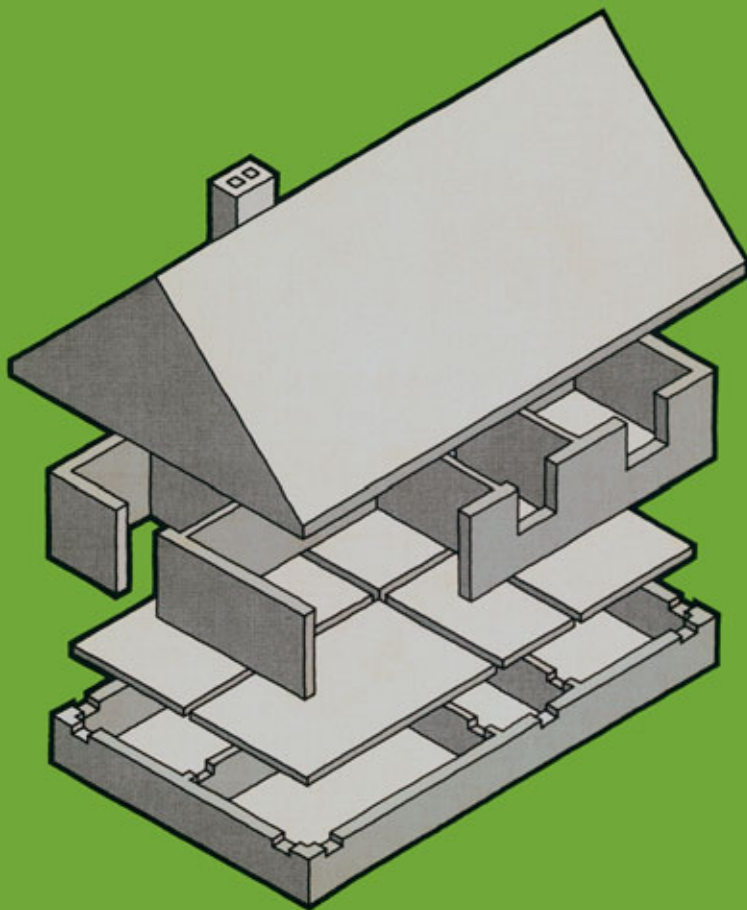
SMÅHUSE



Isolering · Fugt · Lyd · Brand · Ventilation · Styrke

2. UDGAVE

SBI-ANVISNING 189 · STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT 1999



Udgivet november 1998

SMÅHUSE

Isolering • Fugt • Lyd • Brand • Ventilation • Styrke

2. UDGAVE

SBI-ANVISNING 189 • STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT 1999



SBI-anvisninger er forskningsresultater bearbejdet til brug ved planlægning, projektering, udførelse, drift og vedligehold af bygninger og byggelser.

SBI-publikationer udgives i følgende serier: Anvisninger, Rapporter, Meddelelser, Byplanlægning og Beton. Publikationerne fås gennem boghandelen eller ved at tegne et SBI-abonnement. Instituttets årsberetning, publikationskatalog og publiceringsdiskette er gratis og kan rekvireres fra SBI.

SBI-abonnement er en rabatordning med mange fordele for dem, der vil sikre sig løbende orientering om væsentlige udgivelser inden for byggeforskningsområdet. Ring til SBI og hør nærmere.

ISBN 87-563-1005-6.

ISSN 0106-6757.

Pris: Kr. 200,00 inkl. 25 pct. moms.

Oplag: 5.000.

Illustrationer: Jørgen Heegaard, Børge Holmen, Henning Holmsted, Annette Juul Muusfeldt, Ove Nesdam og Inger Zachariassen.

Omslag: Henning Holmsted.

Tryk: Bonde's & Dyva Grafisk A/S.

Statens Byggeforskningsinstitut,
Postboks 119, 2970 Hørsholm.

Eftertryk i uddrag tilladt, men kun med kildeangivelsen:

SBI-anvisning 189: Småhuse. 2. udgave. 1999.

E-bog ISBN 87-563-1253-9

Pris Kr. 168,75 inkl. Tillæg 1
og 25 pct. moms

Indhold

Forord	9	Krybekælderydervægge	30
Indledning	10	Krybekælderindervægge	31
Last og lastoptagelse	12	Krybekælderdek	32
Terrænklasser for vind	12	Træbjælkelaag	32
Afstivende system	13	Beton- og letklinkerbetondæk	33
Dimensionering og udformning	14	Kældre	36
Fundering	15	Brandforhold	36
Funderingsklasser	16	Kældergulve	36
Lempet funderingsklasse	16	Kælderydervægge	36
Dimensioner	17	Dimensionering	38
Udførelse	18	Varmeisolering	39
Indstøbninger eller udsparinger	19	Fugtisolering	40
Beton	19	Kælderindervægge	40
Udstøbningsblokke og massive letklinkerbetonblokke	19	Kælderdek	40
Dræning	20	Træbjælkelaag	40
Udførelse	20	Beton- og letklinkerbetondæk	42
Stikdræn	21	Udvendige kældertrapper	42
Kælderydervægge	21	Ydervægge	44
Rensning	21	Varmeisolering	44
Bortledning	22	Fugtforhold	44
Rottesikring	23	Brandforhold	46
Faskiner	23	Lydforhold	46
Terrændæk	24	Tunge ydervægge	46
Terrænforhold	24	Eksempler på tunge ydervægge	47
Kapillarbrydende lag	24	Lette ydervægge	48
Varmeisolierende lag	24	Andre ydervægge	49
Betonplade	24	Indbygning af vinduer og yderdøre	50
Gulvbelægning	24	Vindues- og dør overliggere	50
Tæthed mod radon	25	Fuger	50
Eksempler på terrændæk	25	Indervægge	54
Krybekældre	29	Varmeisolering	54
Ventilation	30	Brandforhold	54
Krybekældbunde	30	Lydforhold	54
		Styrkemæssige, forhold	55
		Boligadskillende vægge	56
		Lydforhold	56

Massive vægge	56	Vand- og afløbsinstallationer	82
Dobbeltvægge	57	Gulve	82
Støj fra installationer	59	Tunge dæk	82
Brandforhold	59	Lette dæk	83
Tage	60	Vægge	84
Varmeisolering	60	Tunge vægge	84
Fugtforhold	60	Lette vægge	84
Brandforhold	60	Lofter	85
Tagdækning, undertage og lægter	61	Fuger	85
Undertage	61	Glas	86
Lægter	61	Glastyper	86
Tagsten af tegl eller beton	61	Tilladelige feltstørrelser	86
Skifer	61	Termiske spændinger	87
Profilerede plader	61	Personstød	87
Tagpap	62	Forebyggelse af skæreskader	87
Spær og loftkonstruktion	62	Glas som værn mod gennemfald	87
Hanebåndsspær	63	Udestuer	88
Gitterspær	63	Glastage	88
Bjælkespær	63	Indeklima	89
Tagelementer	65	Ventilation	89
Gavltrekanter	66	Ventilationsprincipper	89
Tage med gitterspær	67	Naturlig ventilation	89
Tage med hanebåndsspær	67	Mekanisk ventilation	90
Varmeisolering	70	Generelle funktionskrav	90
Tre muligheder	70	Beboelsesruin	90
U-værdikrav	70	Køkken, baderum og wc-rum	92
Opvarmet etageareal og opvarmet bebygget areal	71	Andre rum, krybekældre og kældre	92
Varmetabsramme	72	Udeluftventiler og aftrækskanaler	92
Temperaturer	72	Udeluftventiler	92
Transmissionsarealer	73	Aftrækskanaler	93
Varmetabsrammens muligheder	73	Forureninger fra byggematerialer	94
Eksempel på varmetabsramme for enfamiliehus	74	Dansk Indeklima Mærkning	94
Energiramme	75	Ildsteder og skorstene	96
Muligt vindues- og yderdørsareal	76	Ildsteder	96
Temperaturforhold om sommeren	78	Opstilling	96
Vådtrum	79	Tilslutning til skorsten	97
Krav til vådrum	79	Skorstene	97
Zoneinddeling	79	Lysningsareal	97
Fald på gulv	79	Højde	98
Vandtætning	80	Udførelse	99
		Stråtag	99

Bilag A. Last	101	Bygningsdata	127
Tyngdebaseret last	101	Ventilation	129
Vindlast	102	Varmetab	129
Dimensionsgivende last	103	Tidskonstant	129
Eksempel	103	Internt varmetilskud	129
Bilag B. Brand	105	Varmebehov	130
Bygningsdeles brandmodstandsevne	105	Energiramme	131
Fastholdelse af mineraluld	105	Hjælpeskema 1. Ydervægge, tage og gulve	132
Beklædningers brandtekniske egenskaber	106	Hjælpeskema 2. Vinduer og yderdøre	132
Klasse 1 beklædning	106	Hjælpeskema 3. Solindfald	132
Klasse 2 beklædning	106	Skyggefaktor	135
Bilag C. Lyd	108	Areal faktor	136
Alment	108	Glasfaktor	137
Luftlydisolation	108	Eksempel: Varmebehov i enfamiliehus ...	137
Trinlydniveau	109	Summary	141
Installationsstøj	109	Litteratur	142
Trafikstøj	109		
Bilag D. Afstivende system	111		
Afstivning af tagflade	111		
Lodret forankring af tag	111		
Typeklassificering og dimensionering af ankre	112		
Indstøbning af ankre	114		
Udformning af loftskive	115		
Pladebeklædning	115		
Afstivende vægges udformning	118		
Lodret forankring	119		
Massive vægge	119		
Skeletvægge	123		
Dimensionering af afstivende vægge og loftskive	123		
Vindlast på loftskiven	123		
Udvælgelse af afstivende vægge	123		
Fordeling af vandret last	124		
Dimensionering af afstivende vægge	125		
Ikke-afstivende vægge	125		
Dimensionering af loftskive	126		
Bilag E. Varmebehov	127		
Bygningers varmebehov, hovedskema ...	127		

Forord

Denne SBI-anvisning knytter sig til Bygningsreglement for småhuse, 1998, og erstatter SBI-anvisning 147: Konstruktioner i småhuse, som knyttede sig til det tidligere Bygningsreglement for småhuse, 1985. Anvisningen erstatter endvidere SBI-anvisning 111: Bygningers varmeisolering, 2. udgave.

Anvisningen dækker blandt andet forhold i forbindelse med varmeisolering, fugtisolering, lydisolering, brand, vådrum, indeklima samt styrke og stabilitet.

På grund af anvisningens brede emneområde har mange SBI-medarbejdere medvirket som forfattere. Det drejer sig, foruden projektlederen, civilingeniør Jørgen Munch-Andersen, om akademiingeniør Søren Aggerholm, akademiingeniør Niels Christian Bergsøe, civilingeniør Erik Brandt, akademiingeniør Mogens Buhelt, civilingeniør Henry H. Knutsson, akademiingeniør Peter A. Nielsen samt arkitekt m.a.a. Hans Zachariassen. Det omfattende redaktionsarbejde har været varetaget af civilingeniør Jens Christian Elum.

Adskillige teknikere fra den danske byggerverden har bidraget med værdifulde oplysninger. Vi takker denne kreds for dens medvirken.

Anvisningen er udarbejdet med støtte fra By- og Boligministeriet og Energistyrelsen.

Anvisningen henvender sig til ingeniører, arkitekter, entreprenører og andre projekterende og udførende inden for byggeri samt til offentlige myndigheder.

Supplementer til anvisningen vil blandt andet blive publiceret på SBI's hjemmeside <http://www.sbi.dk>.

STATENS

BYGGEFORSKNINGSINSTITUT

Afdelingen for Byggeteknik og Produktivitet, juni 1998

Georg Christensen, forskningschef

Forord til 2. udgave

Hermed foreligger 2. udgave af SBI-anvisning 189 om »Småhuse«. I forhold til første udgave er der sket nogle ændringer og tilføjelser. Disse er i høj grad baseret på den dialog med praksis, som har fundet sted i forbindelse med en række arrangementer, hvor anvisningen er blevet præsenteret. I den forbindelse takker SBI for de modtagne kommentarer og forslag til forbedringer.

STATENS

BYGGEFORSKNINGSINSTITUT

Afdelingen for Byggeteknik og Produktivitet, november 1998

Georg Christensen, forskningschef

Indledning

Denne SBI-anvisning indeholder vejledning om og eksempler på, hvordan konstruktioner i enfamiliehuse kan udformes, så de opfylder kravene i Bygningsreglement for småhuse, 1998, herefter kaldet *Småhusreglementet*.

Anvisningen dækker såvel fritliggende som sammenbyggede enfamiliehuse med indtil 2 etager samt kælder, som vist på figur 1. Den maksimale højde over terræn er 8,5 m, målt til tagryggen.

Det skal understreges, at de i anvisningen viste løsninger er eksempler, og at andre løsninger, der kan påvises at opfylde kravene i *Småhusreglementet*, naturligvis også vil kunne anvendes. Eksempelvis vil de angivne dimensioner af bærende og afstivende konstruktioner ofte kunne reduceres, når de konkrete forhold tages i betragtning. Dette kræver en ingeniørmæssig dimensionering.

Henvisning til supplerende litteratur sker enten ved angivelse af den fulde henvisning i teksten eller, for mere generelle publikationer, ved henvisning til litteraturlisten bag i anvisningen, idet publikationens titel eller navn i sædvanlig omtale angives i kursiv, fx *Indeklimahåndbogen* eller *Lastnormen*.

Anvisningen indledes med en kort gennemgang af det bærende og afstivende system, med særlig vægt på optagelse af vindlast. I bilag D, Afstivende system, vises, hvorledes det nødvendige afstivende system til sikring af husets stabilitet kan udformes og dimensioneres.

I anvisningen gennemgås de forskellige dele af huset. Der vises eksempler på bygningsdelenes udformning og tilslutning til andre bygningsdele. Der er i tilslutningsdetaljerne lagt særlig vægt på, at forholdene vedrørende varme- og fugtisolering er tilfredsstillende, samtidig med at kravene til

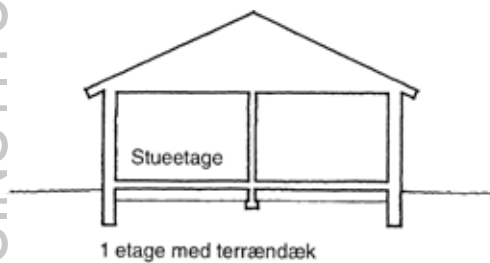
brandmodstandsevne og lydisolering opfyldes. I de viste eksempler vil mineraluld i mange tilfælde kunne erstattes af andre isoleringsmaterialer, men det må da sikres, at brandkravene er opfyldt.

Der angives dimensioner for mange sædvanlige konstruktionstyper. Andre kan dimensioneres ved hjælp af lasterne angivet i bilag A, Last.

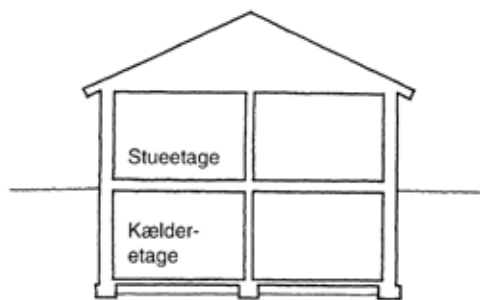
U-værdierne for de viste eksempler opfylder *Småhusreglementets* U-værdikrav, der også indgår ved bestemmelse af varmetabsrammen for huset. I kapitlet Varmeisolering gennemgås, hvorledes henholdsvis varmetabsrammen og energirammen kan benyttes til at vælge konstruktioner med andre U-værdier.

Kapitlerne Vådrum og Glas giver en række forslag til, hvorledes *Småhusreglementets* krav på disse områder kan opfyldes.

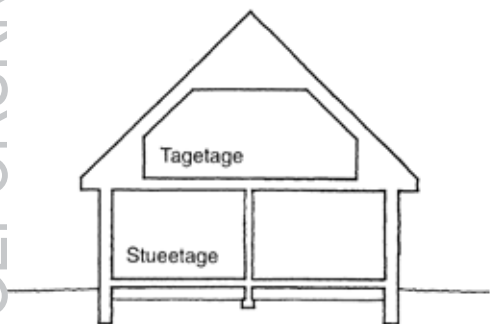
I kapitlet Indeklima beskrives primært etablering af en tilfredsstillende naturlig ventilation i enfamiliehuse. Forhold omkring fyring behandles i kapitlet Ildsteder og skorstene.



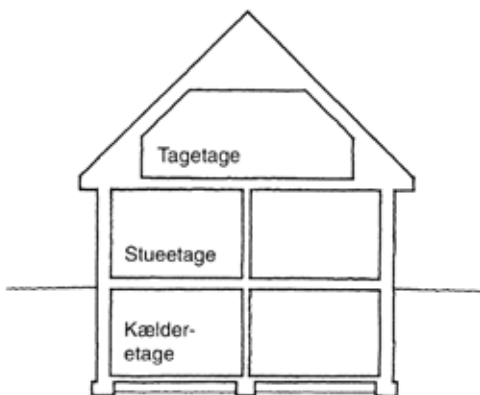
1 etage med terrændæk



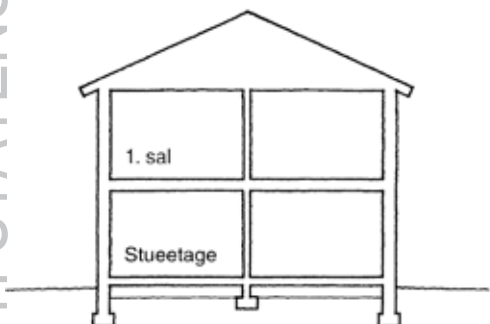
1 etage med kælder



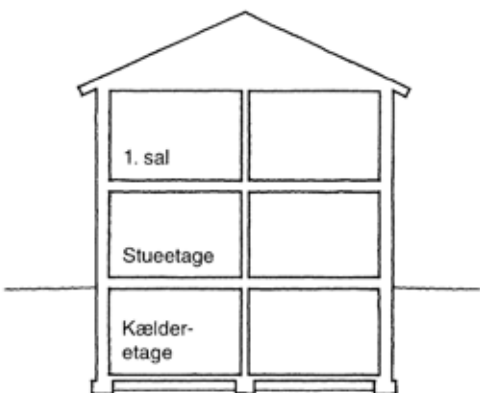
1½ etage med terrændæk



1½ etage med kælder



2 etager med terrændæk



2 etager med kælder

Figur 1. Småhusreglementet omfatter enfamiliehuse med indtil 2 etager samt kælder. Husene kan være helt eller delvis sammenbyggede. Reglementet gælder ikke for huse med boliger adskilt af en etageadskillelse (vandret lejlighedsskel).

Last og lastoptagelse

Huse skal udføres på en sådan måde, at de kan optage de optrædende laster. Lasterne kan opdeles i:

Tyngdebaseret last, dvs. egenlast af bygningsdele, nyttelast (indbo og personer) samt snelast

Vindlast.

Vindlast virker primært vinkelret på husets flader. Ydervægge i vindsiden samt nogle tagflader i vindsiden påvirkes af tryk, de øvrige flader påvirkes af sug.

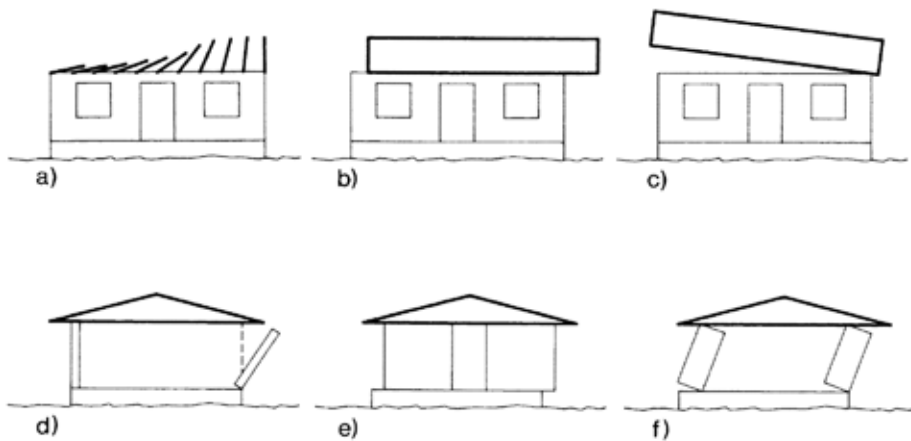
Optagelse af tyngdebaseret last giver normalt ikke store problemer. Dog skal man være opmærksom på, at bærende vægge påvirkes af vandret vindlast samtidig med lodret last.

Optagelse af vindlast kræver et afstivende system, som kort er beskrevet i det følgende. Figur 2 viser de vigtigste brudformer, som skal forhindres ved hjælp af det afstivende system.

Terrænklasser for vind

Vindlastens størrelse afhænger blandt andet af terrænet omkring bygningen. I *Lastnormen* er defineret tre terrænklasser, der i denne anvisning benævnes *Hede*, *Land* og *By*, se tabel 1.

De fleste nyopførte huse skal dimensioneres for vindlast svarende til terrænklasse Land. I et område med lav bebyggelse omgivet af landbrugsland vil vindlasten først 500-



Figur 2. Huses stabilitet sikres ved at fastholde de enkelte bygningsdele. Spærrene skal afstives mod væltning (a), og taget skal forankres over for vandret (b) og opadrettet vindlast (c). Væggene skal foroven være understøttet af loftskiven (d), der skal føre de vandrette laster videre til de afstivende vægge. De afstivende vægge må ikke glide (e) eller vippe (f).

600 m inde i bebyggelsen være reduceret så meget, at den svarer til terrænklasse By.

SBI-anvisning 186: *Småhuses stabilitet* giver en mere detaljeret beskrivelse af terrænklasser og af mulighederne for at udnytte vindlastens afhængighed af de aktuelle læforhold i forbindelse med de forskellige vindretninger.

Tabel 1. Definition af terrænklasser jf. Lastnormen. Beskrivelsen gælder det omgivende terræn.

Terrænklasse	Terrænbeskrivelse
Hede	Glat terræn, fx vandarealer og hedesletter uden læhegn.
Land	Landbrugsland med læhegn, gårde med haver mv.
By	Bymæssig bebyggelse eller skov.

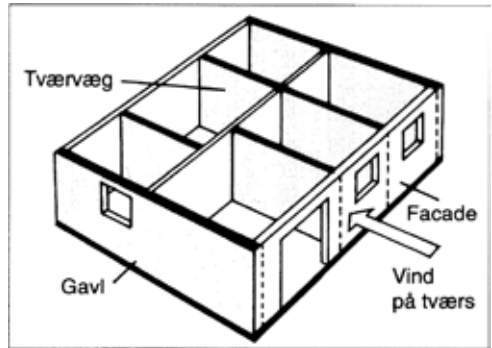
Afstivende system

De centrale dele i det afstivende system er de afstivende vægge og den såkaldte loftskive. Nogle vigtige betegnelser er angivet på figurerne 3 og 4.

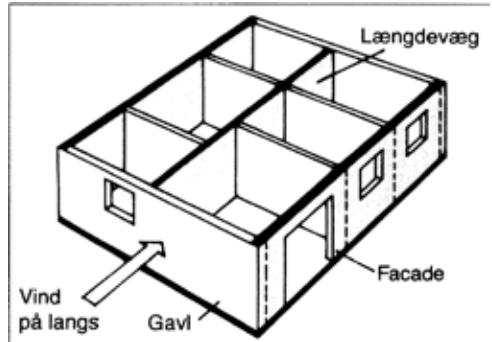
Loftskiven understøtter ydervæggene foroven og modtager desuden vandret last fra taget, herunder gavltrekanterne. Loftskiven skal kunne videreføre disse laster til de afstivende vægge, som kan være både indervægge og ydervægge. Loftskiven skal derfor være fastgjort til alle ydervægge og til de indvendige afstivende vægge, og den skal være tilstrækkelig stiv til, at lasterne kan fordeles til de afstivende vægge, uden at der opstår skadelige deformationer, se figur 5.

De afstivende vægge skal kunne aflevere lasterne til fundament eller dæk. Dette vil ofte kræve glidningssikring og/eller lodret forankring af væggene.

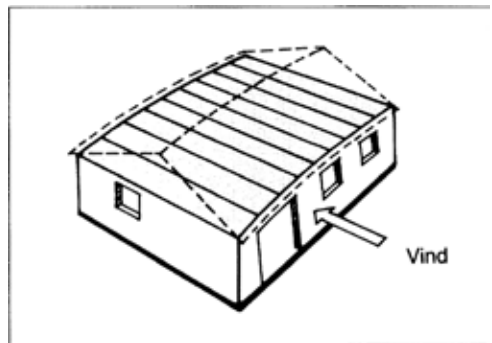
Desuden skal selve tagkonstruktionen afstives og forankres for at forebygge svigt som vist på figurene 2a-2c. Svigt som vist på figur 2c skyldes det betydelige sug, der opstår på taget ved vind på langs.



Figur 3. Ved vind på tværs kan gavle og indvendige tværvægge være afstivende.



Figur 4. Ved vind på langs kan facader og længdevægge være afstivende.



Figur 5. Loftskiven skal have tilstrækkelig styrke og stivhed til at kunne fordele vindlasten til de afstivende vægge.

Dimensionering og udformning

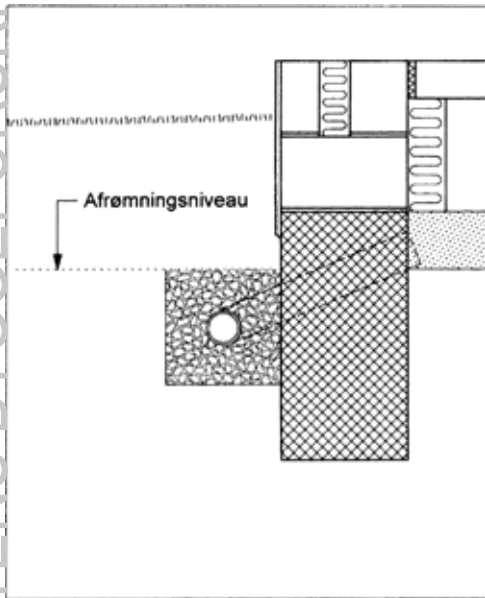
Dimensionering af bærende og afstivende konstruktioner kræver normalt ingeniørbistand. Bilag A og D kan benyttes ved dimensioneringen.

I bilag A, Last, er angivet laster til brug ved dimensionering af bygningsdele for lodret last og vægge for vindlast vinkelret på deres plan. I kapitlerne vedrørende de enkelte bygningsdele er der givet eksempler på konstruktioner, der kan optage lasterne.

I bilag D, Afstivende system, beskrives, hvorledes det afstivende system i 1- og 11/2-etages længehuse med sadeltag kan udformes og dimensioneres.

Fundering

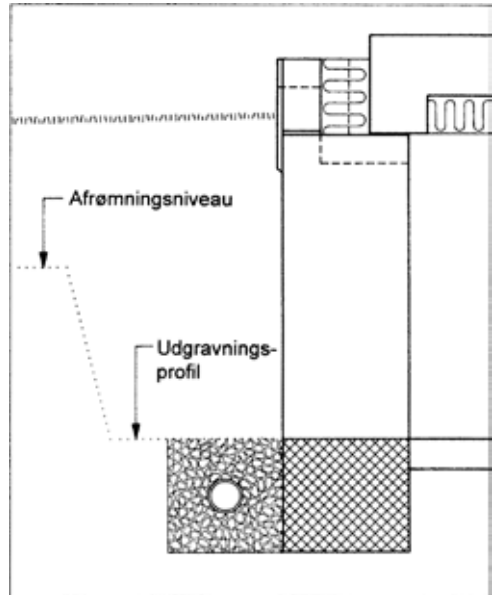
Fundering omfatter dimensionering og udførelse af fundamenter - de bygningsdele, der overfører last fra hus til bærende jordlag. Eksempler på fundamenter for forskellige bygningstyper er vist på figurene 6, 7 og 8.



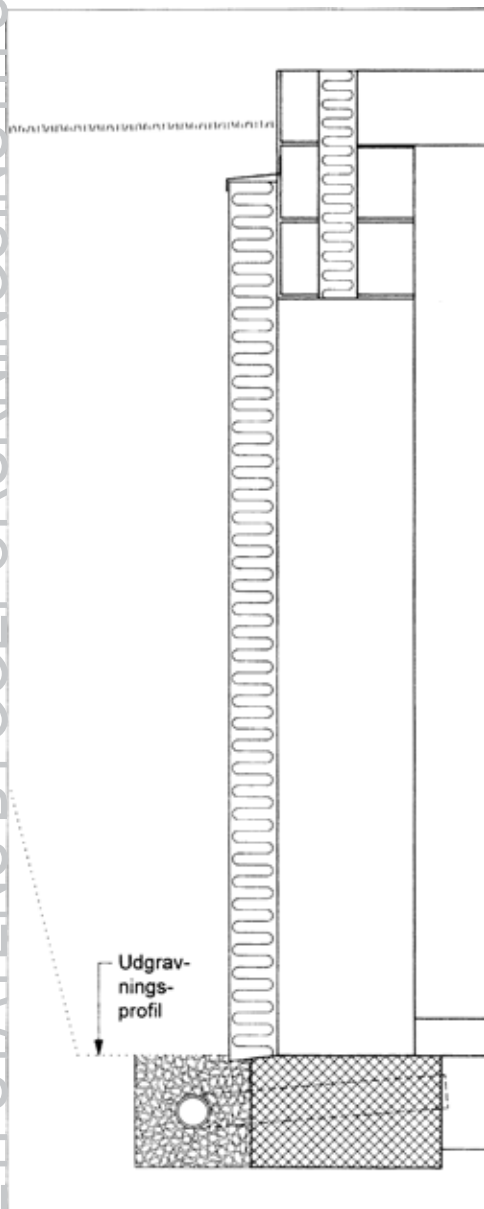
Figur 6. Fundering ved terrændæk. Normalt anvendes et sribefundament (fremhævet på figuren), der støbes på stedet i beton. Den øvre del udføres ofte af letklinkerbetonblokke. Der kan også anvendes udstøbningsblokke, idet etablering af støbeforskalling for fundamentets øverste del derved undgås. Fundamentet skal have mindst samme bredde som væggen ovenover, og bør være symmetrisk placeret under den.

Figuren viser også placering af omfangsdræn samt stikdræn, der forbinder det kapillarbrydende lag under gulvet med omfangsdrænet. Det er ikke nødvendigt at forbinde stikdrænet direkte med drænledningen.

Dette kapitel omhandler alene de på disse figurer fremhævede bygningsdele. De øvrige dele behandles nærmere i de følgende kapitler



Figur 7. Fundering ved krybekælder. Ofte støbes en fundamentsklods på stedet (fremhævet på figuren), hvorpå krybekældervæggen opbygges af letklinkerbetonblokke eller udføres med udstøbningsblokke. Man kan også støbe væggen helt eller delvist på stedet, fx op til afrømningsniveauet. Fundamentet skal have mindst samme bredde som væggen ovenover, og det bør være symmetrisk placeret under den.



Figur 8. Fundering ved kælder. Normalt støbes en fundamentsklods på stedet (fremhævet på figuren), hvorpå kældervæggen opbygges af letklinkerbetonblokke eller udføres med udstøbningsblokke. Man kan også støbe hele væggen på stedet. Fundamentsklodsen skal have mindst samme bredde som kældervæggen, og den bør være symmetrisk placeret under den.

Figuren viser også placering af omfangsdræn samt stikdræn, der forbinder det kapillarbrydende lag under gulvet med omfangsdrænet.

Funderingsklasser

Fundering skal ske i overensstemmelse med retningslinierne i *Funderingsnormen*, hvor der skelnes mellem lempet, normal og skærpet funderingsklasse.

I denne SBI-anvisning forudsættes lempet funderingsklasse, som alene omfatter små og simple fundamenter på uforstyrrede og bæredygtige jordlag over grundvandsspejlet. Sådanne fundamenter kan på visse betingelser, som omtales i det følgende, udføres på basis af erfaringsregler og uden forudgående geotekniske undersøgelser. Hvis disse betingelser ikke er opfyldt, skal funderingen udføres i normal eller skærpet funderingsklasse, og det betyder, dels at der i så fald skal gennemføres geotekniske undersøgelser af jordbunden, dels at projektering og kontrol af funderingsarbejdet skal udføres af sagkyndige. I så fald henvises til den mere omfattende behandling af funderingsproblemerne i SBI-anvisning 181: *Fundering af mindre bygninger*.

Lempet funderingsklasse

Fundamenter skal føres så langt ned, at de kommer til at stå direkte på bæredygtige jordlag; det vil normalt sige en fastlejret blanding af ler, sand og sten (af geologer kaldet moræner), dannet før eller under sidste istid. Det bæredygtige lag kan dog også være fastlejret sand, grus eller grovsilt (kaldet friktionsjord).

Hvis de bæredygtige jordlag ligger dybere end ca. 2 m, vil det normalt være formålstjenligt at lade en sagkyndig person foretage en egentlig projektering.

Det skal ved inspektion af færdige udgravninger altid godtgøres, at fundering sker på faste, bæredygtige aflejringer. Denne inspektion skal i henhold til *Funderingsnormen* gennemføres af en person, der har tilstrækkelig geologisk og geoteknisk viden.

De lokale bygningsmyndigheder vil i mange tilfælde forlange at syne udgravningerne inden støbning af de første fundamenter, ligesom myndighederne kan forlange at kontrollere den øvrige del af arbejdets udførelse.

Normalt er følgende jordlag ikke bæredygtige: opfyldt, omgravet eller frossen jord, aflejringer med indhold af organisk materiale, fx tørv og gytje (dynd), samt visse særlig fede lerarter, som blandt andet er karakteriseret ved, at de ikke indeholder sand eller sten, at de har et højt vandindhold (25-40 pct.), og at de undertiden er sprækkede. Sådanne særlig fede lerarter forekommer især på Vestfyn og i Østjylland, fx ved Lillebælt, ved de øst-

jyske fjorde og i området omkring Skive.

Fundamenter skal foruden at stå på bæredygtige jordlag mindst føres ned til frostfri dybde. Frostfri dybde er for fundamenter under ydervægge normalt 0,9 m under jordoverfladen, men kan ved særlige jordbundsforhold, fx siltholdig jord, være større. Ved silt forstås en jordart med korn, der er grovere end ler, men finere end sand.

Der må i lempet funderingsklasse ikke udgraves under grundvandsspejlet. Det er derfor vigtigt at sikre sig, at grundvandsspejlet er beliggende dybere end det planlagte funderingsniveau, inden den egentlige udgravning påbegyndes.

Udgravning må ikke indebære risiko for beskadigelse af nabobygninger, kloak- og forsyningsledninger, offentlige trafikarealer eller lignende. Det betyder, at forholdene på naboarealer i nogle tilfælde kan udelukke fundering i lempet funderingsklasse.

Dimensioner

Med de angivne forudsætninger kan stribefundamenter uden nærmere undersøgelse

Tabel 2. Dimensioner af stribefundamenter under vægge i småhuse af længetype. De angivne dimensioner forudsætter, at husbredden er mindre end 9 m.

Hustype	Bredde af stribefundament i m	
	Under bærende og ikke-bærende ydervægge	Under bærende indervægge
1 etage med terrændæk	0,30	0,20
1 1/2 etage med terrændæk	0,30	0,20
2 etager med terrændæk	0,30	0,25
1 etage med krybekælder	0,30	0,25
1 1/2 etage med krybekælder	0,30	0,35
2 etager med krybekælder	0,35	0,35
1 etage med kælder	0,35	0,25
1/2 etage med kælder	0,35	0,35
2 etager med kælder	0,40	0,40

Fundamentshøjden bør vælges til mindst 0.30 m, under bærende indervægge i huse med terrændæk dog mindst 0,20 m. Murede skorstenene og pejse kræver en fundamentsklods med samme højde som angivet for stribefundamenter.

udføres med de dimensioner, som er angivet i tabel 2. Dimensionerne gælder for traditionelle længehuse, dvs. huse med bærende facader og eventuelle bærende længdevægge placeret nær midten af huset.

Stribefundamenter skal have mindst samme bredde som væggen ovenover og bør placeres symmetrisk under den. I huse med kælder, hvor fundamentet udnyttes som vederlag for betonpladen i kældergulvet, skal fundamentet være mindst 0,10 m bredere end kældervæggen. Dette vil normalt være opfyldt, hvis bredden vælges til 0,50 m.

Ikke-bærende indervægge kan normalt funderes direkte på betonpladen i et terrændæk. De maksimale linie- og punktlaster, der kan optages, afhænger af betonpladen og isoleringsmaterialet og fremgår af isoleringsfabrikanternes kataloger. Alternativt kan ikke-bærende indervægge funderes på det kapillarbrydende lag, se figurerne 19 og 21 på side 27 og 28.

Hvis afstivende vægge ikke funderes ligesom bærende vægge skal man sikre sig, at den lodrette reaktion kan optages af underlaget.

Udførelse

Funderingsarbejdet indledes med udgravning under hele huset, fx til overside stribefundamenter, se figurerne 6, 7 og 8, dog mindst til det såkaldte afrømningsniveau, det vil sige undersiden af svage og sammentrykkelige jordlag, som ofte har et væsentligt organisk indhold. Herefter kan fundamentsrenderne udgraves i den krævede bredde og dybde i henhold til tabel 2. Der må under ingen omstændigheder tilbagefyldes jordmateriale i fundamentsrender. Bemærk, at funderingsniveauet mindst skal svare til undersiden af den gulvkonstruktion, der senere skal udføres. Der udstøbes med beton 5 eller bedre, se afsnittet om beton. Eventuelle fundamenter under indervægge i huse med terrændæk skal alene føres til bæredygtige jordlag, idet

de som følge af temperaturforholdene under huset ikke vil være udsat for frost.

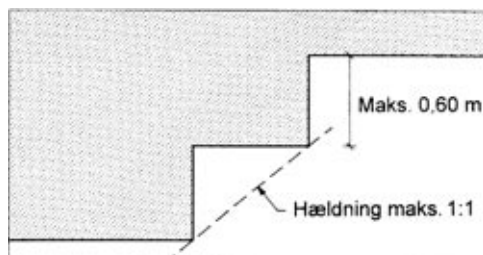
Hvis afrømningsniveauet ligger dybere end stribefundamentets overside, kan den øverste del af fundamentet støbes i forskalling. Alternativt kan den udføres af udstøbningsblokke af beton eller letklinkerbeton (fundamentsblokke) eller massive letklinkerbetonblokke.

Udstøbningsblokke stables med knasfuger i forbandt på stribefundamentet og udstøbes i højst to skifter ad gangen med beton 5 eller bedre. Betonen komprimeres omhyggeligt med stavvibrator. Vandrette støbeskel skal placeres midt i blokke. Massive letklinkerbetonblokke opmures med fyldte fuger med mørtel KC 20/80/550 eller bedre i henhold til *Murværksnormen*.

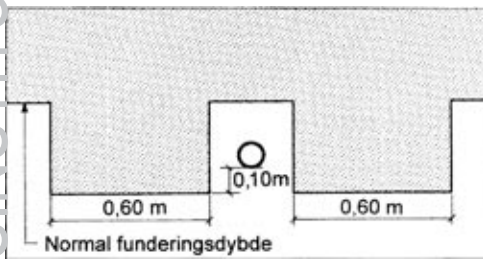
Ved dybtliggende afrømningsniveau kan det være hensigtsmæssigt at udføre hele fundamentet af udstøbningsblokke på et afrettingslag af beton.

Fundamenters underside skal være vandret. Aftrapninger skal udføres i henhold til figur 9.

Hvor ledninger føres på tværs af fundamentet, skal fundamentet udføres i henhold til figur 10.



Figur 9. Undersiden af stribefundamenter skal være vandret og plan. Aftrapninger må kun ske i spring på højst 0,6 m. Hældningen er afhængig af jordhundsforholdene, men må ikke være stejlere end 1:1.



Figur 10. Stribefundamentets underside skal ved ledninger der føres på tværs underfundamentet på en strækning af mindst 0,6 m på hver side ligge mindst 0,1 m dybere end ledningen.

Render for fx afløbsledninger eller drænrør, der ligger parallelt med fundamentet, må ikke graves dybere end fundamentets underside.

Indstøbninger eller udsparinger

For at sikre husets stabilitet er det ofte nødvendigt at forankre tagkonstruktion og/eller vægge i fundamenterne. Placeringen af ankre skal være fastlagt inden fundamenterne støbes, idet indstøbning enten skal ske samtidig med fundamentsstøbningen, eller udføres senere i udsparinger i fundamenterne. Det samme gælder for placering af stikdræn, der omtales nærmere i kapitlerne Dræning og Terrændæk.

Beton

Der anvendes beton 5 eller bedre, jf. tabel 3. I henhold til *Betonnormen* skal betons trykstyrke kontrolleres, men leveres betonen fra

en betonfabrik, som er tilsluttet Fabriksbetonkontrollen, FBK, eller Dansk Beton Certificering, DBC, anses kontrollen på fabrikken for tilstrækkelig. Beton kan endvidere uden styrkekontrol blandes på byggepladsen som angivet i tabel 3. Betonens sætmål bør ligge mellem 60 og 100 mm og må ikke være over 150 mm.

Krav til betonmaterialer og arbejdsudførelse findes nærmere beskrevet i *Betonnormen*.

Udstøbningsblokke og massive letklinkerbetonblokke

Udstøbningsblokke af beton og letklinkerbeton skal opfylde kravene til styrkeklasse 3,0 MPa og leveres fra en fabrik, der er tilsluttet en godkendt kontrolordning (dvs. trekantmærkede).

Massive letklinkerbetonblokke skal opfylde kravene til styrkeklasse 2,6 MPa i henhold til *Murværksnormen* og leveres fra en fabrik, der er tilsluttet en godkendt kontrolordning (dvs. trekantmærkede eller LBMmærkede).

Tabel 3. Betons blandingsforhold
(cement: sand: sten).

Betonbetegnelse	Blandingsforhold efter rumfang	Blandingsforhold efter vægt
Beton 5	1:4:7	1/4/6
Beton 10	1:3:5	1/3/4
Beton 15	1:2:3	1/2/2½

Dræning

Huse skal udføres på en sådan måde, at overfladevand, grundvand og jordfugt ikke medfører skader. Overfladevand skal derfor bortledes ved at etablere tilstrækkeligt fald på terrænet bort fra huset, se figur 11. Hvor jordbunden ikke er tilstrækkeligt selvdrænnende, dvs. hvor nedsivende vand ikke af sig selv hurtigt bortledes, skal der tillige etableres dræn langs husets ydervægsgfundamenter - et såkaldt omfangsdræn. Ved huse med terrændæk, hvor gulvoverfladen ligger mere end 300 mm over terræn, kan omfangsdræn dog udelades.

Formålet med dræning er at reducere eller helt fjerne vandtryk på konstruktioner mod jord, således at gennemsivning i konstruktioner minimeres med henblik på at opnå forsvarligt tørre bygningsdele under terræn. Dræning udelukker ikke fugt, og afhængig af omstændighederne skal dræning derfor suppleres med fugtisolering.

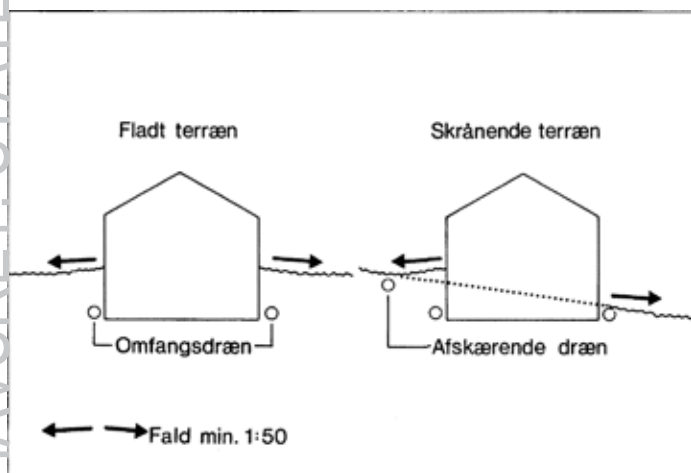
I dette kapitel behandles alene dræning af huse i ukomplicerede situationer, dvs. hvor grundvandsspejlet ligger under dræningsni-

veau, og hvor det derfor udelukkende drejer sig om bortledning af nedsivende overfladevand.

Dræning skal udføres i overensstemmelse med *Drænnormen* og *Afløbsnormen*. En mere omfattende behandling af emnet findes i øvrigt i SBI-anvisning 185: *Afløbsinstallationer*.

Udførelse

Et dræn kan opdeles i et bortledningsselement (drænledning) og et filterelement (fx grus). Filterelementet skal sikre opsamling og transport af tilstrømmende vand fra omgivelserne og samtidig forhindre uønsket transport af faste partikler fra omgivelserne ind i filterelementet og videre til drænledningen. Filterelementet skal derfor være opbygget af materiale med en kornstørrelse, der opfylder de såkaldte filterkriterier (regler for forholdet mellem størrelsen af kornene i filtret og kornene i den omgivende jord). Drænledningen, der almindeligvis består af rør med slidser eller huller i rørvæggen, skal transportere det



Figur 11. Terrænregulering skal lede overfladevand bort fra huset, uanset om det udføres med eller uden kælder. På fladt terræn skal faldet bort fra huset være mindst 20 promille (1:50) til en afstand på mindst 3 m. På skrånende terræn skal der terrænreguleres på den side af huset, hvor det oprindelige terræn er højest, og der bør udføres et afskærende dræn ved overgangen fra det oprindelige terræn til det regulerede.

opsamlede drænvand til fx et afløbssystem. Ved opbygning af filterelementet bør det tilstræbes, at porestørrelse og gennemstrømningsåbninger er voksende fra omgivelser til drænledning.

Drænledninger skal lægges med fald på mindst 3 promille. Af hensyn til frost skal bundløbskoten overalt være mindst 0,60 m under koten til færdigt terræn. Endvidere skal højeste bundløbskote være mindst 0,3 m under den konstruktionsdel, der skal drænes. Udgravninger må ikke føres dybere end til underkant af fundamenter. Ledningsdimensioner må ikke være mindre end 70 mm af hensyn til rensning. Rør og formstykker skal opfylde kravene i *Drænnormen* (fx være DS-mærkede). Muffeløse rør bør ikke anvendes.

Figurene 6, 7 og 8 viser eksempler på placering af omfangsdræn. Såfremt den omgivende jord består af ler (fast kohæsionsjord), kan filterelementet eksempelvis bestå af et lag perlesten (2-8 mm) eller ærtesten (5-16 mm) eller endnu grovere materiale, når der anvendes 80 mm hullede plastrør eller lignende. I sand og lignende (friktionsjord) vil et filterelement af velgraderet sand med $d_{10} > 0,3$ mm og $1,5$ mm $< d_{50}$ $< 2,5$ mm være egnet. Drænrørene slidser må da være højst 1,5 mm brede.

Betegnelserne d_{10} og d_{50} angiver maskevidden i de sigter, hvorigennem henholdsvis 10 pct. og 50 pct. af filterelementet kan passere.

Et filterelement skal have en tykkelse på mindst 0,10 m på alle sider af en drænledning.

Af hensyn til risiko for tilstopning, må filterduge og lignende materialer med små porestørrelser ikke anvendes, hverken som eneste filterelement eller som et lag omkring drænledningen sammen med fx grus.

Tilfyldningen af udgravningen skal øverst afsluttes med mindst 0,20 m tætnende jord, fx lermuld, og terrænet skal retableres med fald bort fra huset, som beskrevet i figur 11.

Stikdræn

Under terrændæk og kældergulve skal der udføres stikdræn som forbinder det kapillarbrydende lag under gulvet med omfangsdrænet, se figurene 6 og 8. Herved sikres afledning af evt. vand fra det kapillarbrydende lag og trykkudligning til det fri, så den radioaktive luftart radon fra jorden ikke siver op i bygningen. Der skal udføres mindst to stikdræn pr. bygning. Hvis det kapillarbrydende lag er opdelt i felter af fundamenter for indvendige vægge, skal der udføres et stikdræn for hvert felt.

Kælderydervægge

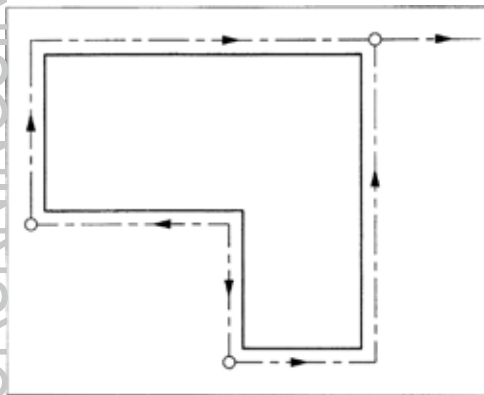
Kælderydervægge skal normalt drænes ved hjælp af et omfangsdræn, der kan opfange det overfladevand, som altid søger ned i jordlag omkring kældre. Omfangsdrænet skal placeres sådan, at det kapillarbrydende lag under gulvet kan afvandes til det via stikdræn. Bundløbskoten i drænledningen skal derfor altid ligge under oversiden af det kapillarbrydende lag.

Der stilles ingen særlige krav til materialet, der bruges som fyld over filterelementet, men der skal dog op langs væggen placeres et drænende lag, et såkaldt vægdræn, der opfanger overfladevand og fører det til omfangsdrænet, se figur 8. Dette lag kan enten bestå af veldrænende sand eller grus med $d_{10} > 0,3$ mm i mindst 0,2 m tykkelse eller af isoleringsmaterialer med drænende egenskaber. Tynde plastplader - de såkaldte drænplader eller grundmursplader - virker primært fugtspærrende, ikke drænende; de skal derfor anvendes i kombination med et vægdræn.

Rensning

Drænledninger skal kunne renses, og der skal derfor anbringes nedgangsbrønde eller rense- og inspektionsbrønde på mindst 300 mm i udvalgte knæpunkter og på lige strækninger med en indbyrdes afstand på højst 60 m. Figur 12 viser eksempler på, hvordan ren-

sebrønde kan placeres i et drænsystem. Ved placeringen skal der tages hensyn til, at rensværktøj vanskeligt kan passere bøjninger uden at drænledningen ødelægges. Alle bøj-

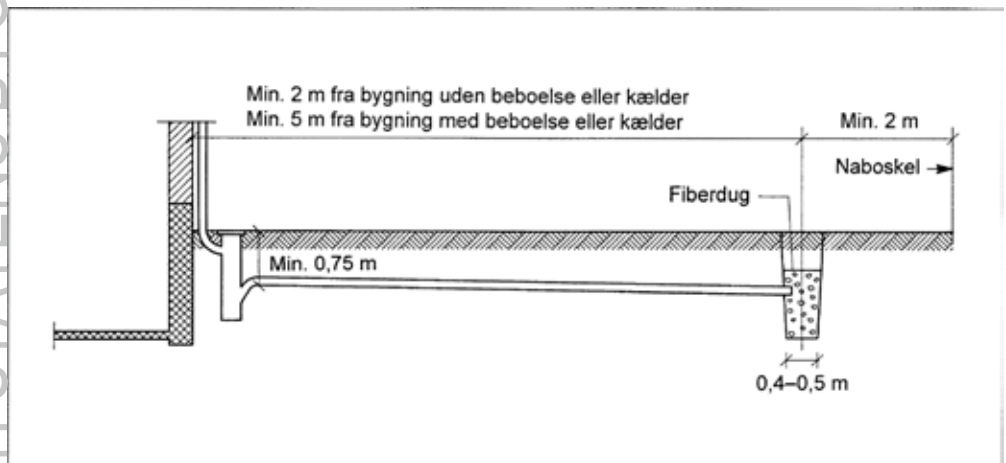


Figur 12. Eksempel på placering af renseadgange i et drænsystem.

ninger skal derfor kunne renses fra to sider via en rensebrønd. Overfladevand må ikke ledes direkte til drænsystemet; det er dog tilladt, at lede små regnvandsstrømme, fx fra lyskasser eller overdækkede kældernedgange til et omfangsdræn. Drænsystemer skal ikke udluftes.

Bortledning

Drænvand bortledes normalt til en afløbsinstallation. Tilslutningen skal ske til en 300 mm nedløbsbrønd, mindst 0,2 m over dens vandspejlsniveau. Nedløbsbrønden skal have sandfang, vandlås og regnvandstilløb. Tilslutningskoten skal desuden ligge over højeste opstemningskote i hovedafløbssystemet plus et sikkerhedstillæg på 0,3 m. Betingelsen for denne »direkte« tilslutning er, at drænsystemet ligger helt over den største opstemningshøjde for afløbsinstallationen,



Figur 13. Faskiner skal anbringes på ejendommens egen grund mindst 2 m fra skel. Endvidere skal de anbringes mindst 25 m fra drikkevandsbrønde, samlebrønde og lignende. Afstanden fra faskiners midtlinie (længdeakse) og endepunkter til beboelseshuse skal være mindst 5 m. Faskiner opbygges som 0,40,5 m brede stenfyldte render med vandret bund. Som stenmateriale anvendes fx vaskede singels 32/64 mm, der afdækkes med fiberdug og et jordlag på mindst 0,3-0,4 m. Faskinens rumfang i lerjord kan sættes til 1 m³ pr. 30 m² regnareal. Ved større faskiner bør der indbygges en fordelerledning. Før tilledning til faskinen skal regnvandet passere et sandfang. Vedligeholdelse af faskiner påhviler grundejeren.

da forurening af drænsystemet ikke må kunne finde sted. I modsat fald skal tilslutning ske gennem en pumpebrønd. Hvis pumpens afgangsledning tilsluttes mindre end 0,2 m over højeste opstemningskote, skal den forsynes med en kontraventil.

Rottesikring

Ved drænledningers tilslutning til en nedgangsbrønd kan der i rotteplagede områder i udmundingen anbringes en aftagelig rist af kobber eller varmforzinket jern for at forhindre rotters indtrængen i drænledningerne.

Faskiner

Hvor bebyggelsesforholdene og jordbundens beskaffenhed skønnes egnet, kan myndighederne give tilladelse til, at afløb fra tage og mindre befæstede arealer samt drænvand bortledes til nedsivning, se figur 13. Vedrørende den detaljerede udformning henvises til Norm for mindre afløbsanlæg med nedsivning, DS 440, 2. udgave, 1983.

Terrændæk (se tillæg 1)

Terrændæk er gulvkonstruktioner, som funderes direkte på jorden. Terrændæk skal være fugt- og varmeisolerende, samt tætte over for opstrømning af radonholdig luft fra jorden. Terrændæk indgår i varmetabsrammen med U-værdien 0,20.

Et terrændæk opbygges normalt på følgende måde: Nederst et kapillarbrydende lag, der skal forhindre, at jordfugt bliver suget op i gulvkonstruktionen, herefter et varmeisolerende lag, dernæst et trykfordelende lag, som regel i form af en betonplade støbt på stedet, og endelig en gulvbelægning. Ved fx trægulve kan en mindre del af varmeisoleringen anbringes oven på betonpladen. Materialer i terrændæk bortset fra gulvbelægningen må ikke være følsomme over for fugt.

En mere omfattende behandling af spørgsmål vedrørende fugtforhold i terrændæk findes i SBI-anvisning 178: *Bygningers fugtisolering*.

Terrænforhold

Terrændæk skal hvile på jordlag, der mindst opfylder kravene til afrømningsniveauet, se side 18. Ligger dette niveau dybere end undersiden af det kapillarbrydende lag, skal mellemrummet opfyldes med udskiftningsmateriale. Hertil anvendes normalt stenfri sand- eller grusfyld, der påfyldes lagvis under vanding og komprimering med en tung pladevibrator.

Kapillarbrydende lag

Kapillarbrydende lag kan bestå af ral, singels eller grus med en mindste kornstørrelse på 4 mm; af coatede, løse letklinker (ekspanderet brændt ler) med en kornstørrelse på 10-20 mm; af gulvblokke af letklinkerbeton eller

af isoleringsplader udlagt på et lag afrettet grus. Tykkelsen af det kapillarbrydende lag skal være mindst 150 mm.

Varmeisolerende lag

Det anvendte isoleringsmateriale skal være trykfast og kan fx bestå af løse letklinker, gulvblokke, trykfaste mineraluldsplader eller polystyrenplader. Nogle materialer kan altså på samme tid virke kapillarbrydende og varmeisolerende.

Betonplade

Betonpladen bør støbes i mindst 100 mm tykkelse af beton 15 eller bedre, se side 19. Pladen bør forsynes med svindarmering, fx 5 mm kamstål pr. 150 mm i begge retninger i midten af pladen,

Støbning af betonpladen skal enten ske med en så stiv beton, at betonen ikke trænger ned i det underliggende lag, eller mod et diffusionsåbent støbeunderlag, fx fiberduk. Betonen skal straks efter udstøbning beskyttes mod udtørring ved tildækning med en damp-tæt membran, fx plastfolie, og bør holdes tildækket i ca. 8 dage.

Gulvbelægning

Ved fugtfølsomme gulvbelægninger, som fx trægulv på strøer eller et svømmende gulv, hvori indgår træ eller træbaserede plader, skal der altid anbringes en fugtspærre oven på betonpladen, idet denne afgiver byggefugt i en ret lang periode efter støbningen. Fugtspærren udføres fx af 0,15 mm polyethylenfolie med rigelige overlæg, dvs. 200-300 mm. Ved trægulv på strøer skal strøerne lægges på ikke-fugtopsugende opklodsninger, fx i form af riflede plastkiler anvendt parvis. En del af isoleringsmaterialet kan i blød og

dermed relativt billig form anbringes oven på betonpladen; herved reduceres tillige terrændækkets samlede tykkelse. For at undgå kondens på fugtspærrens overside skal hovedparten af isoleringsmaterialet anbringes under betonpladen.

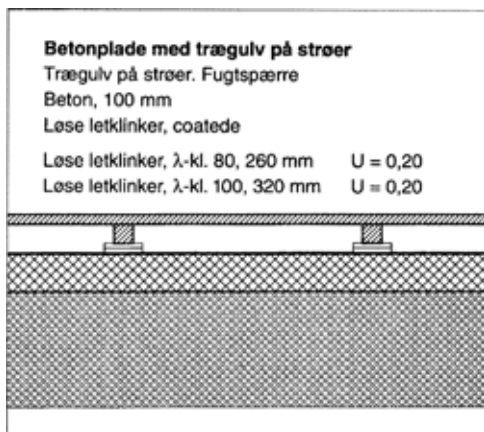
Tæthed mod radon

Radon trænger op gennem jorden sammen med luft når barometerstanden er faldende. Da der er tale om lufttrykforskelle på op til 0,1 atmosfære, kan indtrængning af radon kun undgås ved at trykudligne det kapillarbrydende lag til atmosfæren, samtidig med at terrændækket gøres så tæt som muligt. Betonpladen anses for at være tæt over for radon, men det er nødvendigt at sikre tætheden langs fundamentet, som vist i figurerne 18, 19, 20 og 21. Trykudligning af det kapillarbrydende lag kan ske gennem stikdræn til omfangsdrænet, som beskrevet i kapitlet Dræning.

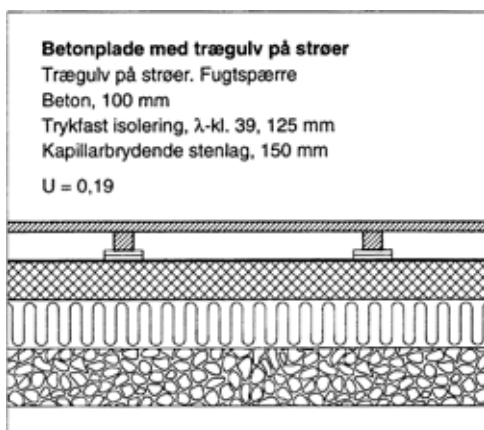
Eksempler på terrændæk (se tillæg 1)

Figurerne 14, 15, 16 og 17 viser eksempler på opbygning af terrændæk. De på figurerne viste isoleringstykkelser og de dertil hørende U-værdier forudsætter, at der etableres en effektiv kuldebroafbrydelse ved dækkets tilslutning til fundament og ydervæg.

Figurerne 18, 19 og 20 viser eksempler på tilslutninger ved tunge ydervægge. I den øvre del af fundamentet bør der altid indskydes et lag isoleringsmateriale mellem to lag letklinkerbeton. Massive letklinkerbetonblokke vil give en betydelig kuldebro - selv med lodretstillet indvendig isolering. Med hensyn til radonsikring skal man være opmærksom på, at bagvæggen ikke altid er lufttæt. Radon kan trænge op i hulmursisoleringen, hvis der ikke er indlagt et gennemgående paplag som vist i figur 19. Konstruktionerne i figur 18 og 20 er derfor kun tætte over for radon, hvis bagvæggen er tilstrækkelig lufttæt helt ned til betonpladen.



Figur 14. Terrændæk af betonplade med trægulv på strøer placeret på et kapillarbrydende og varmeisolerende lag af løse letklinker. Den nødvendige lagtykkelse for at opnå U-værdien 0,20 afhænger af letklinkernes λ -klasse.



Figur 15. Terrændæk af betonplade med trægulv på strøer placeret på et kapillarbrydende stenlag og et trykfast isoleringslag.

Et trægulv er så fugtfølsomt, at der altid skal anbringes en fugtspærre oven på betonpladen, idet denne afgiver fugt i en ret lang periode efter støbningen.

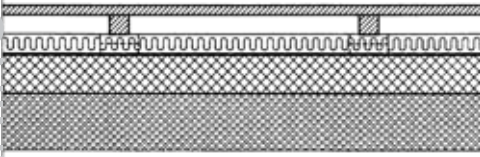
Betonplade med trægulv på stroer

Trægulv på stroer

Mineraluld 39, 50 mm. Fugtspærre

Beton, 100 mm

Løse letklinker, coatede

Løse letklinker, λ -kl. 80, 150 mm $U = 0,20$ Løse letklinker, λ -kl. 100, 200 mm $U = 0,20$ 

Figur 16. Terrændæk af betonplade med trægulv på stroer placeret på et kapillarbrydende og varmeisolerende lag afløse letklinker Den nødvendige lagtykkelse for at opnå U -værdien 0,20 afhænger af letklinkernes $\times$ -klasse.

Et trægulv er så fugtfølsomt, at der altid skal anbringes en fugtspærre oven på betonpladen, idet denne afgiver fugt i en ret lang periode efter støbningen. For at undgå kondens på oversiden af fugtspærren skal hovedparten af isoleringsmaterialet anbringes under betonpladen.

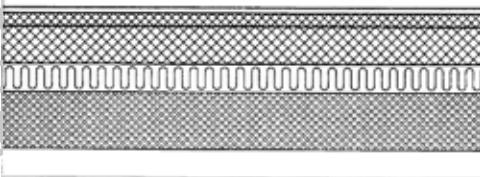
Betonplade med tynd gulvbelægning

Tynd gulvbelægning

Beton, 100 mm

Trykfast isolering, λ -kl. 39, 75 mm

Løse letklinker, coatede

Løse letklinker, λ -kl. 80, 150 mm $U = 0,19$ Løse letklinker, λ -kl. 100, 200 mm $U = 0,19$ 

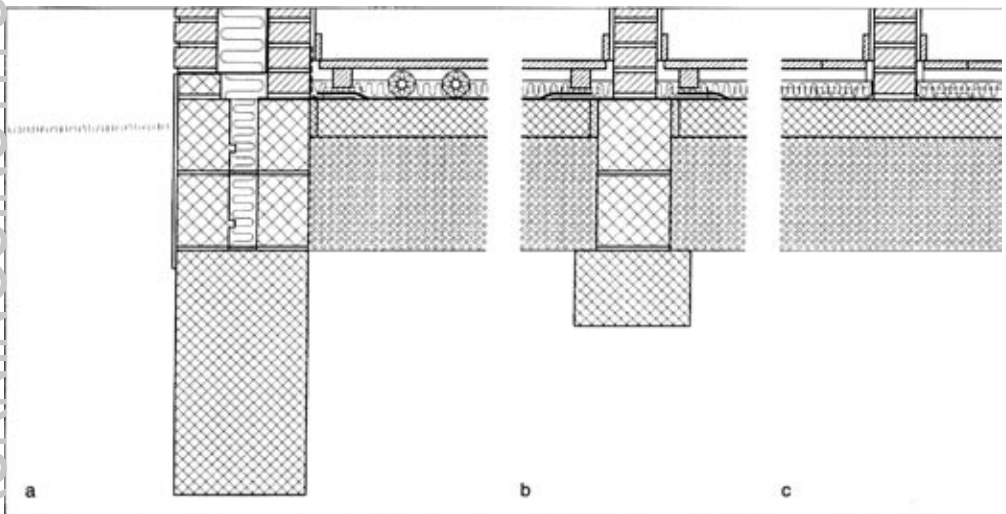
Figur 17. Terrændæk med tynd gulvbelægning på betonplade på trykfast isolering og et kapillarbrydende lag af løse letklinker Med gulvbelægning af ikke-fugtfølsomme materialer er der ikke behov for fugtspærre.

Figur 21 viser, hvorledes en træskeletvæg kan tilsluttes et terrændæk. Tæthed over for radon kræver, at der udføres en tæt forbindelse mellem betonplade og væg, fx ved hjælp af murpap klæbet både til betonplade og til den indvendige vægoverflade.

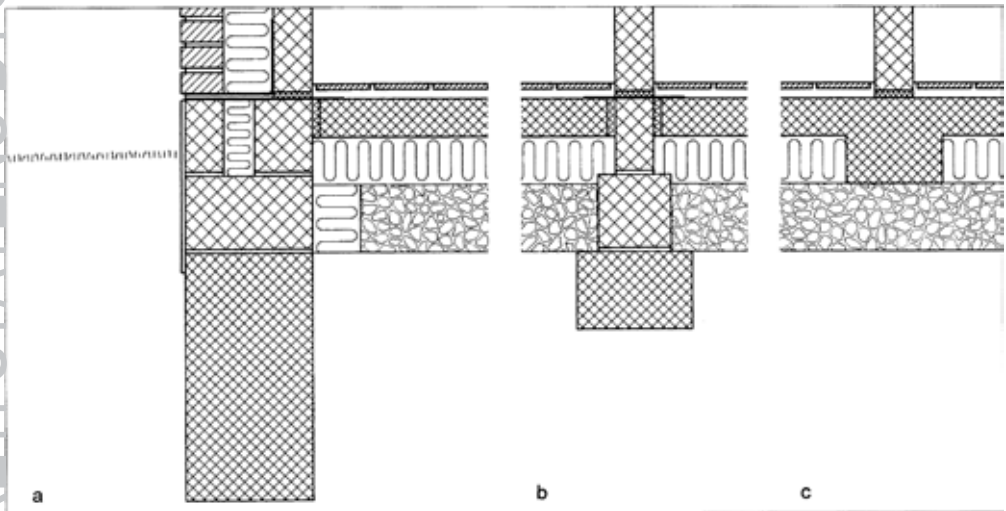
For løsninger, der afviger væsentligt fra de her viste, angiver SBI-anvisning 184: *Bygningers varmetab og U-værdier '95* regler for dimensionering af den yderligere isolering i forbindelse med fundamentet samt regler for eftervisning af, om kuldebroer i fundamentet er passende afbrudt.

Figurerne 18-21 viser desuden eksempler på udførelse af bærende og ikke-bærende indervægge på terrændæk. På figurerne 19 og 21 er de ikke-bærende indervægge funderet på det kapillarbrydende lag. De vil dog ofte kunne placeres direkte på betonpladen som vist på figur 20 og omtalt side 18.

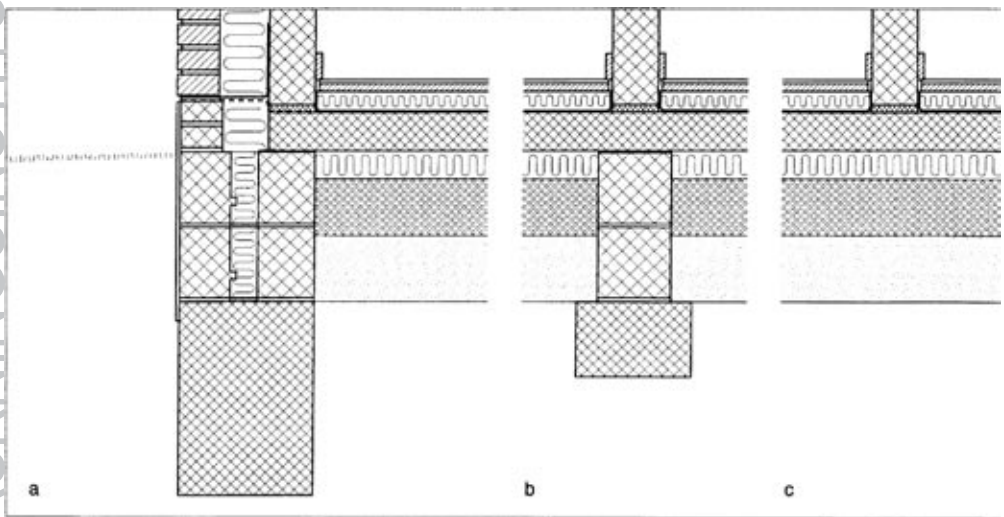
Fundamenter skal udføres sådan, at der ikke kan opstå skader som følge af fugt fra terrænet. Dette sikres normalt ved at den del af fundamentet, der består af blokke, berappes på den udvendige side og pudses på den øverste synlige del, soklen, samt på de øverste ca. 150 mm under terrænniveau.



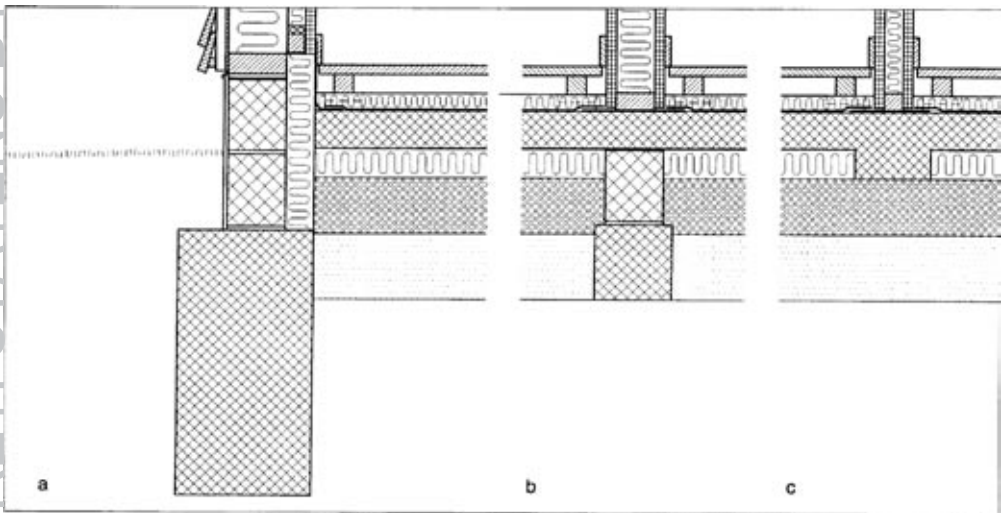
Figur 18. Kuldebroen gennem fundamentets øverste del (a) er brudt af letklinkerbetonblokke med et isolerende midterlag. Der tættes mod radonindtrængning over kantisoleringen ved at klæbe murpappen til betonpladen. Kan bagvæggen kun anses for tæt over for radon, hvor den er udført med overfladetætning, kan paplaget over kantisoleringen i stedet føres op og klæbes til bagvæggen sådan, at paplag og overfladetætning overlapper hitvunden (vist stiptet). Figuren viser tillige en bærende (b) og en ikkebærende indervæg (c). Pap under indervægge klæbes tæt til betonpladen.



Figur 19. Kuldebroen gennem fundamentets øverste del (a) er brudt af isoleringsmateriale mellem to letklinkerbetonblokke i øverste skifte. Der tættes mod radonindtrængning over kantisoleringen ved at klæbe murpappen til betonpladen. Figuren viser tillige en bærende (b) og en ikke-bærende indervæg (c). Sidstnævnte er funderet direkte på det kapillarbrydende lag, se side 18. Fundament under bærende indervæg er ført helt op til overside betonplade, og fugtspærre er klæbet tæt til betonpladen.



Figur 20. Kuldebroen gennem fundamentets øverste del (a) er brudt af letklinkerbetonblokke med et isolerende midterlag. Fugtspærre på overside af betonpladen beskytter fugtfølsomme dele af gulvkonstruktionen. Tæthed mod radonindtrængning langs, fundament er sikret ved sammenstøbning af betonplade og fundament. Er bagvæggen ikke tæt overfor radon, kan et ekstra paplag indlægges overfundamentet (vist stiptet). Figuren viser tillige en bærende (b) og en ikke-bærende indervæg (c). Sidstnævnte skal eventuelt funderes direkte på det kapillarbrydende lag, se side 18.



Figur 21. Kuldebroen gennem fundamentets øverste del (a) er brudt ved placering af et isoleringslag inden for fundamentet. Herved forbindes isoleringen i væg og gulv. Tæthed mod radonindtrængning langs fundamentet er sikret ved at klæbe en strimmel murpap til både betonplade og væg. Figuren viser tillige en bærende (b) og en ikke-bærende indervæg (c). Sidstnævnte skal ikke altid funderes direkte på det kapillarbrydende lag.

Krybekældre

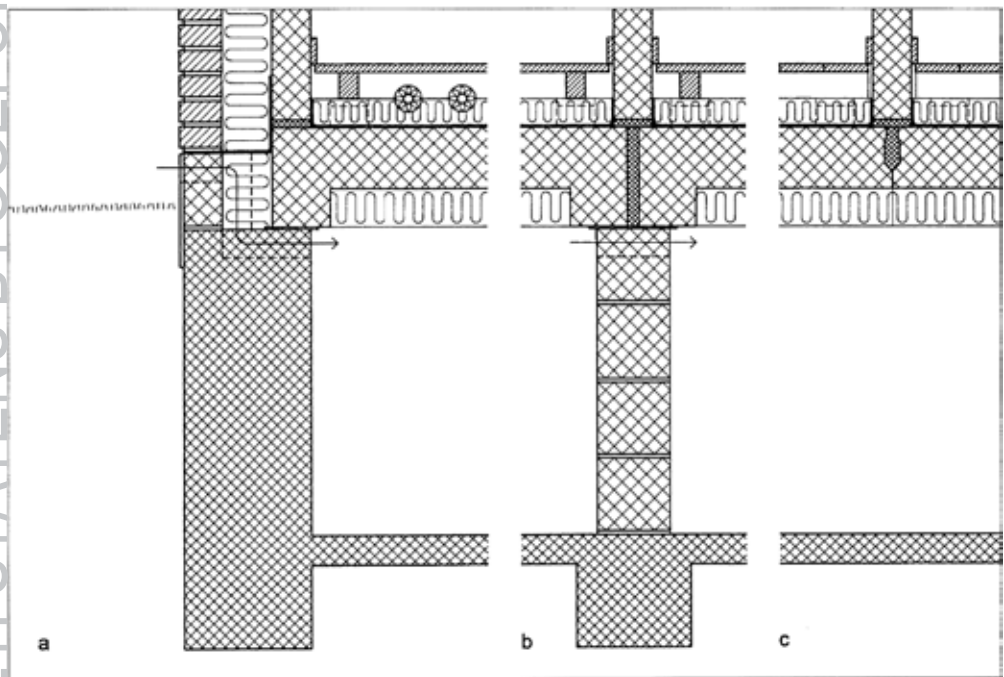
Krybekældre er 0,6-0,8 m høje, tilgængelige rum mellem terræn og nederste dæk (gulv i stueetage). Hensigten med krybekældre er at skabe afstand mellem terræn og dæk, så direkte kontakt med jordfugt undgås. Et eksempel er vist på figur 22. Krybekældre kan vælges i stedet for terrændæk fx i tilfælde, hvor afvægningsniveauet ligger dybt.

Krybekældre skal være beskyttet mod jordfugt og indtrængning af overfladevand.

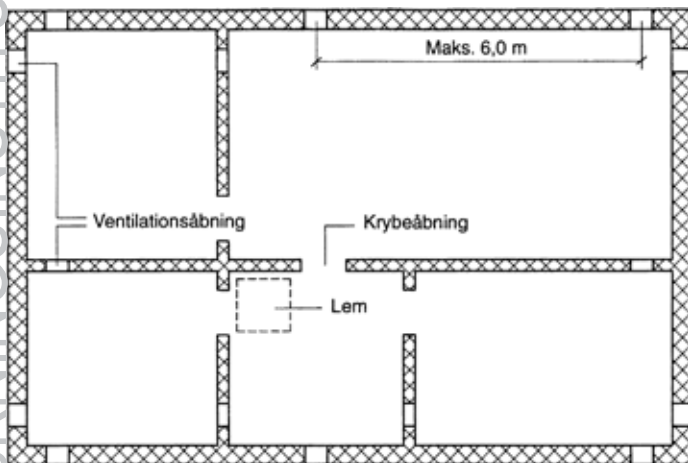
Ydervægge skal dimensioneres sådan, at de kan modstå jordtryk.

Dæk over let tilgængelige krybekældre, der derfor kan udnyttes til opbevaring, skal opfylde samme brandtekniske krav som dæk over kældre.

I dette kapitel behandles kun traditionelt ventilerede krybekældre. Dæk over sådanne krybekældre indgår i varmetabsrammen med U-værdien 0,20.



Figur 22. Krybekælderdek af letklinkerbetonelementer med påstøbt 100 mm isolering på undersiden. Kuldebroen gennem krybekældeiydervæggens øverste del er brudt ved at placere varmeisolering mellem betondækket og en letklinkerbetonblok. Trægulvet oven på letklinkerbetondækket er beskyttet mod byggefugt med en fugtspærre af 0,15 min polyethylenfolie anbragt oven på dækelementerne. Isoleringen på dækkets underside er suppleret med 75 mm isolering anbragt oven på fugtspærren. Ved på denne måde kun at anbringe en mindre del af isoleringen oven på fugtspærren forhindres kondens på fugtspærrens overside.



Figur 23. Ventilation af krybekældre til det fri. Det anbefales at udføre mindst n ventilationsåbning for hver 6 m ydervæg, og hver åbning skal være mindst 150 cm^2 . Ventilationsåbningerne skal anbringes således, at der ikke kan opstå »lommer« med stillestående luft i krybekælderen. Der skal også være ventilationsåbninger i indvendige vægge, så ventilationen kan foregå uhindret. Der bør tillige udføres krybeåbning, så alle dele af krybekælderen kan inspiceres. Af hensyn til indervæggens tværafstivende funktion bør krybeåbninger ikke placeres i nærheden af ydervægge.

Er krybekælderdaækket af beton eller tilsvarende ikke fugtfølsomt materiale, kan antallet af ventilationsåbninger reduceres til det halve, idet der dog mindst skal være én åbning i nærheden af hvert udadgående hjørne.

Ventilation

Fugt, der trænger ind i kryberummet, fjernes ved ventilation med udeluft. Størrelse og placering af de nødvendige ventilationsåbninger fremgår af figurerne 23 og 24.

Krybekælderbunde

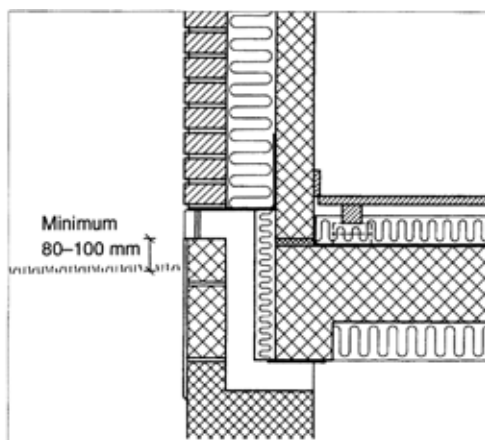
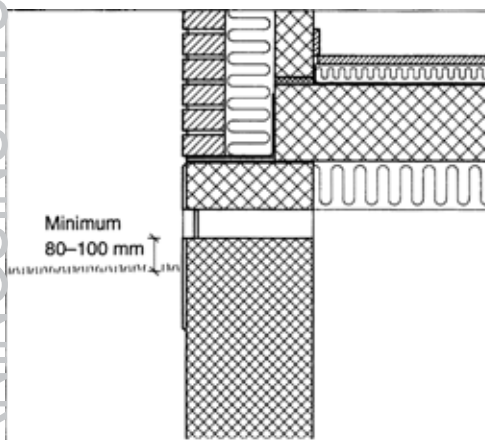
Bunde i krybekældre udføres normalt som uarmerede betonplader støbt på stedet i mindst 80 mm tykkelse af beton 5 eller bedre, se side 19. Betonpladen skal hvile på jordlag, der mindst opfylder kravene til af-rømningsniveauet, se side 18. Støbning kan på velegnet terræn ske direkte modjord, men det må normalt anbefales at placere en fugt-spærre fx af 0,15 mm polyethylenfolie på jord inden pladen støbes.

Krybekælderydervægge

Krybekælderydervægge kan udføres af udstøbningsblokke af beton eller letklinkerbe-ton eller af massive letklinkerbetonblokke, se side 19. De kan også støbes på stedet i forskalling med beton 10 eller bedre, se side 19. Væggene skal have mindst samme tyk-kelse som de vægge, de bærer.

Udstøbningsblokke stables med knasfuger i forbandt på sribefundamentet og udstøbes i højst to skifter ad gangen med beton 10 eller bedre. Vandrette støbeskel skal placeres midt i blokke.

Massive letklinkerbetonblokke opmures med fyldte fuger med mørtel KC 20/80/550 eller bedre i henhold til Murværksnormen. Som svindarmering skal anbringes 2 stk.



Figur 24. Ventilationsåbningerne i krybekælderen skal have underkanten 80-100 mm over terræn, og skal udmunde under krybekælderdekkeet. Ved en vandret ventilationskanal gennem ydervæggen kan overside af stuegulv komme til at ligge ret højt over terræn. Denne afstand kan reduceres, hvis ventilationskanalerne forkrøbbes, men kanalernes tværsnit eller antal bør da forøges med mindst 50 pct.

BI-stål eller 2 stk. 6 mm tentorstål eller tilsvarende stål med samme styrke i hver tredje liggefuge. Armeringen skal være gennemgående og skal føres ubrudt rundt i hjørner, for BI-ståls vedkommende overlappes dog den ene tråd. Ved stød skal overlappningen være mindst 300 mm.

Støbning af vægge skal ske i en arbejds-gang uden støbeskel, medmindre der træffes særlige forholdsregler. Under støbning skal betonen komprimeres omhyggeligt med stavvibrator. Eventuelle stenreder og huller skal repareres med cementmørtel 1:3.

For at sikre tilstrækkelig bæreevne over for jordtryk skal krybekælderydervægge understøttes sådan, at nærmere bestemte maksimale feltstørrelser ikke overskrides, se side 38.

Dersom sikring af husets stabilitet kræver forankring over for opadrettet last, skal ankre indstøbes i krybekælderydervæggene - eller i fundamenterne, hvis væggene er udført af massive letklinkerbetonblokke.

Krybekælderydervægge skal udføres sådan, at der ikke kan opstå skader som følge af fugt fra terrænet. Vægge af blokke skal berappes i hele højden og pudses på den øverste, synlige vægdel (soklen), samt på de øverste ca. 150 mm under terrænniveau. Den resterende del skal asfalteres og udcastes. Ved vægge og sokkel støbt af beton 10 bør betonsoklen pudses ligesom ved blokvægge. Ved vægge og sokkel støbt af beton 15 eller bedre er pudsning overflødig.

Tilfyldning mod krybekælderydervægge må ikke påbegyndes, før krybekælderbund er støbt og afstivende tværvægge er udført. Forudsættes 4-sidet understøttede ydervægge, skal også dæk over krybekælder være udført.

Krybekælderindervægge

Indervægge i krybekældre udføres normalt af udstøbningsblokke af beton eller letklinkerbeton eller af massive letklinkerbetonblokke. Væggene skal have mindst samme

tykkelse som de vægge, de bærer, og skal forsynes med krybeåbninger, så ventilation kan foregå uhindret, se figur 23. Fundering skal ske i overensstemmelse med oplysningerne angivet i tabel 2, side 17. Fundamenterne skal føres til frostfri dybde, som fastlægges i forhold til færdigt terræn omkring huset.

Krybekælderdek

Dæk over krybekældre udføres normalt som træbjælkelag eller af præfabrikerede elementer af letklinkerbeton. Under vådrum, dvs. baderum, wc-rum med gulv afløb og lignende, erstattes træbjælkelag ofte af et beton-dæk.

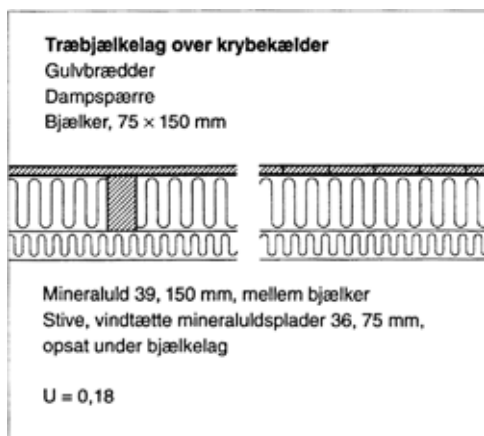
Træbjælkelag

Angående dimensionering af træbjælkelag henvises til side 41 i kapitlet Kældre.

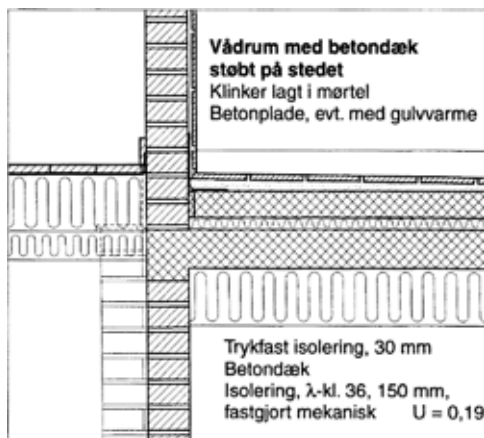
For at opnå en U-værdi på 0,20 skal træbjælkelag varmeisoleres med ca. 200 mm mineraluld. Ca. 1/3 af isoleringen skal anbringes under bjælkerne for at undgå opfugtning af disse. Isoleringen skal monteres omhyggeligt, så luftstrømning i samlinger forhindres. Krybekælderdekke skal endvidere være vindtæt, så der ikke opstår trækgener ved gulvet. Dette opnås ved at anbringe en dampspærre fx. af plastfolie direkte under gulvbrædderne og klemme denne omhyggeligt bag fodlisterne. Herved sikres tillige mod opstrømning af radon fra krybekælderen.

Træbjælkelag skal isoleres mod fugt fra understøttende vægge ved mellemlæg af murpap. De yderste 200-250 mm af bjælkeender i mur samt bjælkesider mod mur skal stryges to gange med indtrængende træbeskyttelsesmiddel.

Figur 25 viser et eksempel på krybekælderdek udført som træbjælkelag, og figur 26 viser tilslutning til et betondæk under et vådrum. Figurerne 27 og 28 viser eksempler



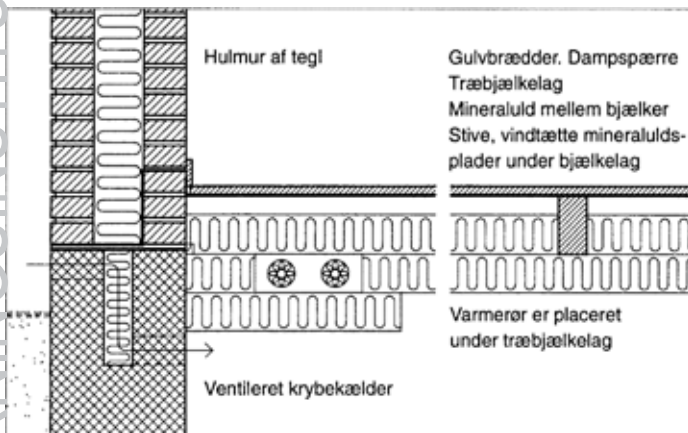
Figur 25. Krybekælderdek udført som træbjælkelag. Ca. 1/3 af isoleringen skal anbringes under bjælkerne. Reduceres isoleringstykkelsen mellem bjælkerne til 125 mm, øges U-værdien til 0,20.



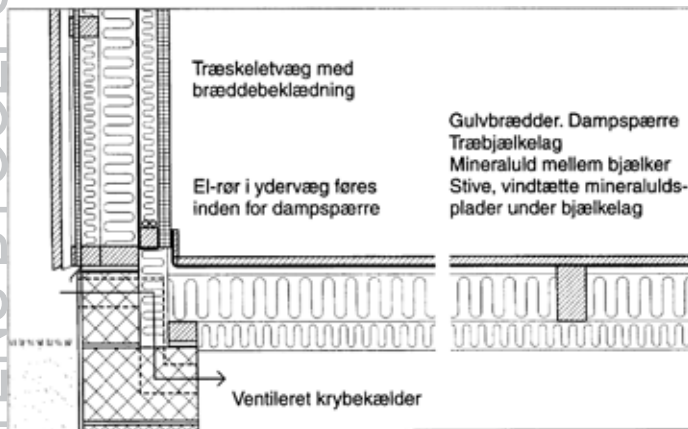
Figur 26. Krybekælderdek udført som træbjælkelag med betondæk under vådrum. For at friholde træ bjælkelaget fra vådrummet er bjælkevederlaget udført som en særlig pille i krybekælderinder-væggen.

på udførelse af forbindelse mellem træbjælkelag og ydervæg.

For at begrænse konstruktionshøjden er det ofte ønskeligt at anvende moderate bjæl-



Figur 27. Krybekælderdek udført som træbjælkelag. Kuldebroen gennem den øverste del af krybekælderdyervæggen er brudt ved lodret placering af trykfast isoleringsmateriale i midten af væggen. Varmerør placeret under træbjælkelag er selvstændigt isoleret samt beskyttet med yderligere isolering i den tilgængelige krybekælder. Dampspærre direkte under gulvbrædder forhindrer luftopstrømning (trækgener radon) fra krybekælderen.



Figur 28. Krybekælderdek udført som træbjælkelag. Kuldebroen mellem træskeletvæg og bjælkelag er brudt ved placering af isoleringsmateriale inden for den smalle letklinkerbetonblok øverst i fundamentet. Dampspærre under gulvet bør klæbes til der? indvendige vægbeklædning for at sikre mod luftopstrømning (radon). Remmen under bjælkelaget skal være trykimpregneret.

kehøjder, fx 150 mm, som vist på figur 25. Herved reduceres imidlertid tillige bjælkerens maksimale spændvidde, hvilket kan afhjælpes ved at udføre ekstra bærende længdevægge i krybekælderen. Fundering skal ske som angivet for bærende indervægge i tabel 2, side 17, idet fundamentsbredden kan reduceres til halvdelen af de angivne værdier, dog mindst 0,15 m.

Beton- og letklinkerbetondæk

Angående dimensionering af betondæk støbt på stedet til vådrum henvises til side 42 i kapitlet Kældre.

Letklinkerbetondæk leveres i standardudførelse med en bæreevne, der opfylder kravene til anvendelse i boligbyggeri.

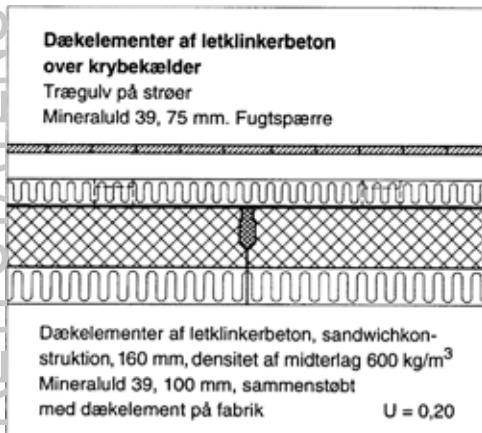
For at opnå en U-værdi på 0,20 skal beton- og letklinkerbetondæk forsynes med 175-200 mm varmeisoleringsmateriale, af-

hængig af selve dækkets isoleringsevne. Isolering under krybekælderdek skal monteres omhyggeligt, så luftstrømning i samlinger forhindres.

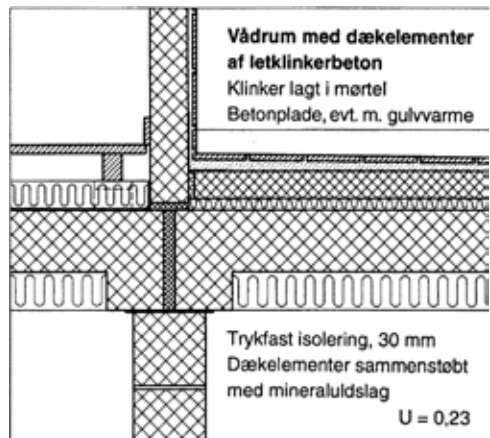
Med korrekt udførte elementsamlinger er dækkets tæthed tilstrækkelig til at imødegå såvel trækgener ved gulv som opstrømning af radonholdig luft fra krybekælderen.

Ved fugtfølsomme gulvbelægninger, som fx trægulv på strøer, skal der altid anbringes en fugtspærre oven på dækket for at beskytte mod byggefugt. I disse tilfælde bør kun en mindre del af isoleringsmaterialet - højst 75 mm - anbringes oven på fugtspærren som følge af risiko for kondensdannelse på fugtspærrens overside.

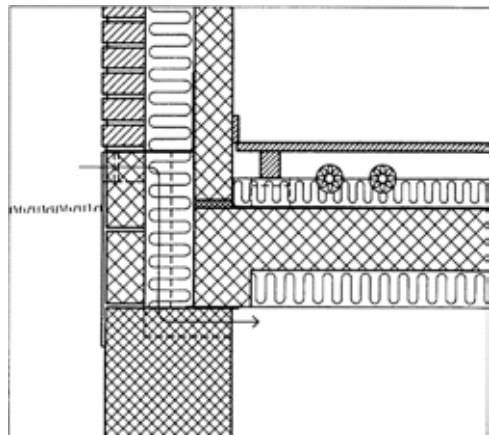
Figur 29 viser et eksempel på krybekælderdek af letklinkerbeton med påstøbt isolering, og figur 30 viser et eksempel på udførelse af vådrum på et letklinkerbetondæk. Et eksempel på samling mellem dæk og krybekælderydervæg er vist på figur 31. Figurerne 32 og 33 viser detaljer ved yderdøre for dækkonstruktionen på figur 31.



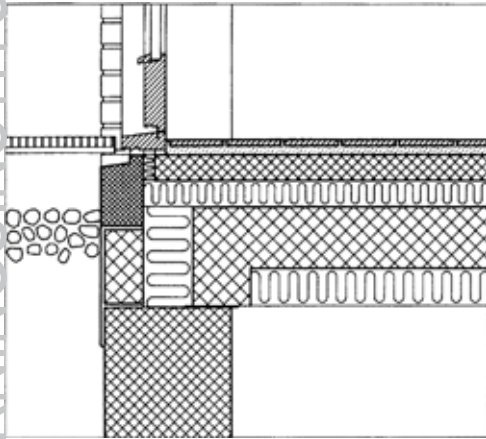
Figur 29. Krybekælderdek af letklinkerbetonelementer med påstøbt isolering. Kun en mindre del af isoleringen må anbringes over fugtspærren.



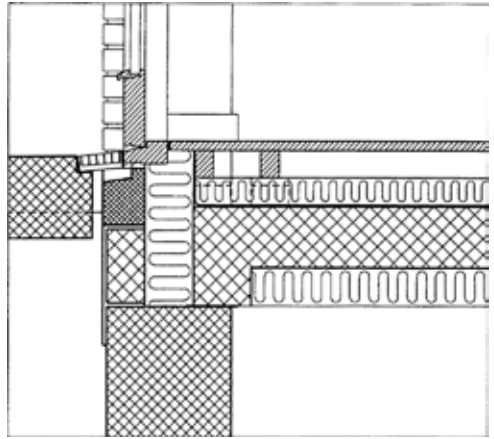
Figur 30. Vådrum på krybekælderdek vist på figur 29. Hvis der under dækket monteres yderligere 50 mm isolering, opnås U-værdien 0,18. Alternativt kan varmetabsrammen benyttes ved i stedet at forbedre isoleringen andre steder.



Figur 31. Krybekælderdek af letklinkerbetonelementer som vist på figur 22. Dækkonstruktionen er her placeret så lavt i forhold til det omgivende terræn, at sokkelhøjden bliver 150 mm, den mindste højde der er fugtteknisk forsvarlig. Hvis niveauforskellen mellem inde og ude ønskes yderligere reduceret, kan der fx etableres en rende langs ydervæggene.



Figur 32. Snit ved indadgående hoveddør for konstruktionen vist på figur 31. Der skal være en repos i niveau med den indvendige gulvbelægning. Reposen kan udgøres af den viste rist, eller terrænet kan hæves lokalt omkring døren. Af fugthensyn skal der være en spalte mellem sokkel og det hævede terræn, der derfor må afsluttes fx med en kantstillet flise. Spalten kan overdækkes med en rist og skal være så bred, at den kan renses for blade og lignende. Hvis indgangspartiet overdækkes, vil en mindre drækanal langs dørrinet være tilstrækkelig.



Figur 33. Snit ved udadgående hoveddør for konstruktionen vist på figur 31. For at sikre, at døren kan åbnes under alle forhold, bør reposens overside ligge mindst 20 mm under dørbladets underside. Niveauforskellen skal udlignes, fx med en skråtstillet rist over den spalte, der af fugthensyn skal være mellem sokkel og repos.

Kældre

Kældre skal være varme- og fugtisolerede, samt være tætte over for opstrømmende radonholdig luft fra jorden. Kælderydervægge skal kunne modstå jordtryk.

I dette kapitel behandles opvarmede kældre. Figur 34 viser to typiske snit. De viste eksempler på gulve og ydervægge kan også benyttes i forbindelse med uopvarmede kældre, idet varmeisoleringskravene er mindre. Dæk over uopvarmede kældre indgår i varmetabsrammen med U-værdien 0,40.

Brandforhold

Kælderydervægge, bærende kælderinder-vægge og dæk over kælder skal udføres mindst som BD-bygningsdel 30. I huse med 11/2 eller 2 etager og kælder skal bærende konstruktioner i kælder og dæk over kælder dog mindst udføres som 13D-bygningsdel 60, og trappe mellem kælder og stueetage skal adskilles fra kælder eller stueetage med mindst BD-bygningsdel 60 og mindst BDør 30.

Vægge og lofter skal udføres mindst som klasse 2 beklædning, se bilag B, Brand.

Kældergulve

Kældergulve opbygges normalt af en betonplade med svindarmering, et varmeisolerende lag og et kapillarbrydende lag, alternativt et kombineret varmeisolerende og kapillarbrydende lag, som beskrevet på side 24. Kældergulve indgår i varmetabsrammen med U-værdien 0,20. Eksempler på kældergulve er vist på figurene 35 og 36.

Tæthed mod luftopstrømning (radon) fra jorden kan sikres ved at udføre sammenstøbning mellem betonplade og fundamenter under ydervægge og indervægge som vist på figur 34.

Kældergulve skal hvile på jordlag, der mindst opfylder kravene til afrømningsniveauet, se side 18.

Kælderydervægge

Kælderydervægge kan udføres af udstøbningsblokke af beton eller letklinkerbeton eller af massive letklinkerbetonblokke, se side 19. De kan også støbes på stedet i forskalling med beton 10 eller bedre, se side 19. Væggene skal have mindst samme tykkelse som de vægge, de bærer. Eksempler på kælderydervægge er vist på figurene 34, 38, 39 og 40.

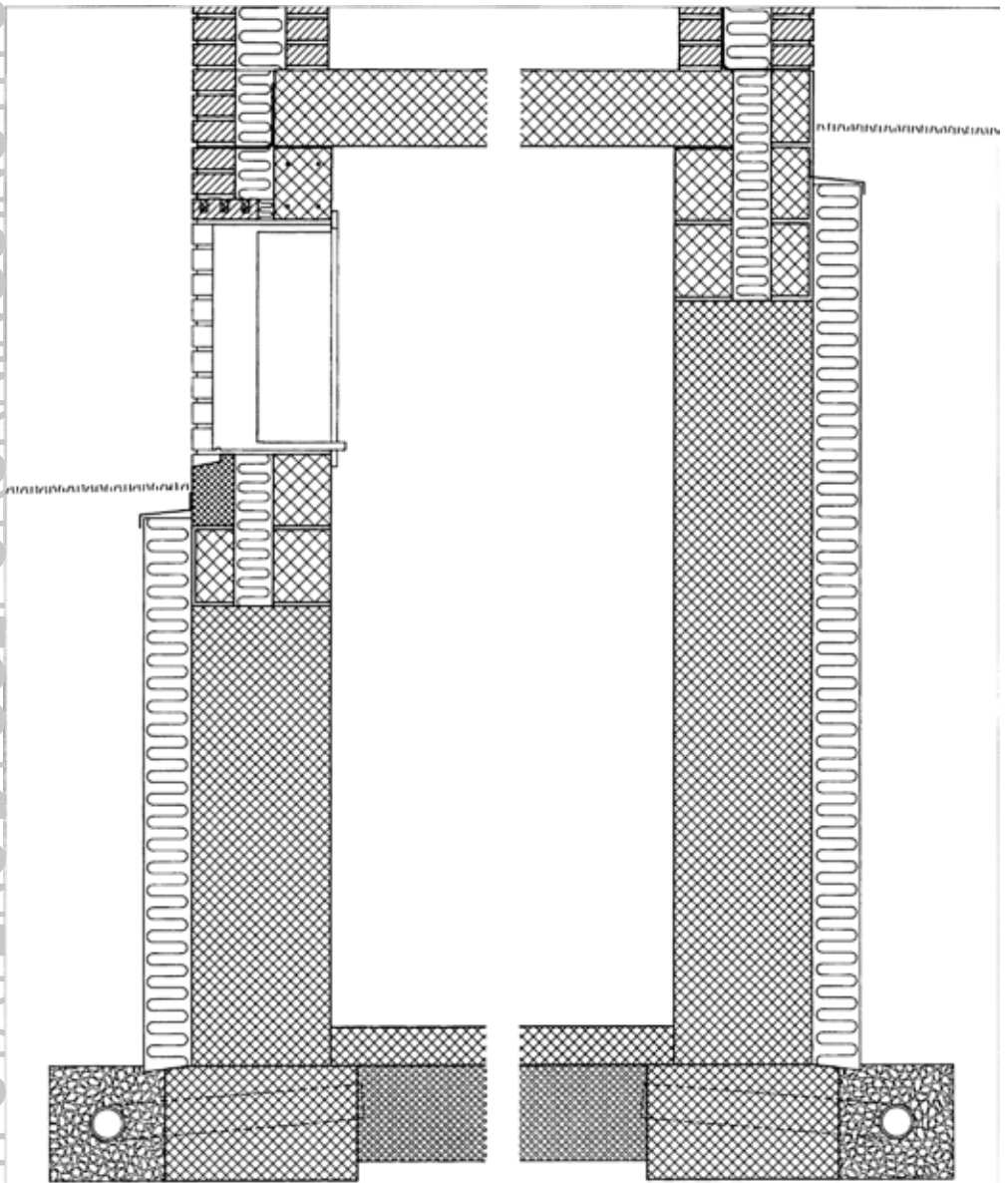
Udstøbningsblokke stables med knasfuger i forbandt på sribefundamentet og udstøbes i højst to skifter ad gangen med beton 10 eller bedre. Vandrette støbeskel skal placeres midt i blokke.

Massive letklinkerbetonblokke opmures med fyldte fuger med mørtel KC 20/80/550 eller bedre, i henhold til *Murværksnormen*. Der skal anbringes 2 stk. BI-stål eller 2 stk. 6 mm tentorstål eller tilsvarende stål med samme styrke i hver tredje liggefuge. Armeringen skal være gennemgående og skal føres ubrudt rundt i hjørner, for BI-ståls vedkommende overlappes dog den ene tråd. Ved stød skal overlappningen være mindst 300 mm.

Støbning af vægge skal ske i en arbejds-gang uden støbeskel, medmindre der træffes særlige forholdsregler. Under støbning skal betonen komprimeres omhyggeligt med stavvibrator. Eventuelle stenreder og huller skal repareres med cementmørtel 1:3.

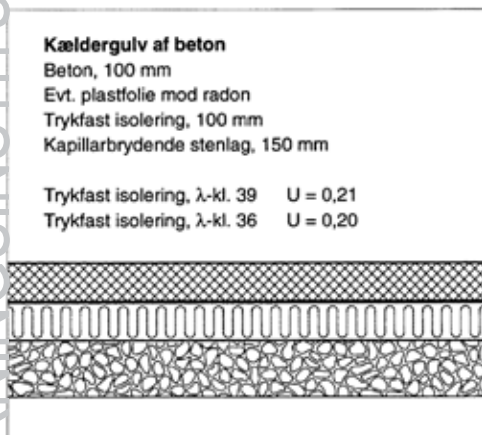
I kælderydervægge udført som hul mur anbefales det at anbringe en ekstra række bindere under dækket.

Dersom sikring af husets stabilitet kræver forankring over for opadrettet last, skal

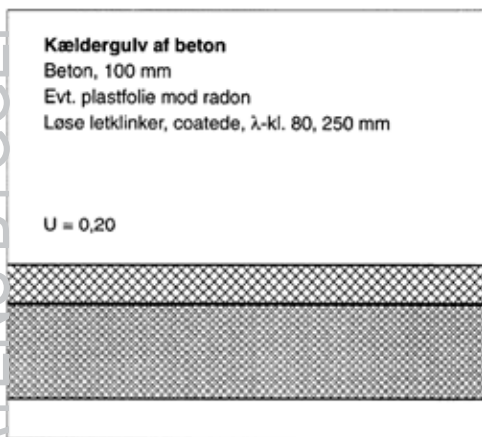


Figur 34. Snit i kælderydervæg ved henholdsvis lavtliggende og højtliggende terræn. Den øverste del af kælderydervæggen er udført som en isoleret hul mur. Isoleringen i den hule mur skal overlappe den udvendige isolering mindst 200 mm for at afbryde kuldebroen. Udførelse af kælderydervæggens øverste del som hulmur medfører at den ikke må regnes understøttet over for jordtryk af kælderdekke.

Over kældervinduet i ydervæggen mod lavtliggende terræn er der i ydersiden anbragt en tegloverligger, der skal bære formuren, og i bagvæggen en fabriksfremstillet armeret betonbjælke, som skal bære dæk og bagvæg. Kuldebroen over vinduet er brudt ved placering af isolering mellem de to bjælker.



Figur 35. Kældergulv af beton med særskilt varme isolerende lag samt et kapillarbrydende stenlag.



Figur 36. Kældergulv af beton med et kombineret varmeisolerende og kapillarbrydende lag af løse, coatede letklinker.

ankre indstøbes i kælderydervæggene - eller i fundamenterne, hvis væggene er udført af massive letklinkerbetonblokke.

Last på overliggere over vinduer og døre kan bestemmes ved hjælp af bilag A, Last. Se også side 50.

Kælderydervægge udført som beskrevet i dette afsnit opfylder de brandtekniske krav og anses ligeledes for tilstrækkeligt tætte mod luftindstrømning (radon).

Tilfyldning mod kælderydervægge må ikke påbegyndes, før kældergulv er støbt og afstivende tværvægge er udført. Forudsættes 4-sidet understøttede kælderydervægge skal også dæk over kælder være udført.

Dimensionering

Jordtrykspåvirkede kælderydervægge og krybekælderydervægge vil i reglen kun kunne regnes understøttet langs tre sider - undersiden og de to lodrette sider, se figur 34.

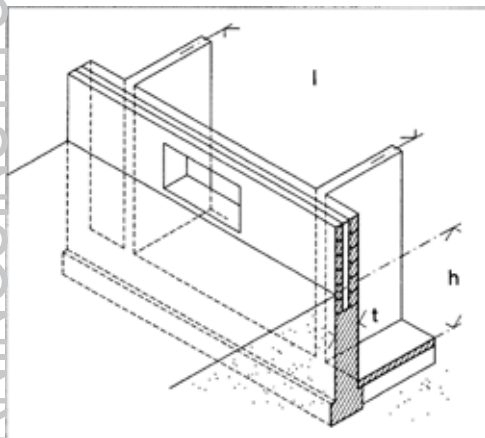
Kælderdek af fx letklinkerbeton kan ved korrekt udførelse af samlingen med kældervæggen understøtte denne foroven, dog kun under forudsætning af, at den øverste del af kældervæggen er forstærket, fx ved hjælp af armering, for at kompensere for den svækkelse, der forårsages af, at væggen udføres som hul mur.

Kælderydervægge af uarmeret beton støbt på stedet kan i henhold til *Betonnormen* (fortolkning til pkt. 5.5.5) udføres med feltstørrelser som angivet i tabel 4. Feltstørrelsen for 3-sidet understøttede vægge bestemmes

Tabel 4. Maksimal feltstørrelse $h \times l$ for kælderydervægge af uarmeret beton 10 eller udstøbningsblokke udstøbt med beton 10. h og l fremgår af figur 37.

Understøtning	Vægtykkelse, t	
	300 mm	400 mm
3-sidet	10 m ²	13,3 m ²
4-sidet	15 m ²	20,0 m ²

For vægtykkelser mellem 300 mm og 400 mm bestemmes den maksimale feltstørrelse ved interpolation mellem talværdierne. Er kælderydervæggens øverste del udført som hul mur, bør feltstørrelserne ikke udnyttes fuldt ud, hvis den hule mur er ført mere end 200 mm under terræn.



Figur 37. For 3-sidet understøttede kælderydervægge bestemmes feltstørrelsen som $h \times l$, hvor h er den jordtrykspåvirkede højde og l er afstanden mellem tværgående vægge. t angiver vægtykkelsen.

som $h \times l$, se figur 37. For 4-sidet understøttede vægge måles h til den øvre understøtning, dvs. til kælderdekke.

Kælderydervægge af udstøbningsblokke kan udføres med samme feltstørrelser som angivet for uarmerede betonvægge støbt på stedet med tilsvarende tykkelse.

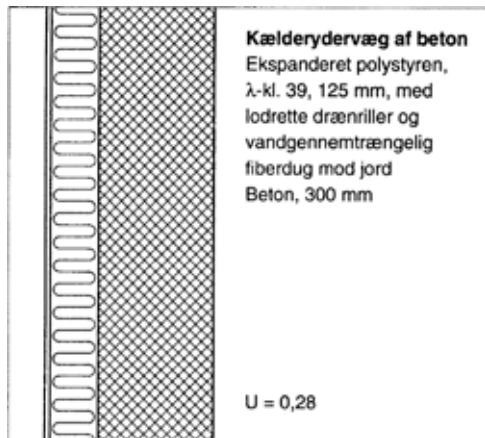
Kælderydervægge af massive letklinkerbetonblokke kan udføres med feltstørrelser på 60 pct. af feltstørrelserne angivet for uarmerede betonvægge med tilsvarende tykkelse.

Varmeisolering

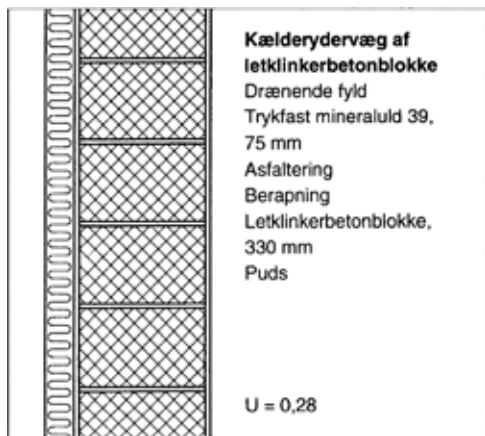
Kælderydervægge indgår i varmetabsrammen med U-værdien 0,30.

Under terrænniveau må varmeisolering på ydersiden foretrækkes, da selve væggen bliver varmere og dermed også mere tør. Isoleringsmaterialet kan fx bestå af trykfaste mineraluldsplader, løse letklinker eller af polystyrenplader med drænriller dækket med fiberdug, se figurerne 38 og 39.

Over terrænniveau udføres kælderydervægge normalt som hul mur med 100 mm

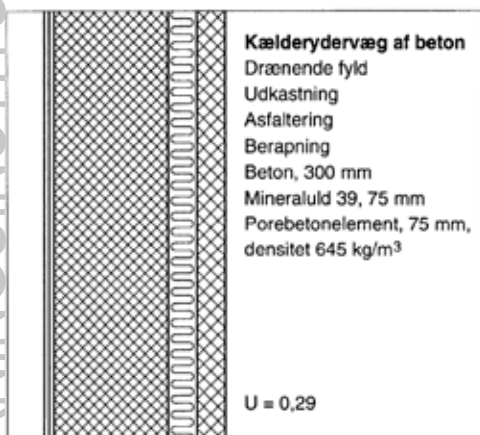


Figur 38. Kælderydervæg af beton med udvendig varmeisolering. Den viste isolering er af en type med drænende egenskaber. Benyttes en ikkedrænende varmeisolering, skal ydervæggen fugtisoleres, og der skal anvendes drænende fyld.



Figur 39. Kælderydervæg af udstøbningsblokke eller massive letklinkerbetonblokke med udvendig varmeisolering. Fugtisolering kan alternativt udføres med profilerede plastplader, men kan ikke udelades, selv om der benyttes varmeisolering med drænende egenskaber.

varmeisoleringsmateriale i hulrummet. For at undgå en kuldebro skal den hule mur føres så langt under terræn, at der er mindst 200



Figur 40. Kælderydervæg af beton med indvendig varmeisolering. Udkastning og asfaltering kan erstattes af fugtisolering med profilerede plastplader.

mm overlappning med den udvendige varmeisolering, se figur 34.

Varmeisolering på den indvendige side af kælderydervægge kan udføres med mineraluldsplader, der fastgøres mekanisk og dernæst dækkes med en letbetonvæg, se figur 40. Denne løsning er i fugtteknisk henseende den mest sikre form for indvendig isolering.

Fugtisolering

For at hindre at nedsivende vand lokalt skaber vandtryk mod kældervægge, skal der udføres vægdræn enten ved at bruge drænende fyld, opstilling af drænblokke af fx letklinkerbeton uden på kældervæggen, eller ved anvendelse af isoleringsmaterialer med drænende egenskaber. Bemærk, at trykfast mineraluld ikke anses for drænende. Vægdræn skal have forbindelse til omfangsdræn, som omtalt i kapitlet Dræning

Kælderydervægge skal udføres sådan, at der ikke kan opstå skader som følge af fugt fra terrænet. På den øverste synlige vægdel, soklen, og indtil ca. 150 mm under terræn-

niveau, sikres dette normalt ved at påføre et pudslag.

Beskyttelse mod indtrængning af fugt udføres i øvrigt enten ved to gange asfaltering, eller ved opsætning af særlige tynde, hårde, profilerede plastplader (grundmursplader).

Asfaltering skal udføres på en afrettet eller berappet overflade og skal beskyttes enten ved udkastning med cementmørtel 1:3, ved opstilling af de omtalte drænblokke eller ved udvendig varmeisolering, se figurerne 39 og 40.

Ved fugtisolering med plastplader skal disse opsættes med et stort overlæg.

Fugtisolering er ikke nødvendig på betonvægge med udvendig varmeisolering med drænende egenskaber, se figur 38.

Ved vægge og sokkel støbt i beton 15 eller bedre er pudsnings overflødig.

Kælderindervægge

Indervægge i kældre kan udføres som øvrige indervægge, se kapitlet Indervægge. Fundering skal ske i overensstemmelse med oplysningerne angivet i tabel 2, side 17.

Kælderdæk

Dæk over kældre udføres normalt som træbjælkelag eller af præfabrikerede elementer af letklinkerbeton. Under vådrum, dvs. baderum, wc-rum med gulvafløb og lignende, erstattes træbjælkelag ofte af et betondæk.

Træbjælkelag

Træbjælkelag skal udføres mindst som BD-bygningsdel 30 eller BD-bygningsdel 60, som omtalt på side 36. Figurerne 41, 42 og 43 viser, hvordan kravene kan opfyldes.

Et træbjælkelag kan udføres med bjælke-dimensioner som angivet i tabel 5.

Træbjælkelag skal isoleres mod fugt fra understøttende vægge ved mellemlæg af murpap. De yderste 200-250 mm af bjælke-

BD-etageadskillelse 30

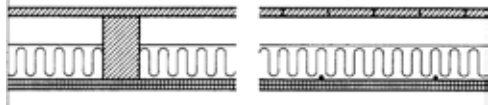
Mindest 21 mm gulvbrædder
Mindest 45 × 95 mm træbjælke pr. højst 0,6 m
Mindest 95 mm fastholdt mineraluld i pladeform



Mineralulden er i dette eksempel fastholdt med:
19 × 100 mm forskallingsbrædder pr. højst 0,3 m
Et lag mindst klasse 2 beklædning med tykkelse
mindst 12 mm, fx i form af 13 mm gipsplader

BD-etageadskillelse 60

Mindest 21 mm gulvbrædder
Mindest 95 × 170 mm træbjælke pr. højst 0,6 m
Mindest 95 mm fastholdt stenuid i pladeform
med densitet mindst 30 kg/m³



2 mm ståltråd pr. højst 0,3 m
Et lag mindst klasse 2 beklædning i pladeform,
fx i form af mindst 13 mm gipsplader
Et lag mindst klasse 2 beklædning, fx i form
af mindst 15 mm sammenpløjede brædder

Figur 41. Eksempel på træbjælkelag udført som BD-bygningsdel 30. I stedet for 21 mm gulvbrædder kan benyttes 18 mm spånplade eller krydsfinerplade.

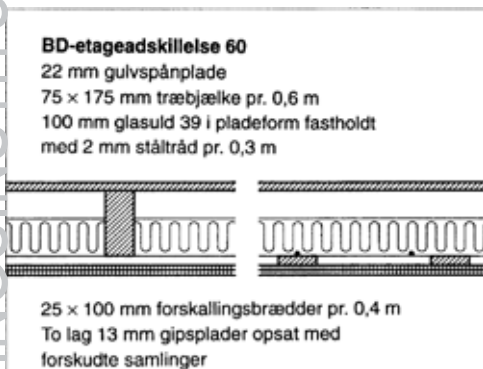
Figur 42. Eksempel på træbjælkelag udført som BD-bygningsdel 60. I stedet for 21 mm gulvbrædder kan benyttes 18 mm spånplade eller krydsfinerplade.

Tabel 5. Fri spændvidde (lysvidde) i m for træbjælkelag.

Bjælkedimension mm	Bjælkeafstand i m fra midte til midte						
	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
50 × 125	2,60	2,35	2,20	2,05	1,95	1,85	1,75
63 × 125	2,85	2,55	2,35	2,20	2,10	2,00	1,90
50 × 150	3,15	2,85	2,65	2,45	2,35	2,25	2,15
63 × 150	3,40	3,10	2,85	2,70	2,55	2,40	2,35
75 × 150	3,60	3,25	3,05	2,85	2,70	2,55	2,45
50 × 175	3,70	3,35	3,10	2,90	2,75	2,65	2,50
63 × 175	4,00	3,60	3,35	3,15	3,00	2,85	2,75
75 × 175	4,25	3,85	3,55	3,35	3,15	3,00	2,90
100 × 175	4,60	4,20	3,90	3,70	3,50	3,35	3,25
50 × 200	4,25	3,85	3,55	3,35	3,15	3,00	2,90
75 × 200	4,85	4,40	4,10	3,85	3,65	3,45	3,35
100 × 200	5,35	4,85	4,50	4,25	4,00	3,85	3,70
75 × 225	5,45	4,95	4,60	4,30	4,10	3,90	3,75
100 × 225	6,05	5,45	5,05	4,75	4,50	4,30	4,15

Tabeloplysningerne er udarbejdet under følgende forudsætninger: Konstruktionstræ af styrkeklasse K 18 i henhold til Trænormen. Egenlast af bjælkelag, gulv, loft og isolering: 0,5 kN/m². Skille vægge: 0,5 kN/m². Nyttelast: 1,5 kN/m². Nedbøjning: Tabellens værdier vil for nyttelast alene medføre en nedbøjning, som højst andrager 1/500 af spændvidden. For egenlast og de sædvanlige værdier af nyttelast vil nedbøjningen højst andrage 1/300 af spændvidden. Hvor disse nedbøjninger kan virke skæmmende eller kan skade tilsluttede konstruktioner, bør stivheden forøges.

Tabellens værdier gælder for ru planker med tværsnitsdimensioner (b × h) angivet i mm. For bjælker, der høvles på de to smalsider (b × (h - 5)), skal spændvidden multipliceres med 0,97. For bjælker, der høvles på alle sider ((b - 5) × (h - 5)), skal spændvidden multipliceres med 0,94. For bjælker, der i et stykke spænder over to eller tre fag, kan spændvidden multipliceres med 1,1.



Figur 43. Eksempel på træbjælkelag udført som BD-bygningsskel 60.

ender i mur samt bjælkesider mod mur skal stryges to gange med indtrængende træbeskyttelsesmiddel.

Beton- og letklinkerbetondæk

Letklinkerbetondæk leveres i standardudførelse som BD-bygningsskel 60 med en bæreevne, der opfylder kravene til anvendelse i boligbyggeri.

Ved fugtfølsomme gulvbelægninger, som fx trægulv på strøer, skal der altid anbringes en fugtspærre oven på dækket for at beskytte mod byggefugt.

Betondæk støbt på stedet kan udføres som angivet i tabel 6. Betonen skal straks efter udstøbning beskyttes mod udtørring ved tildækning med en damptæt membran, fx plastfolie, og bør holdes tildækket i ca. 8 dage.

Udvendige kældertrapper

Figur 44 viser et eksempel på en udvendig kældertrappe. De omgivende vægge skal funderes i frostfri dybde, som kan sættes til 0,60 m under bundpladen. Hensynet til, at der skal funderes på bæredygtige jordlag, kan dog medføre, at fundamenterne må føres længere ned. Fundamenter kan udføres som

Tabel 6. Betondæk støbt på stedet.

Største spændvidde	Tykkelse	Armeringsnet Diameter/Maskevidde
m	m	mm
3,1	0,08	6/200
3,5	0,10	6/200
4,0	0,10	6/150
4,3	0,12	6/150
5,0	0,12	8/200

Tabeloplysningerne er udarbejdet under følgende forudsætninger: Passiv miljøklasse, normal sikkerhedsklasse og lempet kontrolklasse i henhold til Betonnormen.

Beton: Minimal karakteristisk trykstyrke 15 MN/m² (Beton 15, se side 19). Armering: Svejst armeringsnet med minimal karakteristisk 0,2-spænding 550 MN/m². Skillevægge og gulv: 1,2 kN/m². Nyttelast: 1,5 kN/m²

Der er endvidere forudsat kvadratiske plader, simpelt understøttede langs alle fire sider og med samme armering i begge retninger. Foruden armering i pladens underside skal der anbringes armering i oversiden af pladen ved understøtningerne. Oversidearmeringen udføres som svejste net 6 mm pr. 200 mm i begge retninger og i et område svarende til 1/7 af pladens spændvidde med et tillæg på 250 mm.

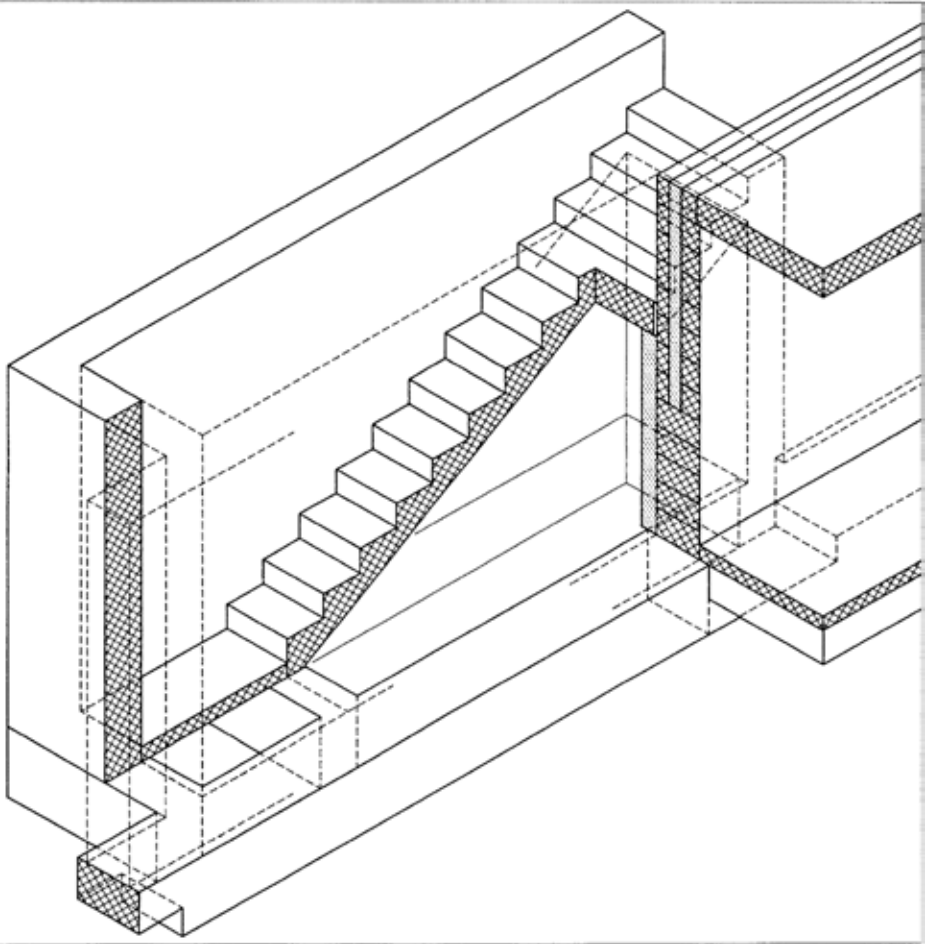
Tabeloplysningerne kan også benyttes ved rektangulære plader, forudsat at oplysningerne gældende for den største sidelængde benyttes.

fundament under kælderydervæg. Vægge kan støbes i beton 30, moderat miljøklasse i henhold til Betonnormen, med tykkelsen 300 mm. Der skal indlægges lodret armering i støbeskel.

Trappeløb og vægge over overside kældergulv skal friholdes fra kælderydervæg med en elastisk fuger, da især den hule del af kælderydervæggen ikke kan optage væsentlig vandret last.

Erfaringsmæssigt bliver en trappe bekvem at gå på, hvis grund og stigning vælges sådan, at 1 grund + 2 stigninger = ca. 630 mm. For kældertrapper bør man vælge grund på 280-300 mm og stigning på 170-175 mm.

Bunde i udvendige kældertrapper skal udføres med afløb.



Figur 44. Udvendig kældertrappe. Isometri i mål 1:50. Fundamentet under kælderydervæggen udfor trappen skal føres mindst 0,60 m ned under trappereposens overside. Da trappeløbet skal friholdes fra kældervæggen, må det spænde i længderetningen. Der skal derfor også udføres fundament under løbets nedre ende. For at undgå en kuldebro føres kælderydervæggen ned under trappeløbet som hul mur, og den bør overlappe den udvendige isolering med mindst 200 mm.

Alternativt kan kælderydervæggen udføres massiv udfor trappen og isoleres indvendigt, fx som vist på figur 40. Trappeløbet kan da understøttes af kældervæggen.

Ydervægge (se tillæg 1)

Ydervægge omfatter vægge i facader og i gavle.

Ydervægge skal 1) være i stand til at optage og videreføre last, 2) opfylde kravene til varmeisolering, 3) være sikret mod fugtskader, samt 4) være modstandsdygtige over for brand. Ved placering i støjende omgivelser skal ydervægge desuden opfylde krav til lydisolering.

Varmeisolering

I kravene til varmeisolering skelnes mellem tunge og lette ydervægge. Tunge ydervægge er vægge med masse over 100 kg/m^2 . Ved beregning af massen medregnes kun den del af væggen, der ligger inden for et eventuelt hulrum, der er ventileret.

Tunge ydervægge er typisk vægge, hvor formuren er af murværk, medens bagvæggen enten er af murværk eller af letbetonelementer. Tunge ydervægge indgår i varmetabsrammen med U-værdien 0,30.

Lette ydervægge er typisk skeletvægge af træ eller stål med en udvendig beklædning af træ, stål eller fiberarmerede, cementbaserede plader, eller med en formur af tegl. Lette ydervægge indgår i varmetabsrammen med U-værdien 0,20.

Vinduer, yderdøre, ovenlys og glasvægge indgår i varmetabsrammen med U-værdien 1,80, og deres samlede areal må ikke overstige 22 pct. af det opvarmede etageareal.

En mere detaljeret behandling af mulighederne for at opfylde kravene til varmeisolering er givet i kapitlet Varmeisolering.

Fugtforhold

Ydervægge skal udføres sådan, at de ikke beskadiges af fugt, og at eventuelt indtræ-

gende vand kan ledes ud igen. Dette kan sikres ved indlæggelse af fugt- eller dampspærre.

En fugtspærre betegner et lag, som ud over at forhindre diffusion også skal sikre mod fugttransport ved kapillarsugning.

En dampspærre betegner et lag, som ud over at forhindre diffusion også skal være lufttæt, dvs. at samlingerne mellem banerne ikke må tillade luftgennemstrømning.

Diffusion angiver vandring af vanddamp gennem et materiales porer.

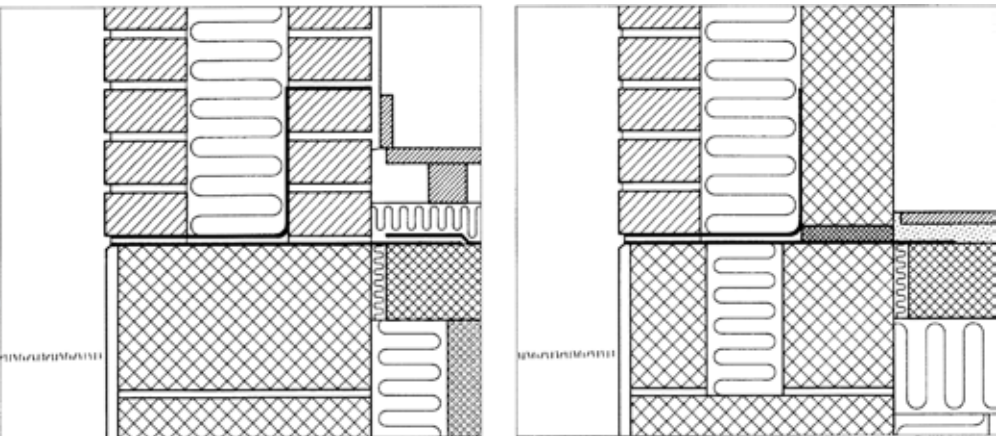
Isolering mod fugt fra fundament eller kældervæg udføres ved placering af en fugtspærre af murpap mindst 150 mm over terræn, se figur 46. Særlig egnet er asfaltpap type PF 2000, dvs. polyesterfiltrarmeret pap med en masse på 2000 g/m^2 . Alternativt kan anvendes type GF 2000, som er en glasfiltrarmeret asfaltpap.

Over alle åbninger i formuren skal der ligeledes indlægges murpap, se figur 45. Andre eksempler på placering af murpap er angivet i Tegl 17, Fugtspærre i murværk, MURO, 1994.

I vægge, som indeholder fugtfølsomme materialer (fx træ, stål, gips og lignende), skal der etableres et ventileret hulrum mellem regnskærmen og varmeisoleringen, og isoleringen skal dækkes med et vindtæt lag. Ved formur af tegl bør bredden af det ventilerede hulrum være mindst 50 mm. Væggene skal endvidere udføres sådan, at der ikke kan forekomme kondens. Dette sikres ved at anbringe en dampspærre, fx af 0,15 mm polyethylenfolie, på den varme side af isoleringen eller op til 1/3 af den samlede lagtykkelse inde i isoleringslaget, regnet fra den varme side.



Figur 45. Der skal indlægges fugtisolierende paplag over åbninger eller, forbindelse mellem formur og bagvæg. Paplaget føres ind til bagvæggen og fastgøres til denne. Ved murede bagvægge indmures paplaget 2-3 skifter højere oppe. Hvis der over åbningerne er anvendt armerede tegloverligger, se side 50, skal det isolerende paplag indmures over det sidste af deskifter, der af styrkehensyn forudsættes at samvirke med tegloverliggeren. Ved bagvægge af elementer klæbes paplaget fast over en højde på 150 mm.



Figur 46. Ydervægge skal sikres mod fugtopsugning nedefra. Der placeres et paplag, der sikrer mod fugt fra fundamentet. Ved terrændæk føres paplaget ind og klæbes til betonpladen for samtidig at sikre mod luftindtrængning (radon). Desuden placeres et paplag, som skal lede eventuelt indtrængende vand ud igen. Hvis væggen er særlig udsat for slagregn, kan mørtel udelades i hver anden studsuge i det første skifte over paplaget. Paplaget fastgøres til bagvæggen som beskrevet i figur 45.

Brandforhold

Ydervægge i småhuse skal brandmæssigt udføres mindst som BD-bygningsdel 30, og såvel udvendige som indvendige vægoverflader skal udføres mindst som klasse 2 beklædning, se bilag B, Brand.

Alle bygningsdele skal samles eller sammenbygges sådan, at den samlede konstruktion i brandmæssig henseende ikke er ringere end det, der kræves for de enkelte dele.

Ligger huset nærmere naboskel eller stiumidte end 2,5 m, skal ydervæggen mod skel være BD-bygningsdel 60, slutte tæt til den yderste tagdækning, og føres frem til inder-siden af den udvendige beklædning på ydervæggen vinkelret på skellet. Dette gælder tillige, hvis afstanden til nabohus på samme grund er mindre end 5 m.

Lydforhold

Hvis trafikken på vej eller jernbane giver et udendørs støjniveau på mere end 55 dB, skal tag, ydervægge og vinduer udføres sådan, at det indendørs støjniveau i beboelsesrum højst bliver 30 dB. Oplysninger om det udendørs støjniveau kan eventuelt indhentes hos de lokale miljømyndigheder. Såfremt det udendørs støjniveau ikke overstiger 65 dB kan kravet for normale væg- og tagkonstruktioner opfyldes ved at anvende vinduer med en lydisolation, der svarer til det udendørs støjniveau minus 30 dB. Ved højere støjniveau må også lydisolation for ydervægge og tag vurderes, se SBI-anvisning 172: Bygningers lydisolering.

I bilag C, Lyd, er målemetoder mv. specificeret.

Lydisolationen for et almindeligt vindue med termorude er 25-30 dB.

Hvis kravet til lydisolationen er 35 dB eller derover, bør man anvende vinduer, der er klassificeret og kontrolleret i henhold til DS 1084, Vinduer, Lydisolation, Klassifikation, 1979.

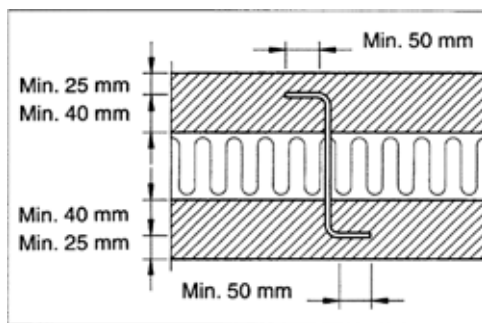
Tunge ydervægge

Tunge ydervægge udføres normalt som kombinationsvægge, hvorved forstås en dobbelt ydervæg (hul mur), hvor lodret last bæres af bagvæggen, mens vandret vindlast bæres af bagvæggen og formuren i forening. Formuren vil sædvanligvis være af murværk, mens bagvæggen kan være af murværk, letklinkerbeton eller porebeton.

Formur og bagvæg skal forbindes med trådbindere for at kunne samvirke om optagelse af vindlasten. Der skal anvendes korrosionsfaste trådbindere, fx rustfast stål eller tinbronz, i et antal svarende til mindst 4-6 bindere pr. m² væg. Anvendes 3 mm bindere, anbringes de normalt pr. 0,4 m i hvert sjette skifte eller pr. 0,6 m i hvert fjerde skifte. Anvendes i stedet 4 mm bindere, kan de anbringes pr. 0,5 m i hvert sjette skifte. Binderafstanden bør ikke overstige 0,6 m. Under de øverste skifter bør der anbringes to rækker bindere pr. 0,3 m. Der skal endvidere altid anbringes en ekstrabinderrække pr. 0,3 m langs kanten af alle åbninger, fx vindueshuller.

Regler for udformning og indmuring af trådbindere fremgår af figur 47.

Er trådbinderne indstøbt i elementer, skal



Figur 47. Trådbindere. Regler for udformning og indmuring. Både formur og bagvæg er forudsat udført af murværk.

de rettes ud, så de er retlinede og parallelle, når de indmures i formuren. Er trådbinderne ikke indstøbt, indbankes de normalt i elementkanten samtidig med opstillingen.

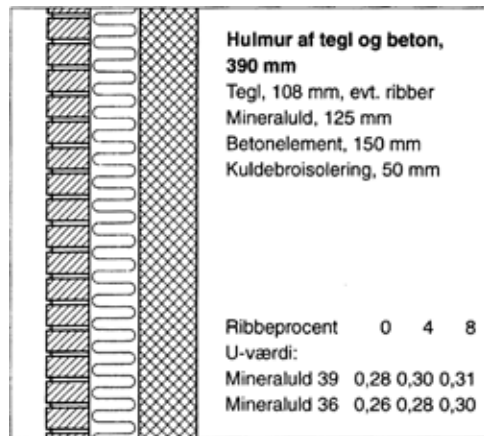
Kombinationsvægge med bagvæg af poreller letklinkerbetonelementer skal dimensioneres efter tillæg 1 til Letbetonnormen. Korrekt dimensionering kræver normalt ingeniørbistand, også når producenterne anvisninger benyttes.

Elementer skal opstilles i overensstemmelse med producenterne anvisninger. Mursten, der anvendes i regnskærmen, skal være frostfaste. Til murværk skal anvendes mørtel KC 60/40/850 eller bedre i henhold til *Murværksnormen*.

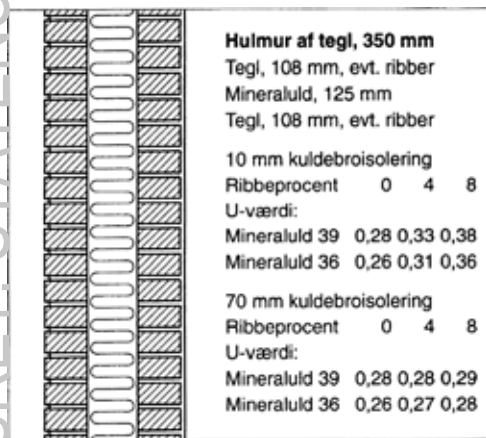
Eksempler på tunge ydervægge

På figurerne 48, 49, 50 og 51 er vist eksempler på tunge ydervægge, der opfylder kravene til varmeisolering og til BS-bygningsdel 60. Figurerne angiver ydervæggens gennemsnitlige U-værdier, når der tages hensyn til, at isoleringstykkelsen er reduceret ved ribber omkring vinduer og døre, se side 51

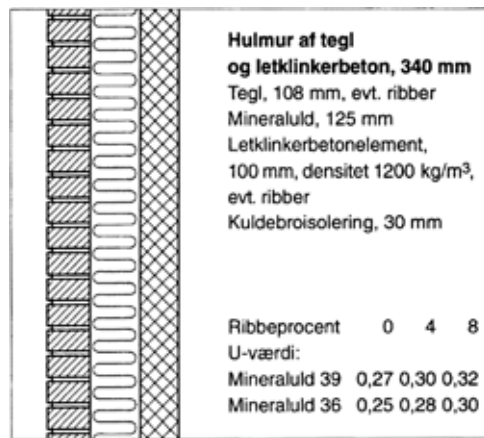
og 52. Fuld udmuring omkring vinduer og døre vil give en uacceptabel kuldebro. Ved ribbeprocent forstås forholdet mellem det samlede ribbeareal og det samlede vægareal minus arealet af døre og vinduer, angivet i procent.



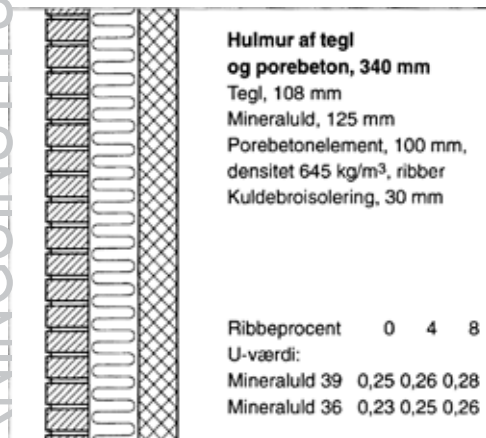
Figur 49. Kombinationsvæg med murværk af tegl i formur og beton i bagvæg.



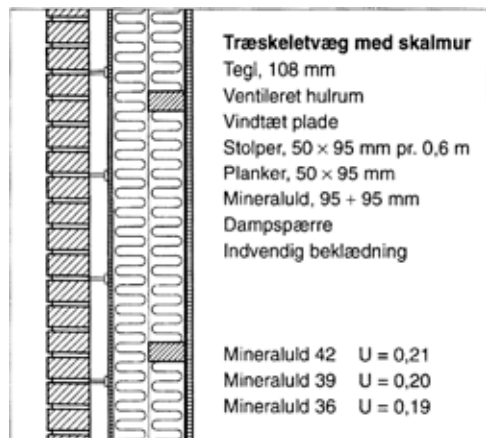
Figur 48. Kombinationsvæg med murværk af tegl i både formur og bagvæg.



Figur 50. Kombinationsvæg med murværk af tegl i formur og letklinkerbeton i bagvæg.



Figur 51. Kombinationsvæg med murværk af tegl i formur og porebeton i bagvæg.



Figur 52. Træskeletvæg med formur af tegl.

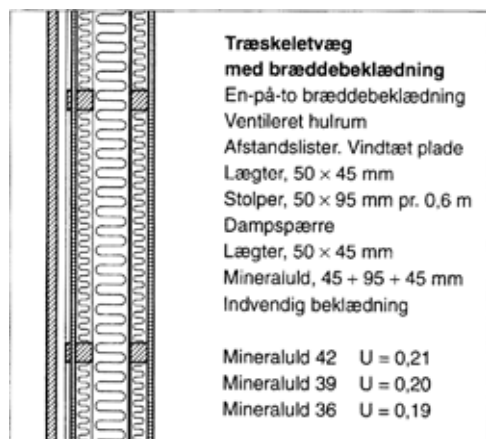
Lette ydervægge

Lette ydervægge udføres med bærende skelet af træ eller stålprofiler og med en let beklædning udvendig eller med en formur af tegl. Væggene skal udføres med ventileret hulrum, vindtæt lag, isolering og fugtspærre.

Det vindtætte lag kan eventuelt udelades, men det forudsætter, at væggen indvendig er udført helt lufttæt, og at isoleringen er tilpasset meget nøje. I modsat fald risikerer man et betydelig forøget varmetab som følge af gennemblæsning af isoleringen.

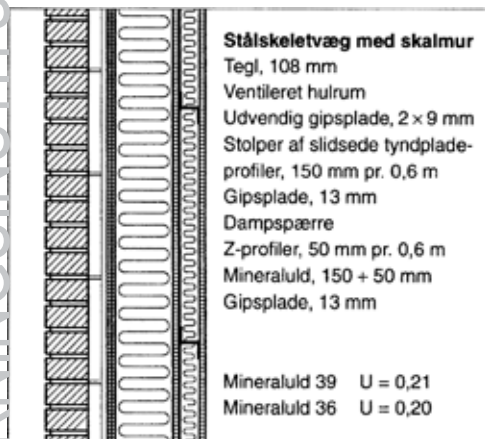
Stolper i træskeletvægge skal udføres af konstruktionstræ af styrkeklasse K 18 eller bedre i henhold til *Trænormen*. Stolper med dimension 45 × 95 mm pr. 600 mm kan optage normalt forekommende last i terrænklasse By og terrænklasse Land i op til 8,0 m brede 11/2-etages huse med træbjælkelag. I andre tilfælde kan benyttes 45 × 120 mm stolper pr. 600 mm. Eksempler på træskeletvægge er vist på figurerne 52 og 53.

Træskeletvægge med stolper pr. 600 mm opfylder kravene til BD-bygningsdel 30, når hulrummet er udfyldt med fastholdt mineraluld i pladeform, og væggen er beklædt med klasse 2 beklædning med mindst 12 mm

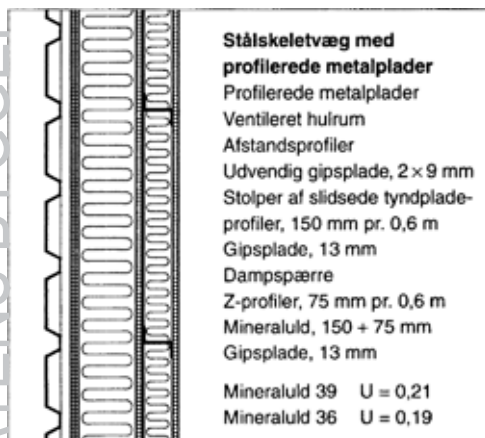


Figur 53. Træskeletvæg med udvendig bræddebeklædning.

tykkelse. Ventileret hulrum tillades i småhuse placeret bag den udvendige klasse 2 beklædning i henhold til Brandtekniske krav til ydervægge, Notat fra Brandteknisk Institut 1997-06-24. Kravene til BD-bygningsdel 60 er opfyldt, hvis beklædningen erstattes af to lag 13 mm gipsplade på hver side, eller - hvis der benyttes stenuld - af to lag klasse 2 beklædning, hver med mindst 12 mm tyk-



Figur 54. Stålskeletvæg med formur af tegl.



Figur 55. Stålskeletvæg med udvendig beklædning af profilerede stålplader.

kelse og det inderste i pladeform. Ventileret hulrum tillades placeret mellem de to lag klasse 2 beklædning. Hvis væggen ikke er bærende (typisk en gavlvæg), er det i løsningen med stenuld tilstrækkeligt at anvende et lag klasse 2 beklædning.

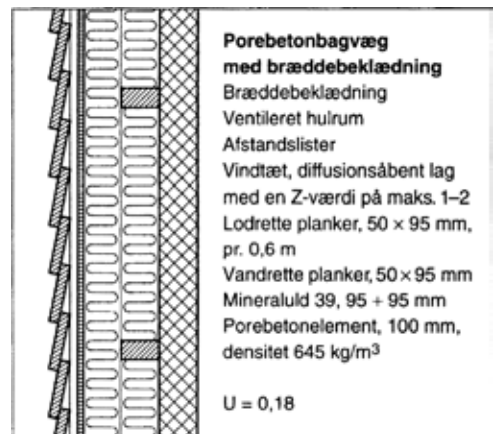
Stålskeletvægge udføres normalt med pladebeklædning af gipsplader. Bærende ståldele skal være beskyttet mod korrosion. Af

hensyn til styrke, brand og lyd bør der som indvendig beklædning anvendes mindst to lag 13 mm gipsplader, eventuelt med mellemliggende isoleringslag som vist i figur 54 og 55. Dampspærren kan fx anbringes mellem de to pladelag. Dimensionering af stålskeletvægge skal udføres på grundlag af producentens anvisninger, idet lasterne kan bestemmes ved hjælp af bilag A, Last.

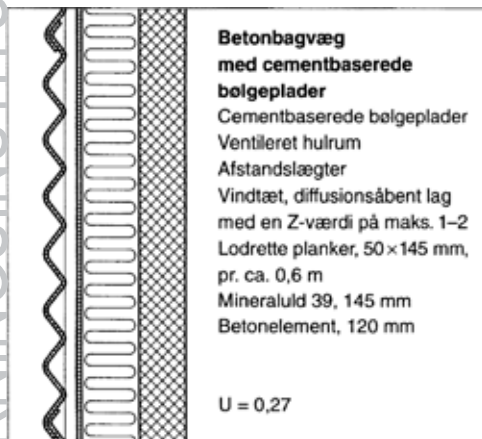
Eksempler på stålskeletvægge er vist på figurerne 54 og 55. Stålskeletvægge vil normalt kunne opfylde brandkravene. Med hensyn til den præcise udformning henvises til leverandørens anvisninger.

Andre ydervægge

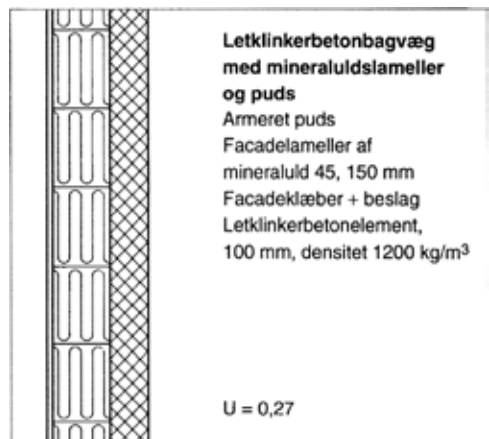
Eksempler på andre ydervægge er vist på figurerne 56, 57, 58 og 59. I de tilfælde, hvor væggen er ventileret, er det nødvendigt at dække isoleringen med et vindtæt lag. Findes ingen egentlig dampspærre på konstruktionens varme side, bør der anvendes et meget diffusionsåbent materiale som vindafdækning. Diffusionsmodstanden (Z-værdien) bør være så lav som 1-2 GPa s m²/kg, fordi der



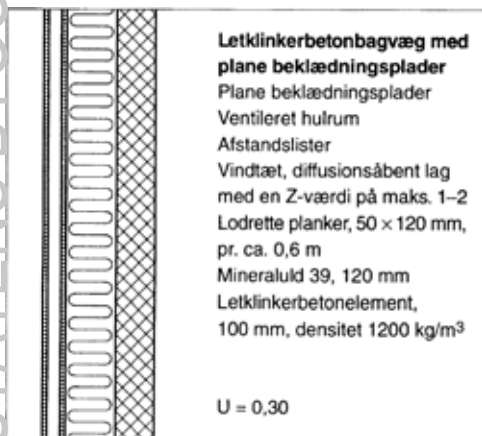
Figur 56. Porebetonbagvæg med bræddebeklædning. Massen af væggen inden for det ventilerede hulrum er mindre end 100 kg/m², dvs. at væggen er en let ydervæg.



Figur 57. Betonbagvæg med cementbaserede bølgeplader. Massen af væggen indenfor det ventilerede hulrum er større end 100 kg/m², dvs. at væggen er en tung ydervæg.



Figur 59. Letklinkerbetonbagvæg med mineraluldsplameller og puds. Massen af væggen er større end 100 kg/m², dvs. at væggen er en tung ydervæg.



Figur 58. Letklinkerbetonbagvæg med plane beklædningsplader. Massen af væggen indenfor det ventilerede hulrum er større end 100 kg/m², dvs. at væggen er en tung ydervæg.

vil være risiko for fugtophobning, hvis der anvendes en traditionel asfaltpap, som ofte har en Z-værdi på 20-30.

Eksemplerne opfylder kravene til BDbygningsdel 60.

Indbygning af vinduer og yderdøre (se till. 1)

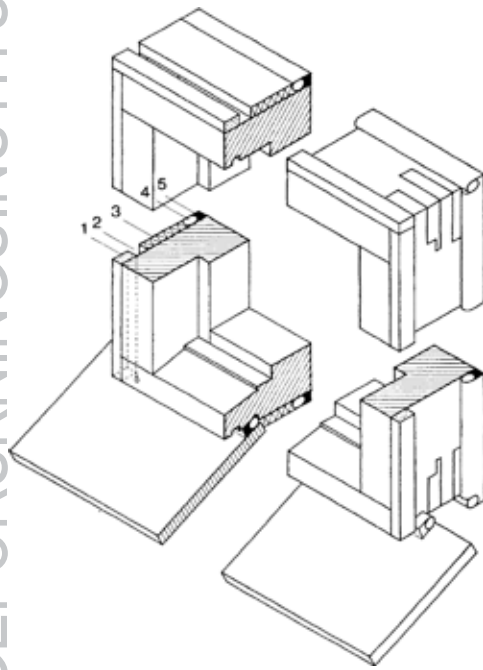
Vindues- og dørøverligger

Vindues- og dørøverligger skal dimensioneres sådan, at ovenliggende konstruktioner ikke belaster vindue eller dør. Lasterne, som overliggerne skal dimensioneres for, kan bestemmes ved hjælp af bilag A, Last.

Med hensyn til tegloverligger skal man være opmærksom på, at bjælken består dels af en præfabrikeret overligger, dels af et antal skifter mursten. Det er vigtigt, at denne bjælke ikke svækkes, fx ved indlægning af murpap eller isætning af friskluftventiler. Korrekt placering af murpap er vist på figur 45, side 45. Også ved andre typer overligger, fx letbetonbjælker, der er armeret i undersiden, vil (en del af) det uarmerede tværsnit udgøre en trykzone, der ikke må svækkes.

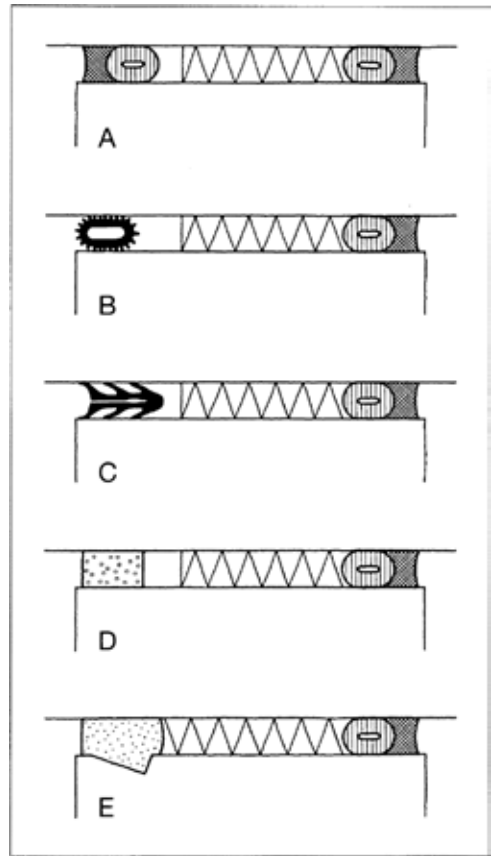
Fuger

Ved indbygning af vinduer og yderdøre bør fugen mellem karm og false altid udføres som en såkaldt tottrins-fuge, se figurerne 60 og 61. Totrins-fugens tætningsprincip be-



Figur 60. Totrins-fuge mellem vindueskarm og vinduesfalse. 1) Regnskærm yderst i fugen, 2) Trykudligningskammer med afløb til det fri ved underkarm, 3) Stopning med mineraluld, 4) Bundstopliste, 5) Vindtæt fugemassefuge.

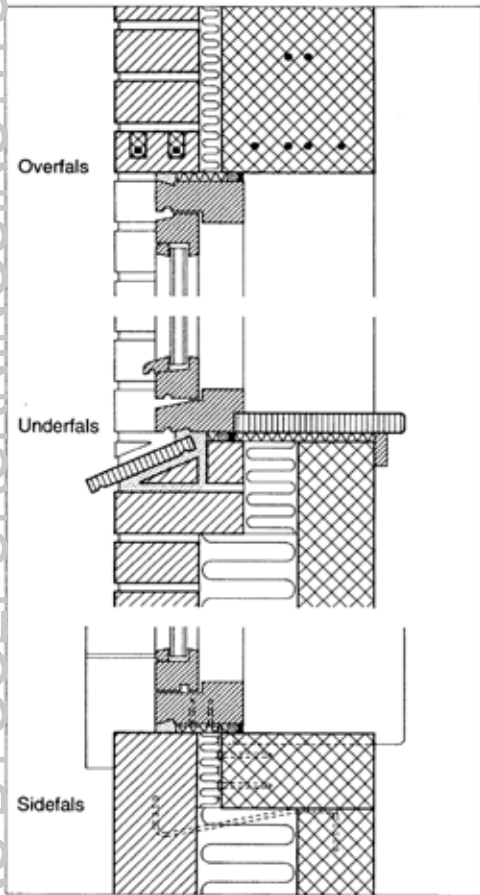
står i at placere regntætning (regnskærm) og vindtætning i to adskilte lag med et trykudligningskammer og en varmeisolerende stopning imellem. Trykudligningskammeret står i forbindelse med det fri gennem utætheder i regnskærmen og åbninger ved underside af underkarm. Lufttrykket i kammeret vil derfor stort set svare til lufttrykket i det fri. Herved opnås, at de små regnmængder, der måtte trænge igennem regnskærmene ved sidekarme, ikke bliver presset længere ind i fugen, men vil drive ned ad bagsiden af regnskærmene og ud i det fri foran den tilbagerykkede fuge ved underkarmens underside.



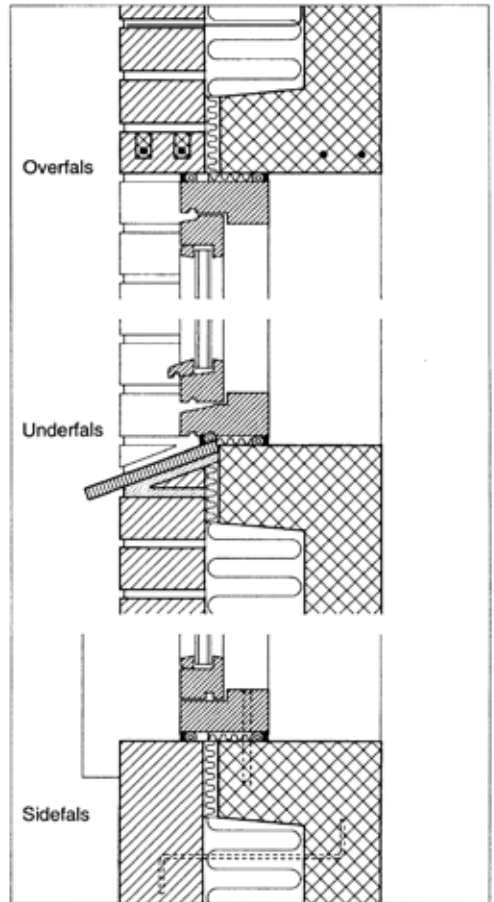
Figur 61. Fem eksempler på udformning af totrins-fugen vist på figur 60. Der er anvendt forskellige regnskærme: A) Fugemasse og bundstopliste, B) Rundt gummiprofil, C) Flerfliget gummiprofil, D) Forkomprimeret, imprægneret fugebånd, E) Mørtelfuge.

Andre eksempler på indbygning af vinduer i ydervægge er vist på figurene 62, 63, 64 og 65.

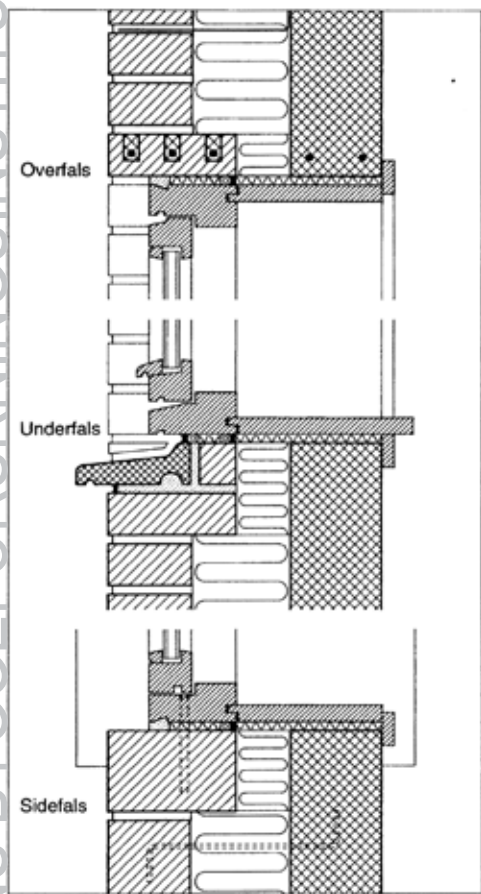
En mere omfattende behandling af spørgsmål i forbindelse med indbygning af vinduer og yderdøre findes i SBI-anvisning 177: *Facade fuger*



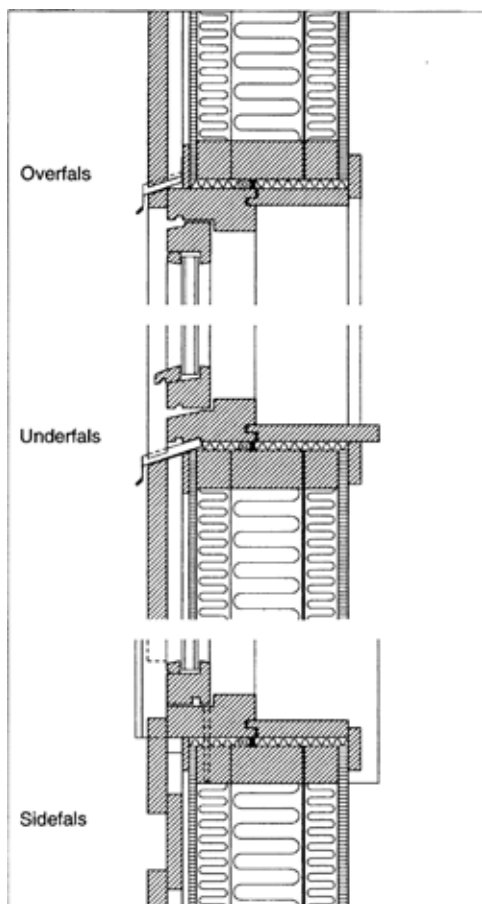
Figur 62. Indbygning af vindue i kombinationsvæg med bagvæg af porebeton. Over vinduet er anvendt en 108 mm bred tegloverligger og i bagvæggen er anvendt en porebetonbjælke, der hviler på to næsten rumhøje falselementer af porebeton, limet til bagvægselementerne. Kuldebroerne ved over-, under- og sidefals er brudt med ekspanderet polystyren eller tilsvarende. Trådbindere, som ved sidefalsene er banket ind i bagvægselementernes kant, indmures for hvert fjerde skifte i formuren. Vinduerne er fastgjort til falselementerne ved hjælp af vinkelbeslag, inden formuren er opført.



Figur 63. Indbygning af vindue i kombinationsvæg med bagvæg af letklinkerbeton. Over vinduet er anvendt en 108 mm bred tegloverligger. I det rumhøje bagvægselement af letklinkerbeton er der udsparet for et vindue, og den armerede bjælke over vinduesåbningen er en del af elementet. Vangerne omkring åbningen er støbt ud i et med bagvæggen, hvad der gør dem præcise, stærke og velegnede som underlag for fastgørelse af og fugning omkring vinduet, og samtidig overflødiggøres tilsætninger. Kuldebroerne ved over-, under- og sidefals er brudt med 20 mm ekspanderet polystyren eller tilsvarende.



Figur 64. Indbygning af vindue i kombinationsvæg med bagvæg af beton. Over vinduet er anvendt en 168 mm bred tegloverligger, ved sidefals og underfals er formurens tykkelse øget til 168 mm. Herved er opnået gode betingelser for fastgørelse af og fugning omkring vinduet samt en sikker understøtning af sølbænken. I det rumhøje bagvægselement af beton er der udsparet for et vindue, og den armerede bjælke over vinduesåbningen er en del af elementet. Isoleringen i hulmuren er ført frem til vinduesfalsene i en tykkelse på 70 mm for at undgå kuldebroer og dækkes af vinduesplade og tilsætninger.



Figur 65. Indbygning af vindue i bræddebeklædt træskeletydervæg. Træskelettet er opbygget af 50×95 mm stolper som på begge sider er forsynet med 50×45 mm lægter opsat vandret. Omkring vinduet er suppleret med løsholte og lægtestykker for at opnå lukkede fals og hermed skabes fastgørelsesmulighed for vindspærren på skelettets yderside, dampspærren mellem stolper og det inderste lag lægter; den indvendige beklædning samt for vindue, vinduesplade, tilsætninger og indfatninger. De lukkede fals af træ udgør en så beskeden kuldebro, at løsningen er fuldt forsvarlig.

Indervægge

Indervægge udføres normalt af mursten, blokke, etagehøje elementer af letbeton eller som pladebeklædte skeletvægge af træ eller stål.

Bærende indervægge er vægge, som bærer lodret last fra andre bygningsdele, fx tag og etageadskillelser. Afstivende vægge er vægge, der er nødvendige til sikring af husets stabilitet, som beskrevet side 13. Vægge, der hverken er bærende eller afstivende, kaldes ikke-bærende vægge.

Varmeisolering

Der stilles ikke krav til varmeisolering af indervægge mellem opvarmede rum. Indervægge mod uopvarmede rum indgår i varmetabsrammen med U-værdien 0,40.

Brandforhold

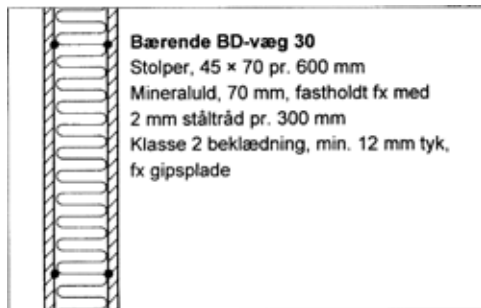
Bærende indervægge og søjler i småhuse skal udføres mindst som BD-bygningsdel 30. I huse med 1 1/2 eller 2 etager og kælder skal bærende vægge i kælder dog mindst udføres som BD-bygningsdel 60, og trappe mellem kælder og stueetage skal adskilles fra kælder eller stueetage med vægge mindst som BD-bygningsdel 60 og dør mindst som BD-dør 30.

Overflader på alle vægge skal udføres mindst som klasse 2 beklædning, se bilag B, Brand.

Vægge af 1/2-stens murværk og 100 mm letbetonvægge opfylder kravene til BS-bygningsdel 60 for etagehøjder op til 2,6 m.

Udførelse af bærende og ikke-bærende træskeletvægge som henholdsvis BD-bygningsdel 30 og BD-bygningsdel 60 er vist på figur 66.

Stålskeletvægge beklædt med mindst 12 mm gipsplader opfylder normalt kravene til



Figur 66. En træskeletvæg med 45 × 70 mm stolper pr. 600 mm opfylder kravene til BD-bygningsdel 30 for bærende vægge, når hulrummet er udfyldt med fastholdt mineraluld i pladeform, og væggen er beklædt med klasse 2 beklædning i mindst 12 mm tykkelse.

Kravene til BD-bygningsdel 60 for bærende vægge kan opfyldes ved at anvende 45 × 95 mm stolper pr. 600 mm og to lag 13 mm gipsplader på hver side. Udfyldes hulrummet med stenuld, kan beklædningen udføres af to lag 12 mm klasse 2 beklædning på hver side, såfremt det inderste lag er i pladeform. Hvis væggen er ikke-bærende, er det ved anvendelse af stenuld tilstrækkeligt med et lag 12 mm klasse 2 beklædning på hver side.

Vedrørende fastholdelse af mineraluld og klasse 2 beklædning, se bilag B, Brand.

ikke-bærende BD-bygningsdel 30. Med hensyn til opfyldelse af andre brandkrav henvises til leverandørens anvisninger.

Lydforhold

Der stilles ikke krav til vægges lydisolering inden for samme bolig, men lyd fra naborum kan blive generende, hvis ikke væggenes tilslutninger til de øvrige bygningsdele udføres korrekt. Almindeligvis gælder, at lydisolationen forbedres når tyngden forøges - ved skeletvægge fx når der placeres to lag pla-

debeklædning på hver side. Eksempler på lydisolerende vægge findes i SBI-anvisning 172: Bygningers lydisolering.

Styrkemæssige forhold

Ikke-bærende vægge skal fastgøres sådan, at de er stabile over for tilfældige stød mv., samtidig med at der ikke kan overføres last til væggen fra en eventuel ovenliggende etageadskillelse.

Vægge, der alene bærer tyngden af andre vægge, men ikke last fra tag eller etageadskillelser, giver normalt ikke styrkemæssige problemer. Murede vægge skal dog ofte udføres af bredstev (168 mm).

Afstivende vægge skal i hvert enkelt tilfælde dimensioneres og fastholdes fx som beskrevet i bilag D, Afstivende system.

Længdevægge i stueetagen i 11/2- og 2-etages huse og i kælderen i 1-etages huse, som bærer en etageadskillelse, kan udføres som:

- elementvægge af 100 mm porebeton eller letklinkerbeton
- 168 mm murværk
- træskeletvægge med 45 × 95 mm stolper pr. 600 mm, under forudsætning af, at etageadskillelsen er udført som et træbjælkelag.

Stålskeletvægge skal dimensioneres i hvert enkelt tilfælde, idet lasterne kan bestemmes af bilag A, Last.

Tykkelsen af vægge af porebeton eller letklinkerbeton, som skal bære dækelementer af letklinkerbeton, vil i mange tilfælde være bestemt af det nødvendige vederlag for dækelementerne.

I kældre under 11/2- og 2-etages huse er det ofte nødvendigt at øge tykkelsen af vægge af porebeton eller letklinkerbeton - bærevnen af 168 mm vægge af murværk er normalt tilstrækkelig.

Bjælkespær belaster længdevægge omtrent som en etageadskillelse, se også bilag A, Last.

Boligadskillende vægge

Boligadskillende vægge i fx rækkehus- og kædehusbebyggelser skal opfylde en række supplerende krav til lydisolering og brandmodstandsevne.

Lydforhold

Der skal isoleres dels mod luftlyd (fx samtale i nabohuset), dels mod trinlyd (dvs. fodtrin og lignende). Isolation mod luftlyd stiller især krav til udførelsen af fælles vægge, mens isolation mod trinlyd især stiller krav til udførelsen af etageadskillelser og gulve, som støder op mod fælles vægge.

Mellem sammenbyggede huse skal luftlydisolationen være mindst 55 dB. Dette krav gælder også mellem boliger og fællesrum. Der skal mellem boliger og fællesrum anvendes døre med en luftlydisolation på mindst 32 dB.

Gulve, dæk og eventuelle trapper skal udføres sådan, at trinlydniveauet højst er 53 dB i naboehuses beboelsesrum og køkken. Altaner samt gulve og dæk i baderum og pulterum kan dog udføres, så trinlydniveauet højst er 58 dB. For rum med areal mindre end 2,5 m² stilles ingen krav. I bilag C, Lyd, er der redegjort for, hvorledes luftlydisolation og trinlydniveau kan måles.

Boligadskillende vægge kan udføres som massive vægge eller som dobbeltvægge. Eksemplerne i det følgende bygger hovedsagelig på SBI-anvisning 172: *Bygningers lydisolering*.

Massive vægge

Massive vægge af 250 mm beton, 300 mm letklinkerbeton med densitet 1500 kg/m³ eller 348 mm murværk (11/2 sten) af mursten med densitet 1600 kg/m³ vil alle opfylde kravet til luftlydisolation.

Hvis ydervæggens bagvæg er afbrudt ud for den boligadskillende væg, så flanketransmission er forhindret, vil også massive vægge af 180 mm beton eller 240 mm letklinkerbeton med densitet 1800 kg/m³ kunne opfylde kravet.

Den del af væggen, der ligger under gulvets overside, skal udføres med samme tæthed som den øvrige væg.

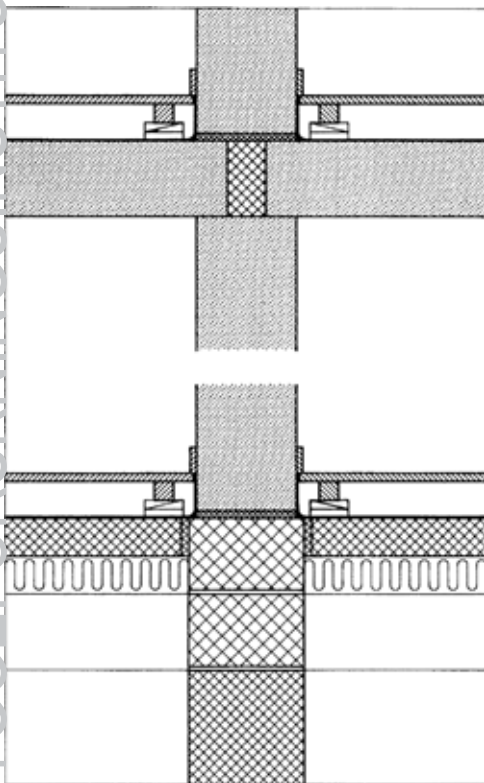
Murede vægge skal pudses eller fuges over hele fladen, også under oversiden af færdigt gulv og ud for et eventuelt træbjælkelag. Elementvægges fuger og understopninger skal være tætte.

I visse tilfælde kan vægtykkelsen reduceres, når der anvendes særlige samlingsmetoder og bestemte materialekombinationer. Sådanne løsninger er beskrevet i leverandørernes kataloger.

Kravet til trinlydniveauet kan i forbindelse med dæk af beton og letklinkerbeton opfyldes ved anvendelse af svømmende gulv, herunder trægulv oplagt på strøer på underlag af mindst 12 mm brikker af blød træfiberplade. I træbjælkelag bør bjælkerne ligge parallelt med fælles vægge.

I baderum og andre birum større end 2,5 m² med hårde gulve skal der træffes særlige foranstaltninger til reduktion af trinlydniveauet. En tilfredsstillende løsning kan opnås ved at udføre de hårde gulve som svømmende gulve på to lag 4 mm polypropylenvæv, se også figur 95, side 83.

Et eksempel på en massiv væg er vist på figur 67. Bemærk, at terrændæk ikke må være gennemgående, og at formur inklusive fundament skal afbrydes af en lodret fuge ud for den massive væg på samme måde som vist i figur 69. Ved bagvægge af beton, bredstev og andre særlig tunge vægge kan formur



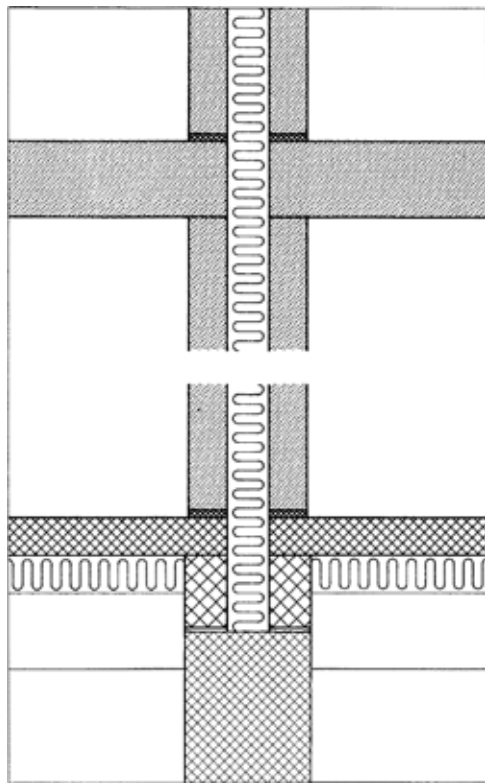
Figur 67. Lodret snit i massiv væg mellem to boliger. Terrændæk skal afbrydes ved fundament, og der skal være 5-10 mm fugt mellem fundament og terrændæk. Der bør endvidere udføres en lodret fugt i ydervæggens formur og den øverste del af fundamentet, som vist på figur 69. Ved etagekryds bør der være størst mulig afstand mellem dækelementernes ender: Alle samlinger skal være tætte. Af hensyn til trinlyddæmpningen skal der udføres svømmende gulv, fx trægulv på bløde brikker.

og fundament udføres uden fugt.

Ved lette ydervægge skal den massive væg føres gennem ydervæggen på samme måde som vist på figur 70.

Dobbeltvægge

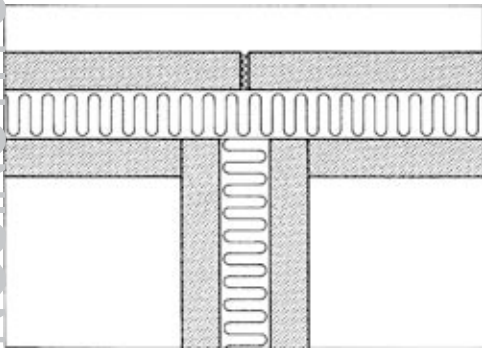
Dobbeltvægge af murværk, letbeton eller beton kan udføres sådan, at der opnås en



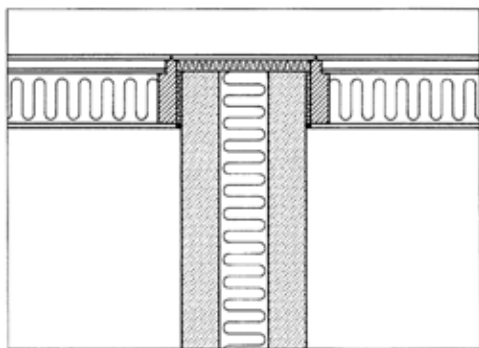
Figur 68. Lodret snit i dobbeltvæg mellem to boliger. Vangerne skal udføres uden indbyrdes forbindelse, også ved fundament og tag. Der skal indtil mindst 300 mm under terrændækkets overside være et 60 mm bredt isolerende mellemrum i fundamentet. Udføres vangerne af elementer der skal understoppes, skal mellemrummet ud for understoppningen udfyldes med trykfast mineraluld.

luftlydisolation på 60 dB. Følsomheden for eventuelle fejl i udførelsen reduceres væsentligt, når der vælges tunge materialer.

Dobbeltvægge kan også udføres som stål-skeletvægge. Dette kræver to separate skeletter, der begge skal beklædes med mindst to lag 13 mm gipsplade for at opfylde kravet om en luftlydisolation på 55 dB. Med tre lag



Figur 69. Vandret snit i dobbeltvæg mellem to boliger. For at sikre mod flanketransmission skal der udføres en lodret fugt både i ydervæggens formur og ca. 300 mm ned i fundamentet. En tilsvarende fugt bør også udføres ud for massive vægge.



Figur 70. Tilslutning til let ydervæg. For at minimere flanketransmissionen bør den udvendige beklædning ud for en boligadskillelse væg forsynes med dybest mulige riller. Hulrummet bag beklædningen skal af brandmæssige grunde være helt udfyldt med fastholdt mineraluld i pladeform. Fastholdelse bør af lydmæssige grunde ske med søm. Der skal tillige udføres en lodret fugt i den øverste del af fundamentet.

gips kan isolationen forøges til 60 dB. Den konkrete udførelse skal være i overensstemmelse med leverandørens anvisninger.

For dobbeltvægge gælder generelt, at de to vanger skal være uden indbyrdes forbindelse. Der må derfor ikke placeres bindere mellem vangerne. Mellemrummet skal i princippet være helt udfyldt med mineraluld, idet der dog skal vælges en isoleringstykkelse, som er mindst 5 mm mindre end mellemrummets bredde. Mineralulden skal være af en type med en specifik strømningsmodstand på mindst 7 kPa s/m². I tabel 7 er angivet ek-

sempler på dobbeltvægge.

Kravet om fuldstændig adskillelse, herunder at der ikke må være bindere mellem vangerne, medfører, at den konstruktionsmæssige stabilitet skal sikres for hvert enkelt hus for sig. Dette gælder også længdefastivningen. Lægter og remme skal afbrydes ved lejlighedsskel. Lægter kan dog være gennemgående i ikke-udnyttelige tagrum.

Tabel 7. Eksempler på dobbeltvægge, der opfylder kravet til luftlydisolation.

R'_w angiver den praktisk opnåelige lydisolation.

Tykkelse	Vanger	Mineraluld	R'_w
350 mm	2 × 108 mm murværk	110 mm	60 dB
410 mm	2 × 168 mm murværk	50 mm	60 dB
260 mm	2 × 100 mm beton	50 mm	60 dB
260 mm	2 × 100 mm letklinkerbeton ¹	50 mm	60 dB
280 mm	2 × 100 mm porebeton ²	75 mm	55 dB

1. Densitet min. 1500 kg/m³.

2. Jf. BYG-ERFA blad (22) 92 01 09 Lydisolerende dobbeltvægge af porebeton.

Den øverste del af fundamentet under dobbeltvægge skal udføres med isolerende mellemrum som vist på figur 68. Det samme gælder fundamentet under ydervægge ud for dobbeltvæggen. Der skal være forbindelse mellem de isolerende mellemrum.

Tilslutning til en tung ydervæg er vist på figur 69. Formuren skal afbrydes med en lodret fuge ud for dobbeltvæggen for at opnå den fulde luftlydisolation. Tilslutning til en let ydervæg er vist på figur 70.

Trinlydniveauet vil uanset gulvbelægning ikke overstige det tilladte, når der anvendes dobbeltvæg, heller ikke når baderum placeres op mod dobbeltvæggen. Det er dog en forudsætning, at der er udført adskillelse i fundament og ydervæg.

Føres en dobbeltvæg gennem taget, må vangerne kun forbindes med en let beklædning.

I et ikke-udnytteligt tagrum er det tilstrækkeligt at føre den ene vange op til tagbeklædningen, forudsat at en vange alene kan opfylde brandkravene (se nedenfor), at loftbeklædningen udføres med en lydisolation svarende til 13 mm gipsplade, og at der fuges langs dobbeltvæggen. Den afbrudte vange skal føres mindst 200 mm op over loftbeklædningens underside.

Støj fra installationer

Tekniske installationer må ikke give et støjniveau, der er over 40 dB umiddelbart uden for vinduer til beboelsesrum og køkken og på rekreative arealer.

Støjniveauet fra installationer til brugsvand og til betjening af vinduer, solafskærmning og lignende må ikke være over 30 dB i nabohusene.

Grænserne skærpes med 5 dB til henholdsvis 35 og 25 dB for momentane lyde og for støj med en ren tone. Momentane lyde er kortvarig støj fx fra start og stop af motorer eller automatisk reguleringsudstyr. Støj med en ren tone er fx fløjten fra en ventilator.

For at sikre dette er det bl.a. vigtigt, at der ikke kan ske lydoverføring fra tekniske installationer til boligadskillende vægge. Nødvendige gennemføringer mellem huse bør placeres enten i et ikke-udnytteligt tagrum eller mindst 300 mm under terrændækkets overside. I modsat fald kan luftlydisolationen forringes væsentligt.

Lyd og lydmåling er nærmere omtalt i bilag C, Lyd.

Brandforhold

Boligadskillende vægge skal udføres mindst som BD-bygningsdel 60.

For kædehuse, rækkehuse og lignende, hvor flere huse er sammenbyggede, skal adskillelsen for hver 1200 m² bruttoetageareal dog være mindst BS-bygningsdel 60.

Boligadskillende vægge skal slutte tæt til den yderste tagdækning. Dette kan fx opnås ved at udfylde mellemrum mellem væg og tagdækning med mørtel.

Overflader på vægge skal udføres mindst som klasse 2 beklædning, se bilag B, Brand.

Eksemplerne i dette kapitel opfylder kravene til BD-bygningsdel 60 i huse i indtil 2 etager. For stålskeletvægge skal leverandørens anvisninger følges.

Er ydervæggen en BD-konstruktion (træskeletvæg), skal den brandadskillende konstruktion mindst føres frem til indersiden af den udvendige beklædning, fx ved at det ventilerede hulrum bag regnskærmen udfyldes med mineraluld, se figur 70.

Andre hulrum, fx i tagudhæng, skal også afbrydes.

Tage (se tillæg 1)

Tage omfatter i denne SBI-anvisning hele tagetagen bestående af tagdækning, underlag, bærende konstruktion (dvs. spær eller tagelementer) og loftkonstruktion over den underliggende etage. Heri er indbefattet lægter, afstandslister, isolering, dampspærre mv. Hvis tagrummet udnyttes til beboelse, medregnes også tagetagens indretning.

Tage skal 1) være i stand til at optage og videreføre last, 2) opfylde kravene til varmeisolering, 3) være sikret mod fugtskader samt 4) være modstandsdygtige over for brand.

Varmeisolering

Loftkonstruktion og skunkvægge indgår i varmetabsrammen med U-værdien 0,15.

Flade tage og skråvægge direkte mod tag indgår i varmetabsrammen med U-værdien 0,20.

Der skal være forbindelse eller overlapning mellem isolering i tag og ydervægge, så der ikke opstår kuldebroer.

Fugtforhold (se tillæg 1)

Tage skal udføres sådan, at der opnås tilstrækkelig tæthed mod indtrængning af regn, sne og smeltevand. De skal endvidere udføres med hældning, så regnvand og smeltevand fra sne bortledes på forsvarlig måde. Den nødvendige hældning afhænger af tagdækningen; for flade tage med tagpap eller tagfolie kan hældningen fx være ned til 1:40 (1,5°).

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. Loftkonstruktionen skal derfor være både tilstrækkelig diffusionstæt og tilstrækkelig lufttæt.

Almindeligvis hindres fugttransport ved at anbringe en robust og holdbar dampspærre på isoleringens varme side. For at hindre luftopstrømning skal samlinger i dampspærren udføres med klemte eller tapede overlæg, og den skal slutte tæt til ydervæggens dampspærre eller tæt til selve ydervæggen, hvis væggen er udført uden dampspærre. For at undgå beskadigelse af dampspærren, fx på grund af trækning af elkabler, kan den anbringes et stykke inde i isoleringslaget, dog højst 1/3 af den samlede isoleringstykkelse.

Uopvarmede hulrum i tagkonstruktionen skal udføres sådan, at eventuel byggefugt eller fugt, der udefra eller nedefra trænger ind i taget, kan fjernes på forsvarlig vis. Dette sker normalt ved ventilation af konstruktionserne.

Brandforhold

Tagdækninger skal være brandmæssigt egnede, klasse T tagdækninger (dvs at de kun må være moderat brandudbredende).

Eksempler herpå er:

- Tagdækning af ubrændbart materiale, fx tagsten, fiberarmerede cementbaserede plader og metalplader på lægter af træ eller metal.
- Tagpap på beton, letbeton, mineraluld, krydsfinerplader eller sammenpløjede brædder. Ved tagpap forstås i denne sammenhæng en tagdækning baseret på oxideret bitumen eller SBS modificeret bitumen.

Ved tagrum, som ikke er udnyttelige, skal loftkonstruktionen mod underliggende rum udføres mindst som klasse 2 beklædning med isolering af klasse A materiale, se bilag B, Brand.

Når tagrummet kan udnyttes til beboelse, skal etageadskillelsen mod underliggende rum udføres som BD-bygningsdel 30. Alle overflader skal udføres mindst som klasse 2 beklædning, se bilag B, Brand.

Tagdækning, undertage og lægter

Ved tagdækning forstås tagkonstruktionens øverste lag. Tagdækning udføres på underlag af fx lægter, brædder eller krydsfiner. Visse typer tagdækning suppleres desuden med undertag.

Valg af tagdækning har indflydelse på tagkonstruktionens udformning, idet forskellige tagdækninger stiller forskellige krav til underlaget og til hældningen af tagfladen. Desuden har de forskellige vægt.

Undertage (se tillæg 1)

Undertage 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 i gennemsnit have en højde på mindst 50 mm. For at opnå dette må der for banevarer og bløde plader projekteres med en højde på mindst 70 mm, fordi undertaget vil hænge mellem spærerne.

Diffusionsåbne undertage kan anbringes direkte mod varmeisoleringen, hvis loftkonstruktionen er tæt over for både diffusion og opstrømmende rumluft - fx ved hjælp af en omhyggeligt udført dampspærre på isoleringens varme side - og hvis undertagets Z-værdi er mindre end ca. 3 GPa s m²/kg.

Oven på spær og undertag skal der lægges en mindst 22 mm høj afstandslister, ved tegltage 25 mm høj, så bortledning af nedbør og udluftning mellem lægter og undertag kan foregå uhindret. Afstandslisters skal være skarpkantede og trykimprægneret i kvalitet NTR klasse AB.

Undertage er i øvrigt behandlet i emnebla-

de fra Træbranchens Oplysningsråd (TOP) og BYG-ERFA.

Lægter (se tillæg 1)

Lægter bør normalt spænde over mindst tre fag, og stødene skal forløbes, så højst 1/3 af lægterne stødes på samme spær.

Af hensyn til styrken og stivheden er det vigtigt, at der anvendes lægter som opfylder kravene til taglægter af styrkeklasse K 18 i henhold til *Trænormen*. Dimensionerne angivet i det følgende er baseret på erfaringer. Lægteafstanden er afstanden fra fægtemidte til lægtemidte målt langs spærhovedet. Mere om lægter er anført i de følgende afsnit.

Tagsten af tegl eller beton

Tagsten oplægges normalt med undertag og uden understrygning. Med undertag kan alle typer tagsten anvendes ved taghældning ned til 1:2,1 (25°).

Lægtedimensionen afhænger af spærafstanden. Ved lægteafstand mindre end eller lig med 0,45 m, kan følgende dimensioner anvendes:

- 38 × 56 mm ved spærafstand op til 1,0 m
- 50 × 50 mm ved spærafstand op til 1,3 m.

Skifer

Skifer med undertag kan anvendes ved taghældning 1:3 (18°) og derover. Ved taghældning over 1:1,5 (34°) kan 300 × 600 mm skifer alternativt tætnes med skiferkit. Skifer oplægges på lægter med afstand afhængig af pladernes størrelse. Lægtedimensioner vælges som angivet for tagsten.

Profilerede plader

Fiberarmerede, cementbaserede bølgeplader kan med eller uden undertag anvendes ved taghældning ned til 1:4 (14°).

Profilerede (korrugerede) plader af stål eller letmetal - i bølge- eller trapezform - kan anvendes ved taghældning ned til 1:2

(27°). Ved omhyggelig udførelse med tætningslister i overlæggene kan de anvendes ved taghældning ned til 1:3 (18°). Plader, der ikke er samlet på tværs af faldretningen, kan anvendes ved endnu mindre taghældning.

Profilerede plader af stål eller letmetal kan oplægges på lægter med større afstand end angivet for tagsten. Fiberarmerede, cementbaserede bølgeplader kan uden særlige foranstaltninger lægges med lægte- eller åseafstand op til 460 mm. Ved større understøtningsafstand skal der træffes sikkerhedsforanstaltninger mod gennemstyrtning, fx anvendelse af forskalling fastgjort til underside af åse i henhold til pladeleverandørens anvisninger eller anvendelse af undertag, der kan fungere som trædesikkert underlag. Det skal kunne dokumenteres, at undertagsmaterialet opfylder de krav, der stilles for at opnå en MK-godkendelse som trædesikkert underlag. Fiberarmerede, cementbaserede bølgeplader med MK-godkendelse kan lægges med lægteafstand op til den afstand, der er nævnt i godkendelsen.

Med spærafstand op til 1,0 m kan følgende lægtedimensioner anvendes ved alle taghældninger:

- 38 × 56 mm ved lægteafstand op til 0,55 m
- 50 × 61 mm ved lægteafstand op til 1,1 m.

Tagpap

Tagpapdækning kan anvendes ved taghældning ned til 1:40 (1,5°). Ved taghældning over 1:5 (W) ° skal tagdækningen fastgøres mekanisk for at undgå nedskridning.

Vedrørende valg af tagpak kvalitet kan fx henvises til Tagdækning - Specifikationer, TOR-anvisning nr. 24, Tagpapbranchens Oplysningsråd, 1998.

Tagpap skal udlægges på et plant underlag af fx brædder, krydsfiner eller trykfast mineraluld. Brædder og plader kan benyttes i de dimensioner, som fremgår af tabel 8.

Tabel 8. Underlag for tagdækning af tagpap og lignende.

Materiale	Tykkelse mm	Spænd- vidde m
Rupløjede brædder	23	1,0
Rupløjede brædder	17	0,8
Krydsfiner	18	1,2
Krydsfiner	15	0,8
Krydsfiner	12	0,6
OSB plader	18	1,2
OSB plader	15	0,8
OSB plader	12,5	0,6

Det er forudsat, at brædder og plader er forsynet med fer og not. Vankant på brædder er kun tilladt, hvis fer og not er intakte.

Krydsfiner og OSB plader skal være MK-godkendt til tagkonstruktioner.

Spær og loftkonstruktion (se tillæg 1)

Den bærende konstruktion udføres almindeligvis af træ i form af hanebåndsspær, gitter-spær eller bjælkespær. Hanebåndsspær giver mulighed for at udnytte tagetagen til beboelse, mens gitterspær giver et loftrum med begrænsede udnyttelsesmuligheder. Bjælkespær bærer direkte både tagdækning og dennes underlag samt loftkonstruktionen over de underliggende rum. Spærerne hviler på murremme, der overfører lasten fra tagkonstruktionen til de bærende vægge. Murremmes højde bør være mindst 38 mm.

For at undgå kuldebroer, bør mindst et lag af isoleringen lægges oven på spærfødderne. Dampspærren skal være robust, fx af 0,15 mm polyethylenfolie, og helt lufttæt. Der skal derfor anvendes klemte overlæg i samlingerne. Hvis dette ikke kan lade sig gøre, skal overlægget sikres med en holdbar tape.

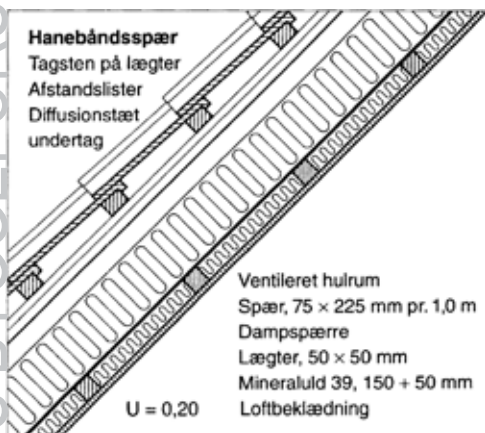
Anvendes ventilation af rummet mellem tagdækning/undertag og isolering til at undgå

fugtphobning i tagkonstruktionen skal ventilationsåbningernes samlede areal være mindst 1,1500 af det bebyggede areal, og ventilationsluften skal kunne fordele sig jævnt.

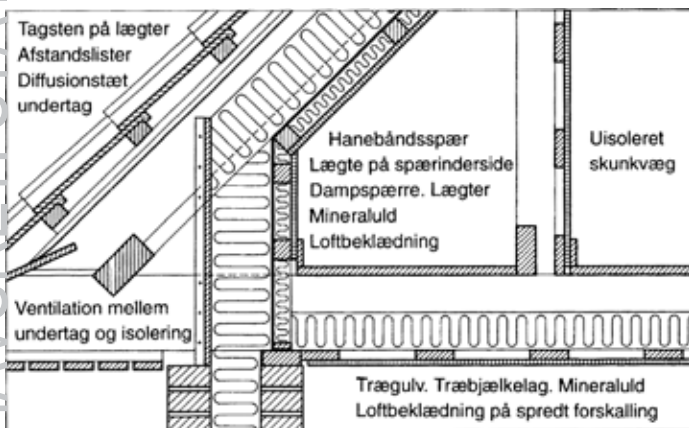
Spær kan fremstilles efter TRÆ 28: *Træspærfag*, men sædvanligvis anvendes fabriksfremstillede spær fra en virksomhed, der er tilsluttet Træspærkontrollen (TS-mærkede).

Hanebåndsspær

Hanebåndsspær med taghældning ca. 1:1 (45°) muliggør, at tagrummet kan udnyttes til beboelse.



Figur 71. Hanebåndsspær med tagsten på lægte] og diffusionstæt undertag.



Figur 72. Skråvæggen på skunkrummets yderside er fugt- og varmeisoleret som den øvrige skråvæg. Dampspærren er placeret 50 mm inde i konstruktionen, så elinstallationer i skråvæggen ikke gennembryder dampspærren. Skunkvæggen skal udføres som klasse 2 beklædning. Etageadskillelsen skal være BD-bygningsdel 30 helt ud til ydervæg, dvs. udført med gulv i skunkrummet.

Tagrum kan varmeisoleres som vist på figur 71. Et eksempel på isolering af skunkrum er vist på figur 72, og et eksempel på isolering ved hanebåndet er vist på figur 73.

I et udnytteligt tagrum skal etageadskillelsen mod underliggende rum være tilstrækkelig bæredygtig og udføres mindst som BD-bygningsdel 30. Vedrørende træbjælkelag se side 41. Hvis bjælkerne stødes overen langsgående indervæg kan samlingen udføres som beskrevet i TRÆ 28: *Træspærfag*.

Gitterspær

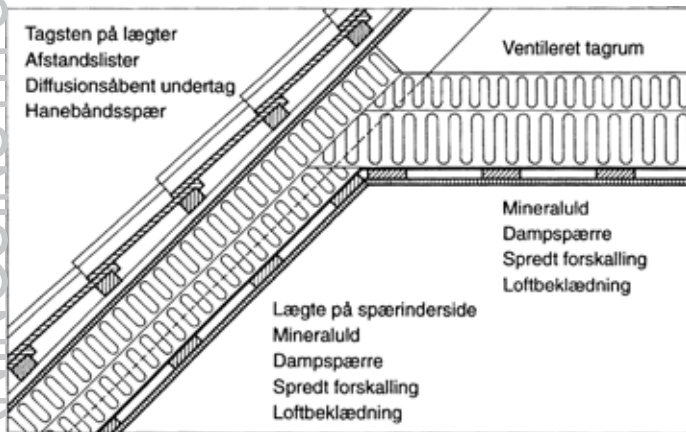
Gitterspær fremstilles normalt med taghældning fra ca. 1:4 (14°) og opefter.

Af hensyn til inspektion og reparation er det hensigtsmæssigt, at der foruden adgang til tagrummet også etableres en gangbro i tagrummet.

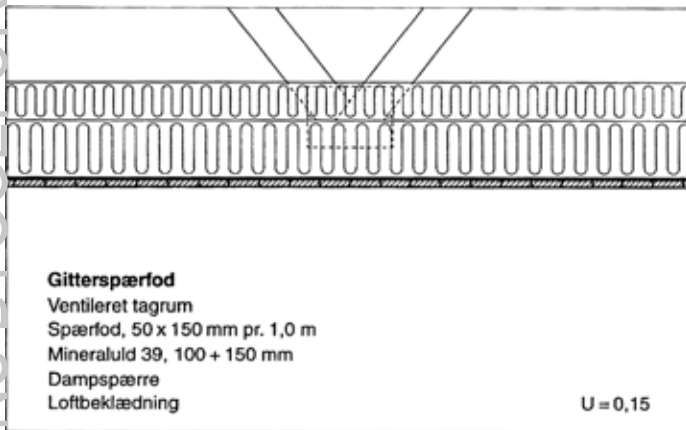
Loftkonstruktionen kan varmeisoleres som vist på figur 74. Et eksempel på sammenbygning ved facade er vist på figur 75.

Bjælkespær

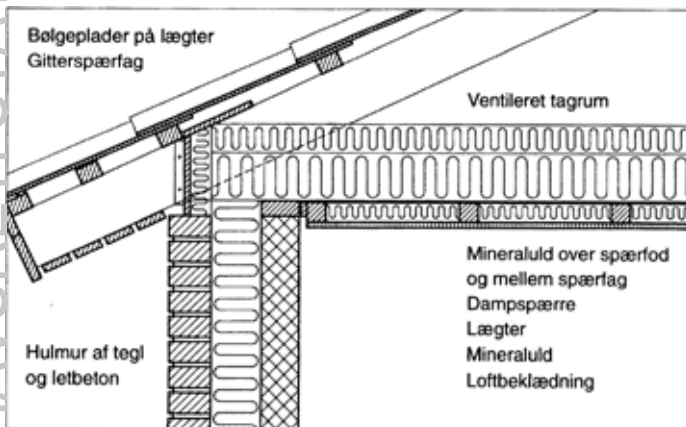
Bjælkespær bærer såvel tagdækning og dennes underlag som loftkonstruktion. I flade tage kan nødvendig højde for anbringelse af isolering samt etablering af fald på tagfladen



Figur 73. Hanebåndsspær med tagsten på lægter og diffusionsåbent undertag. Skråvæggen er isoleret med 200 mm og banebåndsloftet med 250 mm mineraluld klasse 39 (U-værdi 0,20/0,15).



Figur 74. Varmeisolering mod tagrum placeret på loftbeklædning fastgjort til fod af gitterspær.



Figur 75. Gitterspær med bølgeplader på lægter. Spærerne hviler på en rem, der er fastgjort til en letbetonbagvæg. Dampspærren i loftkonstruktionen klemmes med liste mod rem. Montering af lodret og skråt vindbræt skal sikre mod gennemblæsning af isoleringen. Ved tagfod sker ventilering gennem bølgerne i tagpladerne.

opnås ved påbygning. Et eksempel på bjælkespær med påbygning er vist på figur 76.

Hulrummet mellem tagdækning og isolering skal være mindst 50 mm højt, og det skal ventileres gennem åbninger jævnt fordelt langs tagkanter med et samlet areal på mindst 1/500 af det bebyggede areal. Der må ikke benyttes ventilationshætter.

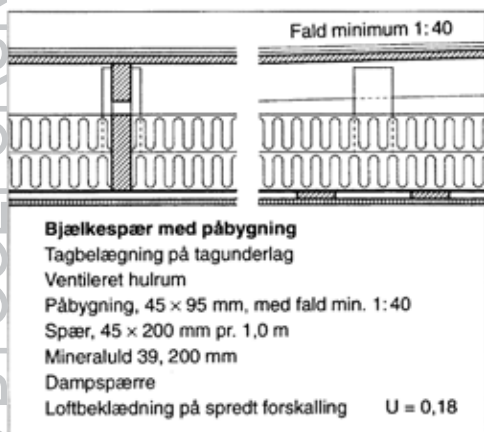
Bjælkespær af træ kan dimensioneres ved hjælp af tabel 9, hvor der skelnes mellem let tag og tungt tag. Tage med bjælkespær

kan varmeisoleres som vist på figur 76. Et eksempel på sammenbygning ved facade er vist på figur 77.

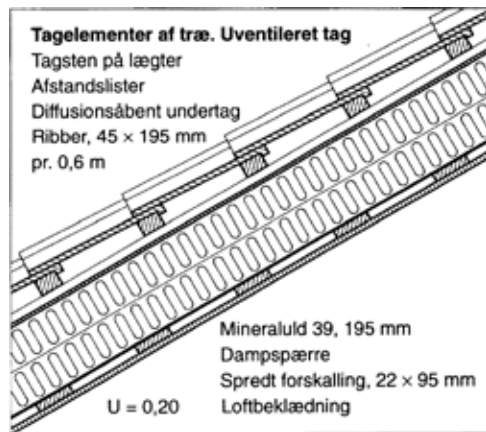
Tagelementer

Tagkonstruktionen kan også udføres af træ- eller letbetonelementer.

Figur 78 viser et uventileret tag udført med træelementer. Elementerne spænder mellem facade og længdevæg, men kan også spænde mellem tværvægge, fx i rækkehuse.

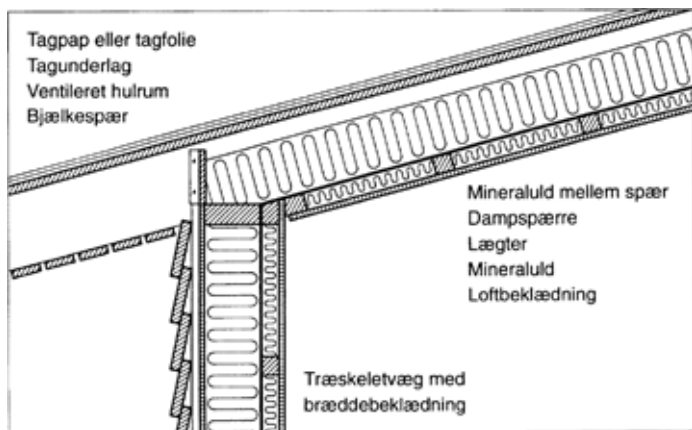


Figur 76. Bjælkespær med lille hældning, hvor der er skabt tilstrækkeligt fald på tagfladen ved påbygning på spæret.



Figur 78. Tagelementer af træ med tagdækning af tagsten på lægter. Undertaget er uventileret.

Figur 77. Bjælkespær med tagpap eller tagfolie på pladeunderlag. I både tag og ydervæg er dampspærren placeret 50 mm inde i konstruktionen, så elinstallationer ikke gennembryder dampspærren. Dampspærren i tag og væg samles ud for rem med klemt overlæg. Hulrummet over tagisoleringen skal have en højde på mindst 50 mm og 10 mm over vindbrættet.



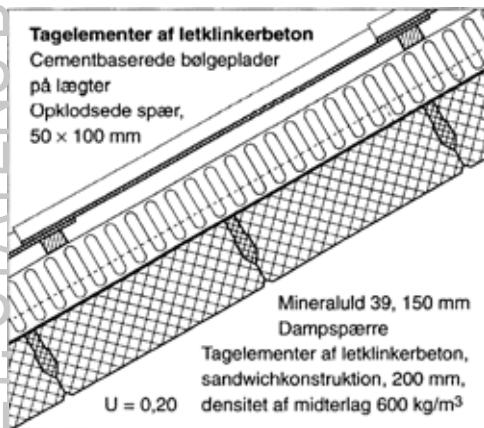
Tabel 9. Maksimal vandret spændvidde for bjælkespær til let tag og tungt tag.

Bjælke- dimension $b \times h$, mm	Let tag				Tungt tag			
	Bjælkeafstand i m fra midte til midte							
	0,6	0,8	1,0	1,2	0,6	0,8	1,0	1,2
63 × 150	3,31	3,01	2,79	2,63	3,06	2,78	2,58	2,43
75 × 150	3,51	3,19	2,96	2,79	3,25	2,95	2,74	2,62
50 × 175	3,58	3,25	3,02	2,84	3,31	3,00	2,79	2,62
63 × 175	3,86	3,51	3,26	3,07	3,57	3,24	3,01	2,83
75 × 175	4,10	3,72	3,46	3,25	3,79	3,44	3,19	3,01
50 × 200	4,09	3,72	3,45	3,25	3,78	3,43	3,19	3,00
75 × 200	4,62	4,19	3,89	3,66	4,28	3,89	3,61	3,40
100 × 200	5,08	4,62	4,29	4,03	4,71	4,28	3,97	3,74
75 × 225	5,19	4,72	4,38	4,12	4,81	4,37	4,06	3,82
100 × 225	5,71	5,19	4,82	4,54	5,30	4,81	4,47	4,20

Tabeloplysningerne er udarbejdet under følgende forudsætninger: Konstruktionstræ af styrkeklasse K18 i henhold til Trænormen. Egenlast af tagdækning og underlag: Let tag 0,25 kN/m² (fx profilerede plader eller tagpap), tungt tag 0,55 kN/m² (fx tagsten). Egenlast af isolering og loftbeklædning: 0,25 kN/m² (ikke pudsede lofter). Egenlast af spær: 0,05 kN/m² for dimensioner til og med 50 × 200 mm, derover 0,10 kN/m².

Den angivne spændvidde svarer til en nedbøjning for egenlast og snelast på 1/250 af spændvidden. Dette medfører, at nedbøjning for egenlast alene bliver mindre end 1/400 af spændvidden.

Tabellens værdier gælder for flade tage, men kan benyttes direkte ved taghældning op til 10°. Ved taghældning 20° skal spændvidden målt vandret reduceres til 90 pct, og ved 30° til 83 pct. af den angivne værdi. Der kan interpoleres lineært.



Figur 79. Tagelementer af letklinkerbeton med tagdækning af cementbaserede bølgeplader på lægter.

Konstruktionens brand- og lydmæssige fordele gør den attraktiv fx i rækkehuse med bærende tværvægge.

Tagelementer af træ bør være underlagt Tag-elementkontrollen.

Figur 79 viser et tag udført af letbetonelementer, der spænder mellem tværvægge.

Anvendes trykfast isolering, kan tagdækningen anbringes direkte oven på isoleringen. Isoleringen er da lukket inde mellem dampspærren (forneden) og tagdækningen (foroven). Det overtryk, som kan opstå i isoleringen, når taget opvarmes af solen, udlignes ved åbninger langs tagkanten.

Gavltrekanter (se tillæg 1)

Ved en gavltrekan forstår den øverste del af gavlen, der lukker for tagrummet. En gavltrekan skal kunne optage og videreføre vindlast til tagkonstruktion og loftskive.

Gavltrekanter udføres ofte som brædderbeklædning på gavlspærret, men kan også udføres af murværk.

Murede gavltrekanter skal afstives, fx ved at forbinde dem til en række stolper, der foroven fast-øres til spærhovedet og forneden til loftskiven.

Tage med gitterspær

Gavltrekanter kan udføres med træbeklædning som vist på figur 80, hvor træbeklædningen er fastgjort til et ekstra spær placeret over formuren. Det ekstra spær skal eventuelt forankres over for opadrettet vindlast (vindsug). Forankringen kan fx udføres ved hjælp af vekselbjælker, der placeres mellem de yderste spær som vist på figuren.

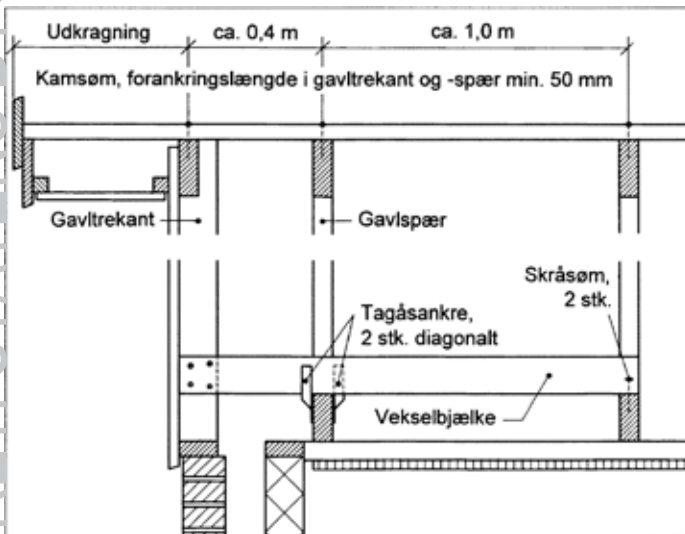
Afstivning af murede gavltrekanter til gitterspær kan ved taghældning op til 30° i terrænklasse By og terrænklasse Land udføres som trækonstruktion, se figur 81. Ved taghældning op til 40° kan der i terrænklasse By benyttes en tilsvarende konstruktion, idet træstolperne udføres af 50 × 175 mm planker.

Tage med hanebåndsspær

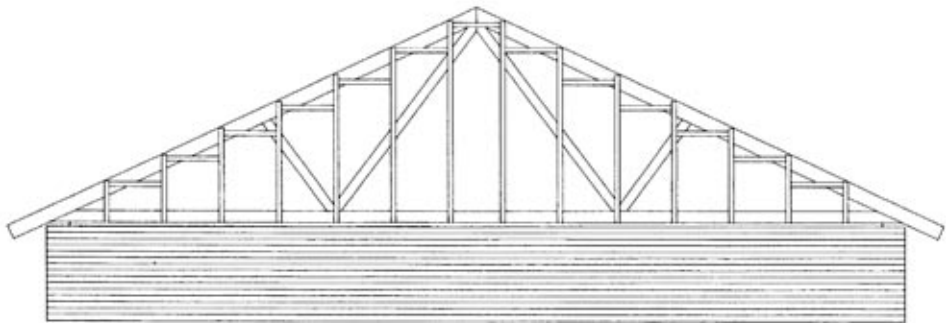
Hvor tagrummet udnyttes til beboelse, udføres gavltrekanten ofte som den øvrige del af gavlen, idet bagvæggen fastgøres såvel til loftskiven som til spærhovedet og til hanebåndet, se figur 82. Alternativt kan kombinationsvæggen i gavlen afsluttes ved hanebåndet, idet der herover udføres en gavltrekant på samme måde som vist på figur 80.

Hvis tagrummet ikke udnyttes, kan gavltrekanten udføres svarende til den, der er vist på figur 80, idet den desuden fastgøres til hanebåndet.

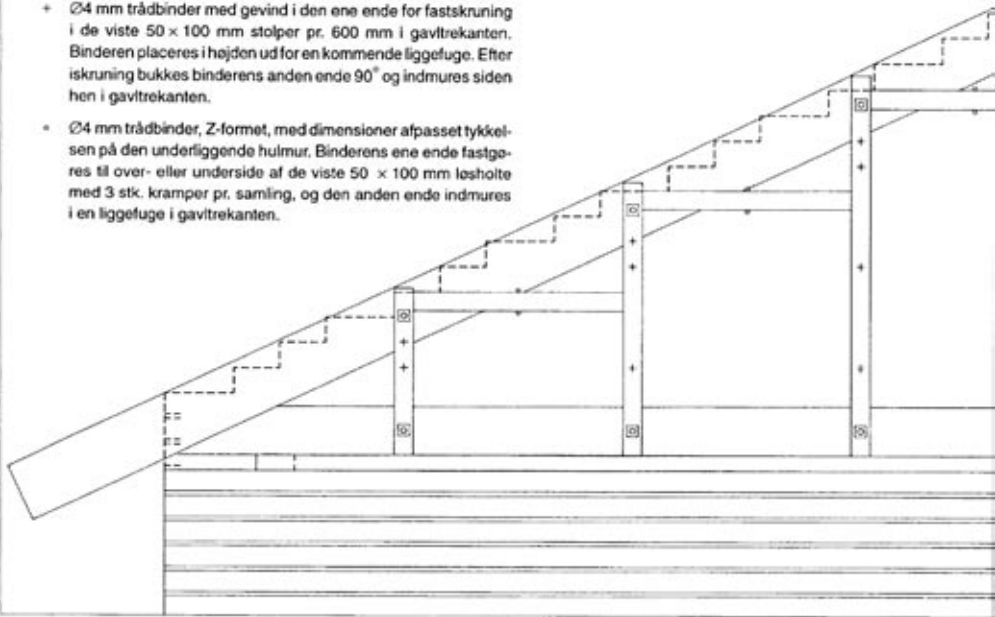
Da hanebåndet understøtter gavltrekanten, skal det afstives vinkelret på spærets plan. Dette kan ske enten ved hjælp af loftbeklædningen eller ved hjælp af en gangbro på hanebåndene.



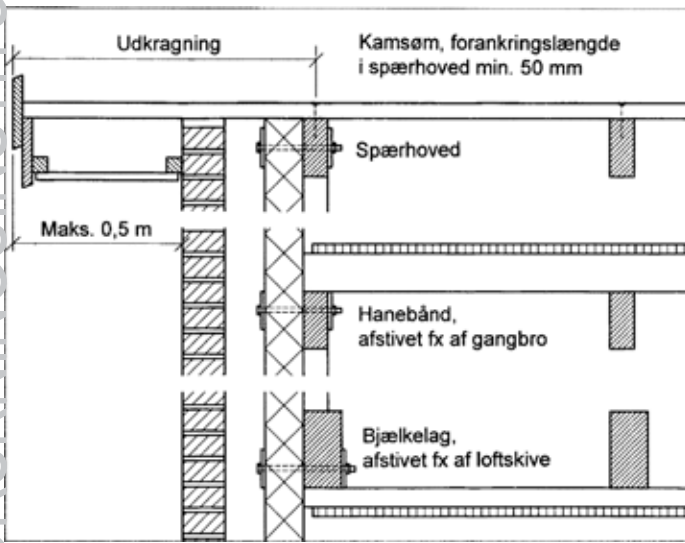
Figur 80. Afstivning af træbeklædt gavltrekant. Gavltrekanten er fastholdt foroven overfor vandret påvirkning af lægterne. Forneden fastgøres gavltrekanten til gavlspæret, fx med lægtestykker oven på spærfødderne. Ved let tag skal gavltrekanten forankres overfor sug på taget, fx ved vekselbjælker, der placeres nær facaderne. Med afstande og dimensioner som angivet side 61-62 kan lægterne udkrages op til 0,5 m.

**Signaturforklaring:**

- ☐ M12 bolt med 2 stk. 30 × 30 mm underlagsskiver.
- + Ø4 mm trådbinder med gevind i den ene ende for fastskruining i de viste 50 × 100 mm stolper pr. 600 mm i gavltrekanen. Binderen placeres i højden ud for en kommende liggefuge. Efter iskruning bukkes binderens anden ende 90° og indmures siden hen i gavltrekanen.
- Ø4 mm trådbinder, Z-formet, med dimensioner afpasset tykkelsen på den underliggende hulmur. Binderens ene ende fastgøres til over- eller underside af de viste 50 × 100 mm løsholte med 3 stk. kramper pr. samling, og den anden ende indmures i en liggefuge i gavltrekanen.



Figur 81. Afstivning af muret gavltrekan. Ved taghældning op til 30° i terrænklasse By og terrænklasse Land kan gavltrekanen afstives ved fastgørelse til 50 × 100 mm stolper pr. 600 mm. Stolperne poltes til spærhoved og spærfod. Mellem stolperne indsættes, foroven løsholter som vist. Murværket fastgøres med bindere til stolperne for hvert fjerde skifte. Langs gavltrekanens overside anbringes bindere pr. 300 mm målt vandret i 1. og 2. fuge eller i 2. og 3. fuge. Binderne fastgøres til stolper eller løsholter. Løsholterne placeres ud for et skifte, hvorved der kan fastgøres en binder på såvel over- som underside. Lægternes tilladelige udkræning er som angivet i teksten til figur 82.



Figur 82. Afstivning f gavltrekant udført som hul mur Bagvæggen fastgøres til loftskive, spærhoved og hanebånd, fx med bolte. Hanepundet skal afstives, fx af en gangbro med pladebeklædning. Ved tungt tag og lægteafstand 0,35 m kan lægternes udkragning fra gavlspæret være op til 0,9 m. Ved let tag med lægter 50×61 mm pr 1,1 nr eller 38×56 mm pr. 0,55 m kan udkragningen være op til 0,65 m. Udkragningen fra formuren kan dog i alle tilfælde højst være 0,5 m. Ved let tag kan udkragningen være op til 0,9 m fra gavlspæret og 0,7 m fra foruren, hvis lægteafstanden halveres i udkragningen og i det første fag.

Varmeisolering (se tillæg 1)

Enfamiliehuse skal varmeisoleres, så unød- vendigt energiforbrug undgås samtidig med, at der opnås tilfredsstillende sundhedsmæs- sige forhold.

Bygningsdelenes isoleringsegenskaber beskrives ved deres transmissionskoefficien- ter, de såkaldte U-værdier. Disse beregnes som beskrevet i DS 418: Bygningers varme- tab. U-værdien er størrelsen af varmetabet i watt gennem 1 m² af bygningsdelen ved en temperaturforskel på 1 kelvin (1 K = 1°C) mellem »inde« og »ude«. U-værdien har en- heden W/m² K og kan for typiske konstruk- tioner fx findes i de foregående kapitler og i VIF's U-værdier '95.

Som vejledning kan anføres, at tilføjelse af 50 mm isolering til en konstruktion, hvis U-værdi er 0,20, vil reducere U-værdien til ca. 0,16.

Bygningsdele mod det fri, herunder vin- duer og yderdøre, må, af hensyn til kondens- risiko, kun indeholde kuldebroer i uvæsen- ligt omfang. Den energimæssige virkning af kuldebroer skal medtages ved beregning af U-værdien for de enkelte bygningsdele. I ellers velisolerede konstruktioner kan kulde- broer have stor betydning for det resulteren- de transmissionstab. Det er således væsen- ligt, nøje at vurdere og beregne kuldebroer- nes effekt.

Bygninger og bygningsdele, herunder vinduer og døre, skal udføres så varmetabet ikke forøges væsentligt som følge af fugt, blæst eller utilsigtet luftgennemgang.

Tre muligheder

Småhusreglementet giver for enfamiliehuse opvarmet til mindst 18 °C tre muligheder for at opfylde kravene til varmeisolering.

- Overholdelse af U-værdikrav til de enkel- te bygningsdele og samtidig begrænsning af arealet af vinduer og yderdøre til højst 22 pct. af det opvarmede etageareal.
- Overholdelse af den såkaldte varmetabs- ramme for huset med ændrede U-værdier og arealer af vinduer og yderdøre.
- Overholdelse af den såkaldte energiram- me vedrørende husets varmebehov til op- varmning og ventilation.

Der kan normalt opnås den bedste energi- økonomi og den største fleksibilitet med hen- syn til valg af U-værdier og areal af vinduer og yderdøre ved at anvende energirammen. Anvendelse af energirammen kræver dog flere beregninger.

Hvis varmetabsrammen eller energiram- men bruges til at eftervise, at kravene til varmeisolering af et enfamiliehus er over- holdt, skal mindstekravene til de enkelte bygningsdeles varmeisolering også over- holdes.

U-værdikrav (se tillæg 1)

Småhusreglementets krav til enfamiliehuse kan opfyldes ved at vælge bygningsdele med U-værdier, som er mindre end eller lig med størrelserne i tabel 10, og samtidig sikre, at det samlede areal af vinduer og yderdøre mod det fri højst er 22 pct. af husets opvar- mede etageareal. Eksempler på konstrukti- oner, der opfylder disse U-værdikrav, er vist i de foregående kapitler.

Normalt antages, at alle rum i enfamilie- huse er opvarmet til mindst 18 °C. Undta- gelser kan fx være kælderrum, vindfang og udestuer.

For rum opvarmet til mellem 5 og 18 °C gælder kravene til mindste varmeisolering,

Tabel 10. Småhusreglementets U-værdikrav til bygningsdele omkring opvarmede rum.

Bygningsdel	U W/m ² K
Ydervægge med masse under 100 kg/m ²	0,20
Ydervægge med masse over 100 kg/m ² og kælderydervægge mod jord	0,30
Skillevægge og etageadskillelser mod uopvarmede rum	0,40
Terrændæk, kældergulve og etageadskillelser over det fri eller ventilerede krybekældre	0,20
Loft og tagkonstruktioner, herunder skunkvægge	0,15
Flade tage og skråvægge direkte mod tag	0,20
Vinduer og yderdøre, ovenlys, glasvægge samt lemme	1,80
(der er ikke U-værdikrav til ventilationsåbninger, som er mindre end 500 cm ²)	

Tabel 11. Småhusreglementets krav til mindste varmeisolering af alle opvarmede rum.

Bygningsdel	U W/m ² K
Ydervægge med masse under 100 kg/m ²	0,30
Ydervægge med masse over 100 kg/m ² og kælderydervægge mod jord	0,40
Skillevægge og etageadskillelser mod uopvarmede rum	0,60
Terrændæk, kældergulve og etageadskillelser over det fri eller ventilerede krybekældre	0,30
Loft og tagkonstruktioner, herunder skunkvægge	0,25
Flade tage og skråvægge direkte mod tag	0,25
Vinduer og yderdøre, ovenlys, glasvægge samt lemme	2,90

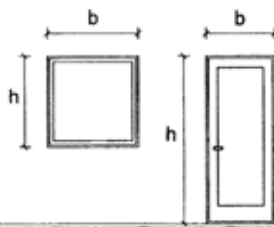
se tabel 11. Der er ingen begrænsning af arealet af vinduer og yderdøre i sådanne rum.

Det opvarmede etageareal beregnes som beskrevet i det følgende afsnit.

Ydervægge med masse under 100 kg/m² betegnes som lette ydervægge, mens vægge med masse over 100 kg/m² betegnes som tunge. Ved beregning af massen af ydervægge medregnes kun den del af konstruktionen, som ligger inden for et eventuelt hulrum, der er ventileret.

Vindues- og yderdørsarealet beregnes af hulmålene, det vil sige den åbning i ydervæggen, som vinduet eller døren indbygges i, se figur 83.

Ved beregning af vindues- og yderdørsarealet medregnes alene arealet af vinduer og døre mod det fri og ikke arealet af vinduer og døre mod uopvarmede eller delvis opvarmede rum.



Figur 83. Vindues- og yderdørsarealet beregnes af hulmålene. Selve vinduet eller yderdøren er mindre end hulmålet.

Opvarmet etageareal og opvarmet bebygget areal

Ved beregning af det opvarmede etageareal medregnes alle rum opvarmet til mindst 18 °C, også fx eventuelt opvarmede kælderrum, vindfang og udestuer. Der er ikke i Småhusreglementet krav til opvarmning, og der er derfor en vis frihed til at medregne uopvarmede eller delvis opvarmede rum i det

opvarmede etageareal, hvis de isoleres som opvarmede rum.

Det opvarmede bebyggede areal beregnes som det opvarmede etageareals projektion på vandret plan, se figur 84.

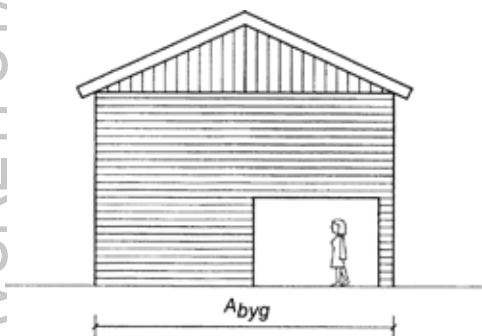
En bygnings opvarmede etageareal beregnes som beskrevet for etagearealet i *Småhusreglementets* bilag A.

En bygnings opvarmede etageareal beregnes ved sammenlægning af bruttoarealerne af samtlige opvarmede etager, herunder opvarmede kældre og tagetager. Bruttoarealet måles i et plan bestemt af oversiden af færdigt gulv og til ydersiden af ydervæggene. I udnyttelige tagetager medregnes alene det areal, der i et vandret plan 1,5 m over færdigt gulv ligger inden for planets skæring med tagbeklædningens udvendige side. Ved fælles vægge mellem rum, der skal medregnes til hver sin etage, måles til midten af den fælles væg.

Rum, der går gennem flere etager, medregnes kun til den etage, i hvilken gulvet er beliggende. Trapper og trapperum medregnes dog for hver etage.

Varmetabsramme

En eller flere bygningsdele kan have større U-værdi end anført i tabel 10, og det samlede areal af vinduer og yderdøre mod det fri



Figur 84. Beregning af opvarmet bebygget areal.

kan være mere end 22 pct. af det opvarmede etageareal, hvis husets samlede dimensionerende varmetab ved transmission ligger inden for den såkaldte varmetabsramme.

Det betyder, at husets dimensionerende varmetab ved transmission skal være mindre end varmetabet fra et tilsvarende referencehus, hvis bygningsdele har U-værdier som angivet i tabel 10, og hvor vindues- og yderdørsarealet er 22 pct. af det opvarmede etageareal.

U-værdierne må dog ikke være højere end angivet i tabel 11.

Til brug ved beregning af varmetabsrammen for enfamiliehuse er i det følgende gengivet de væsentlige regler i DS 418: *Bygningers varmetab*.

Temperaturer (se tillæg 1)

Ved beregning anvendes samme rumtemperatur, normalt 20 °C, overalt - også fx i baderum og bag radiatorer.

Den dimensionerende udetemperatur er normalt - 12 °C. For skrå og vandrette tage regnes med 15 pct. forøgelse af varmetabet på grund af udstråling til himmelrummet i klart vejr.

Den dimensionerende jordtemperatur er 8 °C og bruges fx ved beregning af kælder-gulve. For kælderydervægge bruges normalt den dimensionerende udetemperatur (- 12 °C) ved beregning af varmetabet. For terrændæk med omtrent samme U-værdi i rand- og midterfelt bruges en temperatur på

- +1 °C for gulvarealer mellem 100 m² og 200 m²
- +3 °C for gulvarealer mellem 200 m² og 500 m².

For gulvarealer under 100 m² bruges den dimensionerende udetemperatur på - 12 °C. Den dimensionerende temperatur i ventilerede krybekældre sættes til - 5 °C. I uopvarmede rum kan temperaturen fastsættes

skønmæssigt eller beregnes ved opstilling af varmebalancen.

Transmissionsarealer (se tillæg 1)

Transmissionsarealer for ydervægge, gulve og tage bestemmes, som om skillevægge ikke findes.

Ydervægges areal beregnes som produktet af indvendige vandrette mål og bruttoetagehøjden fra færdigt gulv til færdigt gulv. I 1-etages huse og i øverste etage i huse med flere etager regnes højden fra færdigt gulv til den indvendige vægflades skæring med oversiden af det varmeisolerende lag i loft eller tag.

Arealet af gulve og lofter beregnes af de indvendige mål. Ved uopvarmede tagrum anvendes loftets areal.

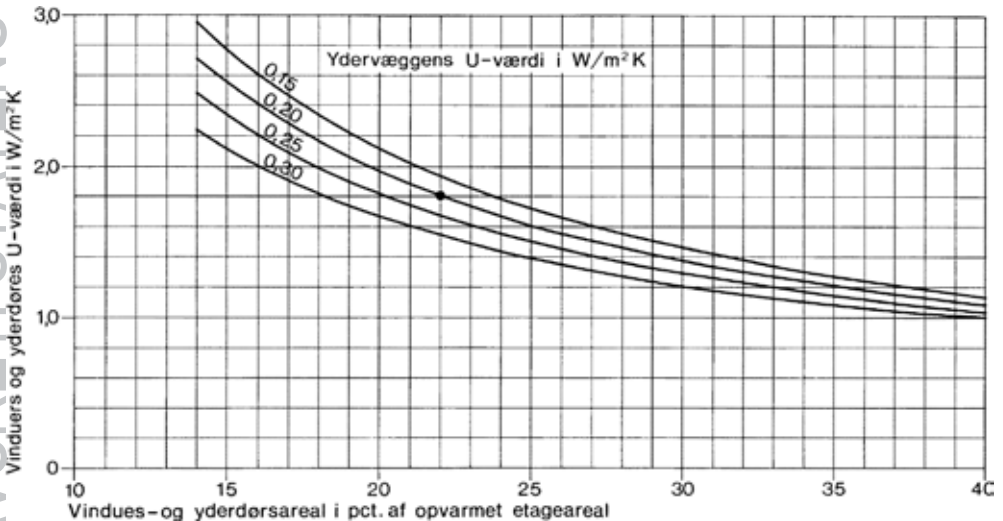
Ved beregning af varmetabene skal der være samme fordeling af bygningsdelstyper i det aktuelle hus som i referencehuset. Der skal fx være samme fordeling af lette og tunge ydervægge, af flade tage, skråvægge og loftkonstruktioner mod tagrum samt af

vinduer mod det fri og mod uopvarmede rum. Hvis varmetabsrammen bruges til at gøre fx et vindue større, skal arealet af den bygningsdel, hvori vinduet er placeret, gøres tilsvarende mindre.

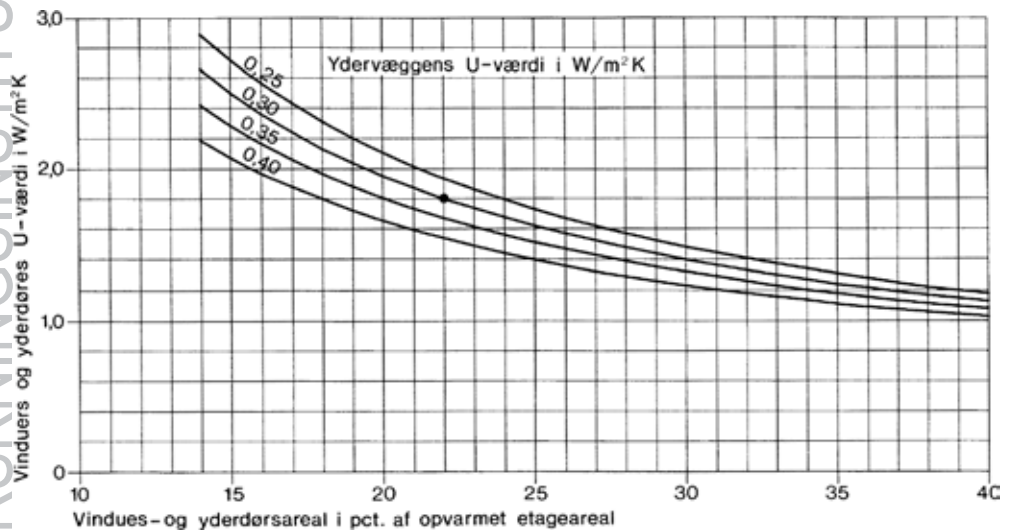
Varmetabsrammens muligheder

Varmetabsrammen kan blandt andet bruges til at øge vindues- og yderdørsareal ud over 22 pct. af det opvarmede etageareal.

Figur 85 viser for et hus med lette ydervægge sammenhængen mellem vindues- og yderdørsarealet i pct. af etagearealet, vinduernes og yderdørenes U-værdi og ydervæggens U-værdi. I figur 86 er det samme vist for et hus med tunge ydervægge. Udgangspunktet for kurverne er Småhusreglementets U-værdikrav, som er markeret på kurverne. Figurerne kan bruges til at vurdere valgmulighederne, inden der foretages beregning af varmetabsrammen. Det kan fx aflæses i figur 86, at for tunge ydervægge kan vindues- og yderdørsarealet øges til 25 pct. af det opvarmede etageareal, hvis der anven-



Figur 85. Vejledende sammenhæng mellem U-værdier i ydervægge og U-værdier og areal af vinduer og yderdøre mod det fri i lette ydervægge samt i skråvægge og flade tage.



Figur 86. Vejledende sammenhæng mellem U-værdier i ydervægge og U-værdier og areal af vinduer og yderdøre mod det fri i tunge ydervægge.

des vinduer og yderdøre med en U-værdi på $1,6 \text{ W/m}^2 \text{ K}$.

Ved beregning af varmetabsrammen regnes sammenbyggede huse som en bygning. Varmetabsrammen skal altid eftervises ved beregning, se eksemplet i det følgende.

Eksempel på varmetabsramme for enfamiliehus (se tillæg 1)

Et 1-etages hus på 121 m^2 er grundlag for eksemplet, se figur 87.

Huset måler udvendigt $14,4 \text{ m} \times 8,4 \text{ m}$ og er udført med 350 mm tykke, tunge ydervægge. De indvendige mål, når der ses bort

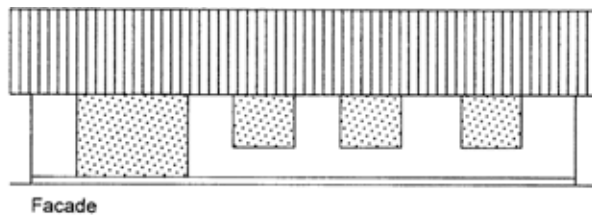
fra skillevægge, er $13,7 \text{ m} \times 7,7 \text{ m}$. Transmissionsarealet for taget og terrændækket bliver således $105,5 \text{ m}^2$.

Etagehøjden er $2,6 \text{ m}$, og den indvendige rumhøjde er $2,3 \text{ m}$. Transmissionsarealet for de lodrette yderflader (dvs. ydervægge, vinduer og yderdøre) er $2 \cdot (13,7\text{m} + 7,7\text{m}) \cdot 2,6\text{m} = 111,3 \text{ m}^2$. Arealet af vinduer og yderdøre er $26,6 \text{ m}^2$, svarende til $22,0 \text{ pct.}$ af det opvarmede etageareal. Huset er naturligt ventileret.

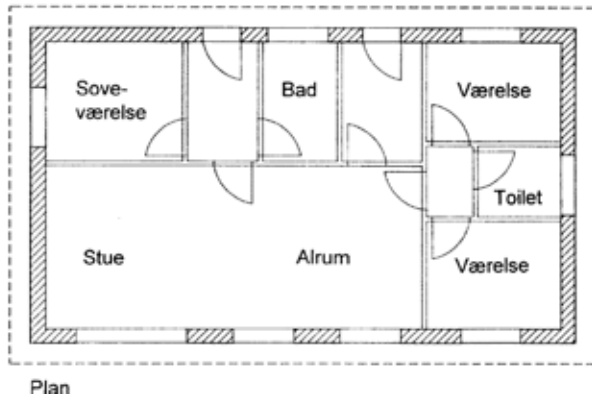
Varmetabsrammen for huset er $3,33 \text{ kW}$, se tabel 12. Hvis der vælges energiruder, og vinduer og yderdøre derved får en U-værdi

Tabel 12. Varmetabsramme for enfamiliehuset i figur 87.

Bygningsdel	Areal m^2	U-værdi $\text{W/M}^2 \text{ K}$	Temp.diff. K	Varmetab W
Ydervægge	84,7	0,30	32	813
Tag	105,5	0,15	37	586
Terrændæk	105,5	0,20	19	401
Vinduer og yderdøre	26,6	1,80	32	1532
Varmetabsramme				3332



Facade



Plan

Figur 87. Enfamiliehuset anvendt i eksemplet. Vindues- og yderdørsareal svarer til 22 pct. af det opvarmede etageareal.

på $1,6 \text{ W/m}^2 \text{ K}$, kan vindues- og yderdørsarealet inden for varmetabsrammen øges til 25,3 pct. af det opvarmede etageareal, se tabel 13.

Energiramme (se tillæg 1)

Varveisoleringen kan også fastlægges på grundlag af den såkaldte energiramme og en beregning af husets samlede varmebehov til rumopvarmning og ventilation. Energiram-

men angiver det maksimalt tilladte samlede årlige nettovarmebehov til opvarmning og ventilation pr. m^2 opvarmet etageareal. Energirammens muligheder er mere detaljeret beskrevet i SBI-anvisning 190: *Bygningsudformning og varmebehov*.

Nettovarmebehovet er den varme, der direkte skal leveres i rummene eller til ventilationsluften, og indeholder ikke tabene fx ved produktion af varmen i en kedel. Netto

Tabel 13. Varmetab fra enfamiliehuset i figur 87 ved større vinduesareal med bedre isolerende energiruder.

Bygningsdel	Areal m^2	U-værdi $\text{W/M}^2 \text{ K}$	Temp.diff. K	Varmetab W
Ydervægge	80,7	0,30	32	775
Tag	105,5	0,15	37	586
Terrændæk	105,5	0,20	19	401
Vinduer og yderdøre	30,6	1,60	32	1567
				Varmetab 3329

varmebehovet kaldes i det følgende blot for varmebehovet.

Eftervisning af, at energirammen er overholdt, sker på grundlag af en forenklet beregning, hvor der anvendes månedsmiddelværdier for vejrdata. Ved beregning af varmebehovet tages der bl.a. hensyn til solindfald, personvarme og husets varmeakkumulerende egenskaber.

U-værdierne for de enkelte bygningsdele må dog ikke være højere end angivet i tabel 11, side 71.

Ved beregning af energiramme og varmebehov regnes sammenbyggede huse som en bygning.

Beregning af varmebehovet i enfamiliehuse er beskrevet i bilag E, Varmebehov.

Småhusreglementet's krav til enfamiliehuse med naturlig ventilation er, at varmebehov til rumopvarmning og ventilation pr. m² opvarmet etageareal højst må være

$$q_r = 160 + \frac{110}{e}$$

og at varmebehovet ikke må overstige

$$q_r = 250$$

hvor q_r er energirammen i MJ/m² pr. år
 e er antallet af etager.

Antallet af etager er et decimaltal, der beregnes som

$$e = \frac{A_e}{A_{byg}}$$

hvor A_e er opvarmet etageareal i m²
 A_{byg} er opvarmet bebygget areal i m².

Vedrørende beregning af opvarmet etageareal og opvarmet bebygget areal, se side 71. Størrelsen af energirammen for enfamiliehuse med naturlig ventilation er angivet i tabel 14.

Tabel 14. Energiramme for enfamiliehuse med naturlig ventilation.

Antal etager, e	Energiramme, q_r MJ/m ² pr. år
1	250
1,7	225
2	215

Energirammen er angivet i MJ. 1 kWh er det samme som 3,6 MJ.

Småhusreglementet stiller ikke krav om mekanisk udsugning. Hvis der etableres mekanisk udsugning fra køkken, bade- og wc-rum, og luftsiftet i huset overstiger 0,5 gange pr. time, forøges energirammen svarende til varmebehovet for opvarmning af den ekstra volumenstrøm, se *Bygningers energibehov*.

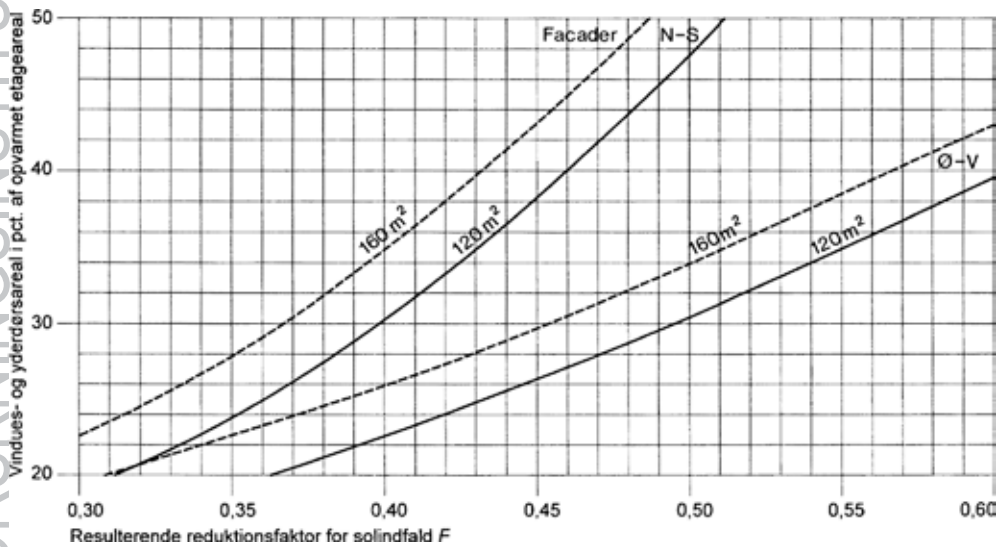
Muligt vindues- og yderdørsareal

Med energirammen er det ofte muligt at opnå større vindues- og yderdørsareal end 22 pct. af det opvarmede etageareal, hvis det ønskes.

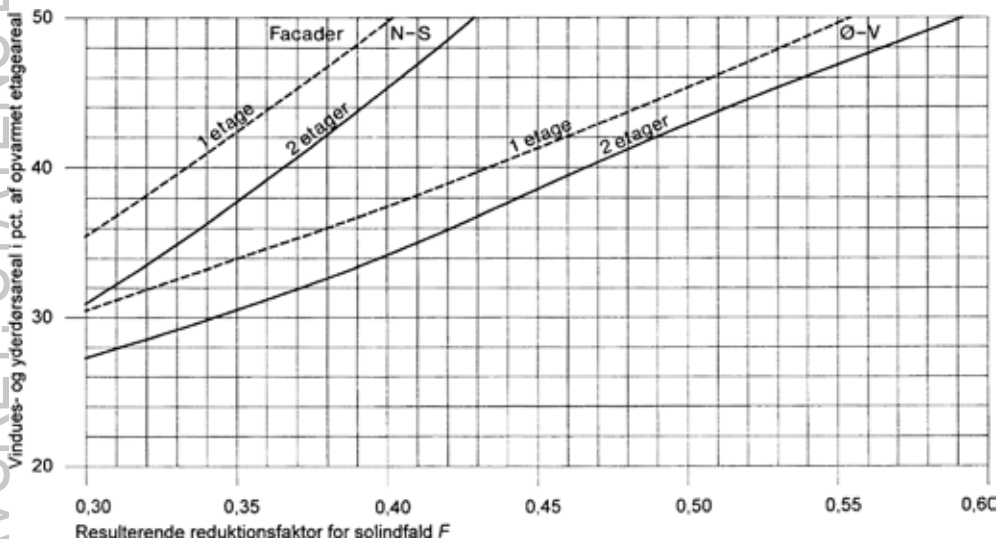
I figurerne 88 og 89 er der vejledende vist, hvor stort vindues- og yderdørsareal det er muligt at opnå i typiske fritliggende enfamiliehuse og i typiske rækkehuse. Det mulige vindues- og yderdørsareal afhænger blandt andet af vinduernes orientering, den resulterende reduktionsfaktor for solindfaldet på grund af skyggeforholdene, vinduesrammernes størrelse og glastypen samt af, hvor kompakt byggeriet er.

Ved optegning af figurerne er det forudsat, at husene er 8 m dybe, at der kun er enkelte forsætninger i facaderne, at der anvendes tolags energiruder med en U-værdi på 1,6 W/m² K, og at husene har tunge ydervægge og tag med hældning. Øvrige bygningsdele forudsættes varmeisoleret svarende til U-værdikravene i *Småhusreglementet* gengivet i tabel 10, side 71.

Reduktionsfaktoren for solindfaldet er



Figur 88. Vejledende værdier for muligt vindues- og yderdørsareal i typiske fritliggende 1-etages huse, når energirammen benyttes. Diagrammet gælder også for dobbelthuse, idet husenes samlede areal benyttes.



Figur 89. Vejledende værdier for muligt vindues- og yderdørsareal i typiske rækkehuse, når energirammen benyttes.

mindst ved skyggefuld beliggenhed, store vinduesrammer og fx solafskærmende glas. Ved nogenlunde fri beliggenhed, almindelig vindueskonstruktion og brug af tolags energiruder vil reduktionsfaktoren for solindfaldet blive ca. 0,5, se i øvrigt bilag E, Varmebehov.

I figurene er der optegnet kurver for vinduer ligeligt fordelt henholdsvis mod nord og syd og mod øst og vest. I huse med en anden fordeling af vinduerne kan der interpoleres imellem kurverne. Hvis fx vinduerne er ligeligt fordelt på de fire hovedretninger nord, syd, øst og vest benyttes middelværdien af kurverne for henholdsvis N-S og Ø-V. Dette kan også gøres, selv om bygningen er drejet fx 45° i forhold til hovedretningerne.

Vinduesarealet mod syd eller sydlige retninger kan øges, uden at varmebehovet stiger, hvis reduktionsfaktoren for solindfaldet er større end ca. 0,5, og der benyttes energiruder. Det er på den måde muligt at øge vinduesarealet udover det, kurverne angiver.

I figur 88 er der optegnet vejledende kurver for det mulige vindues- og yderdørsareal i fritliggende 1-etages huse på henholdsvis 120 m² og 160 m². Det ses, at det mulige vindues- og yderdørsareal stiger ved større etageareal. Der kan fx opnås et større vindues- og yderdørsareal i et dobbelthus på 160 m² end i to fritliggende huse på 80 m².

I et 120 m² hus med vinduerne ligeligt fordelt mod nord, syd, øst og vest og en reduktionsfaktor for solindfaldet på 0,45 kan der vejledende opnås et vindues- og yderdørsareal på 1/2 · (26 pct. + 38 pct.) = 32 pct. af det opvarmede etageareal.

I figur 89 er der på tilsvarende vis optegnet vejledende kurver for det mulige vindues- og yderdørsareal i typiske rækkehuse. Figuren viser, at det mulige vindues- og yderdørsareal også afhænger af antallet af etager. Dette gælder både fritliggende og sammenbyggede enfamiliehuse.

Temperaturforhold om sommeren

Ved udformning af huse og valg af vinduesareal og orientering skal der også sikres rimelige temperaturforhold om sommeren. Især i huse med store vinduer er det ikke tilstrækkeligt med almindelige gardiner eller persiener.

Rumtemperaturen om sommeren kan reduceres fx ved at bygge med tagudhæng, der skygger for den høje sommarsol, ved at anvende tunge materialer i vægge eller gulv og ved at sørge for gode udluftningsmuligheder med mange oplukkelige vinduer og døre.

Vådtrum (se tillæg 1)

Ved vådrum forstås baderum, wc-rum med gulv afløb samt andre rum, fx bryggers og vaskerum, hvor der kan forudses tilsvarende vandpåvirkninger.

Dette afsnit omhandler krav til og udførelse af gulve og vægge i vådrum. Desuden behandles de krav, konstruktioner og materialer medfører for installationerne, mens selve planlægningen og udførelsen af installationerne ikke omtales.

Vådtrum er i øvrigt behandlet i SBI-anvisning 169: *Gulve og vægge i vådrum*, i SBI-anvisning 180: *Badeværelser* og i særtrykket: *Vådtrum. Hvad er muligt - hvad er lovligt?* Sidstnævnte orienterer bl.a. om ændringer til anvisning 169.

Krav til vådrum (se tillæg 1)

Småhusreglementet angiver de overordnede krav til vådrum vedrørende tæthed, stabilitet mv. Opfyldes kravene ikke, kan det få alvorlige konsekvenser i form af materialenedbrydning og kostbare reparationer.

Gulve og vægge, herunder samlinger, tilslutninger og rørgennemføringer, skal være vandtætte. Især skal konstruktioner, hvori der indgår træ eller andet organisk materiale, sikres mod indtrængning af vand.

Konstruktioner i vådrum skal kunne modstå normale mekaniske påvirkninger uden at få så store deformationer, at fx flisebeklædning eller eventuel vandtæt belægning beskadiges. Især flisebeklædte konstruktioner kræver et stift underlag for at undgå revnedannelse.

Vådtrum skal kunne tåle påvirkning af varmt og koldt vand, og konstruktionerne må ikke beskadiges af deformationer som følge af ændringer i den relative luftfugtighed, fx årstidsvariationer. Gulv- og vægover-

flader skal kunne tåle påvirkning af normale husholdningskemikalier og være lette at rengøre.

Vådtrum skal udformes, så de sårbare dele beskyttes mod vandpåvirkning, og så der opnås størst mulig sikkerhed for at omgivende konstruktioner ikke beskadiges af indtrængende fugt.

Zoneinddeling (se tillæg 1)

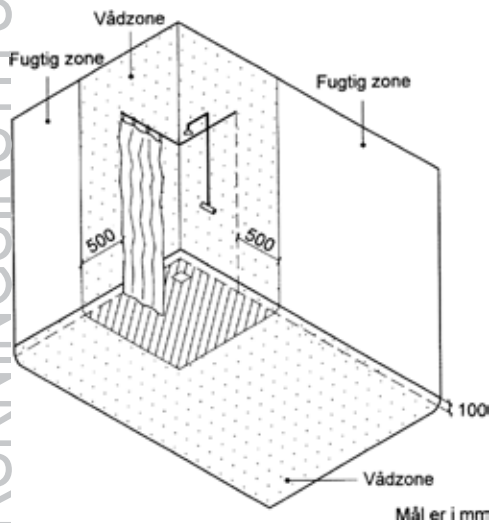
Der skelnes mellem vådzone og fugtig zone, se figurerne 90, 91, 92 og 93.

Vådzone omfatter den del af rummet, hvor der jævnlige må forventes direkte vandpåvirkning. Her stilles de strengeste krav til konstruktioner, materialer og overfladebehandlinger. Vådzone omfatter hele gulvet, de nederste 100 mm af alle vægge samt vægge ved bruseniche, badekar og håndvask med brusearmatur. Anvendes fastmonterede skærmvægge, afgrænser disse vådzone på væggene, se figur 91.

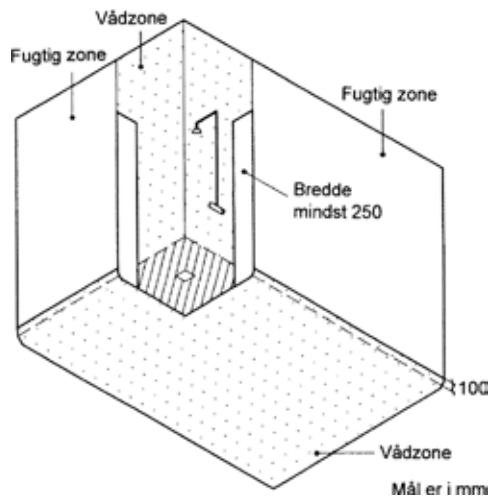
Fugtig zone er vægområdet uden for vådzone. Også her må der påregnes større påvirkninger end i boligens øvrige rum, fx fra stor relativ luftfugtighed og lejlighedsvis vandpåvirkning. Der stilles derfor også i fugtig zone skærpede krav til materialevalg og konstruktionsopbygning.

Fald på gulv (se tillæg 1)

De områder af gulvet, hvor der dagligt må forventes direkte vandpåvirkning, skal have fald mod afløb og være uden lunger. Disse områder er vist skraveret på figurerne 90, 91 og 93. Faldet bør være 1-2 pct., under fritstående badekar og fast inventar dog mindst 2 pct. Øvrige områder kan udføres vandrette. For at undgå risiko for bagfald og lunger må et lille fald mod afløb dog foretrækkes.



Figur 90. Vådzone og fugtig zone i vådrum med bruseniche. Vådzone omfatter hele gulvet og væggene omkring brusenichen indtil 500 mm fra dens afgrænsning. Vådzone på væggene går helt til loft. I særligt høje rum kan området over normal loftshøjde dog betragtes som fugtig zone. Det skraverede område viser, hvor der skal være fuld på gulvet, og hvor der ikke må være rørgennemføringer: Området går 500 mm ud fra brusenichens afgrænsning.



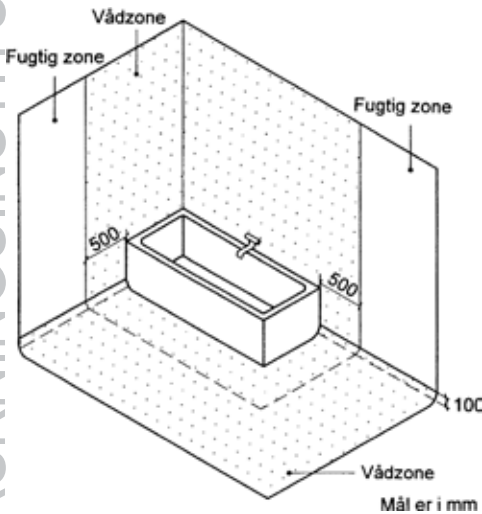
Figur 91. Anvendes fastmonterede skærmvægge med en bredde på mindst 250 mm omkring bruseniche regnes kun væggene inden for skærmvæggene som vådzone. Hvis gulvet i brusenichen samtidig er forsænket eller forsynet med opkant, kan der føres rør gennem gulvet helt op til skærmvæggens yderside.

Hvis en del af gulvet udføres vandret, skal vand fra badning hindres i at løbe ud over denne del af gulvet, fx ved at gulvet i brusenichen forsænkes eller afgrænses med en opkant. En forsækning på 10 mm vil normalt være tilstrækkelig. Forsækning må foretrækkes frem for opkant, fordi vand på gulvet uden for brusenichen, fx fra golvvask, da vil kunne løbe i afløbet. Samtidig bliver rummet bedre egnet for gangbesværede. Det forsænkede område bør være så stort, at vand fra et eventuelt badeforhæng vil dryppe af inde i forsækningen.

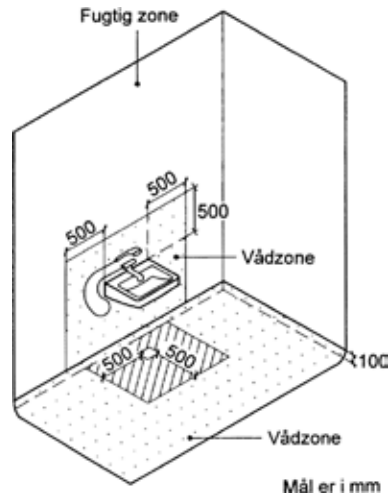
Vandtætning

Vandtæt behandling eller beklædning kan være nødvendig for at sikre vandtætheden af gulve og vægge.

For uorganiske materialer, fx beton, letbeton og tegl, har vandafvisende overfladebehandling eller -beklædning tidligere været anset for fyldestgørende til brug i vådrum. Nogle af de uorganiske materialer, fx letbeton og tegl, er dog ret vandsugende og andre kan have utætte elementsamlinger. Sådanne materialer bør derfor i de mest udsatte områder have en vandtæt overfladebehandling.



Figur 92. Vådzone og fugtig zone i vædrum med badekar. Vådzone omfatter hele gulvet og væggene indtil 500 mm fra badekarret. Vådzone på væggene går helt til loft. I særligt høje rum kan området over normal loftshøjde dog betragtes som fugtig zone. Der må ikke være rørgennemføringer nærmere end 500 mm fra badekarret, markeret med den stiplede linie. Anvendes fastmonterede skærmvægge med en bredde på mindst 250 mm omkring badekarret regnes kun væggene inden for skærmvæggene som vådzone, og der kan føres rør gennem gulvet helt op til skærmvæggens yderside.



Figur 93. Væg ved håndvask medregnes kun til vådzone, hvis der er armatur med bruser på håndvasken. Vådzone går da fra gulv til 500 mm over håndvasken, og 500 mm ud til begge sider for håndvasken. Er der bruser, skal der også etableres gulv afløb, og gulvet skal have fald mod afløbet i det skraverede område. Rørgennemføringer i gulv må ikke udføres i dette område, der går 500 mm ud fra gulv afløbet. Såfremt bruser på håndvask er eneste bruser, anvendes reglerne vedrørende brusenicher som beskrevet ovenfor.

Bemærk at almindelig flisebeklædning ikke er vandtæt og derfor bør suppleres med en vandtæt behandling inden fliseopsætning.

Skeletvægge samt vægge og gulve, der indeholder organiske materialer, skal have en vandtæt beklædning eller overfladebehandling. I vådzone skal vandtætningen foretages med en egnet membran i form af en banevare eller et MK-godkendt vandtætningssystem. Det er et krav, at MK-godkendte vandtætte flisebeklædninger indeholder et egentligt vandtæt lag med en tykkelse på mindst 1 mm. Der må ikke benyttes en kom-

bination af materialer fra forskellige godkendelser, og der må kun anvendes de underlag, som er omtalt i godkendelsen. Oplysninger om MK-godkendelser kan fås hos ETA-Danmark A/S.

Skeletvægge i den fugtige zone kan tætnes ligesom i vådzone, med tætningsmidler uden membran eller med malebehandling. Det skal kunne dokumenteres, at materialerne opfylder kravene i MK Prøvnings- og godkendelsesbetingelser for vægbeklædninger til vædrum, 1996. Der er ingen krav om MK-godkendelse for tætningsystemer og

malebehandlinger til brug i den fugtige zone, men det er muligt at få det.

De forskellige muligheder for at opfylde kravene til vandtætning i vådzone og fugtig zone i gulv og vægge behandles nærmere i det følgende.

Vand fra vægge skal ledes ud på gulvet, og væggen skal derfor samles vandtæt med gulvet, eller også skal væggens vandtætte lag føres ud over og overlappe gulvets opkant.

Ved dørkarme med bundstykke skal højden mellem gulv og bundstykke være mindst 20 mm. Dette muliggør, at gulvet kan opsamle en vis vandmængde, fx fra en utæt vandinstallation. For gulve indrettet for bevægelseshæmmede kan der anvendes andre løsninger, se *Gulve og vægge i vådrum*.

Vand- og afløbsinstallationer (se tillæg 1)

Rørføringer bør være så korte og enkle som muligt. Samlinger i vandrør eller samlinger mellem rør og armaturer må ikke udføres utilgængeligt, men skal kunne efterses og repareres. Rørinstallationer med skjulte samlinger kan dog udføres i tomrør, hvor eventuelle utætheder meldes synligt.

Gennemføringer for vand- og afløbsrør skal udføres med vandtætte bøsninger. I gulvet bør gennemføringer helt undgås, men de kan udføres i områder, hvor der ikke forventes daglig vandpåvirkning, se figurerne 90, 91, 92 og 93.

Installationer kan med fordel placeres i tilgængelige rørkasser eller skakte. For baderum med tilgrænsende bryggers vil det ofte være muligt at trække rør på bryggersvæggen mod baderummet.

I sammenbyggede huse skal rørinstallationer af lydhensyn være adskilte.

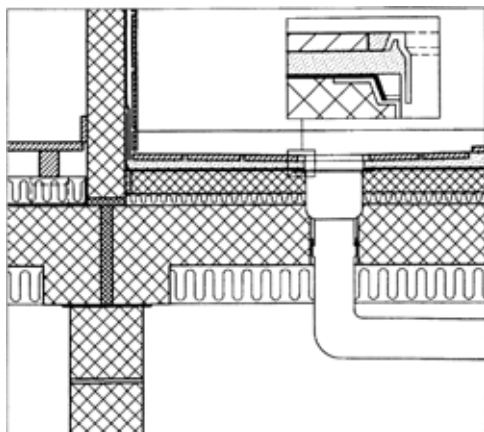
Gulvaflob skal være VA-godkendt til den pågældende type gulvkonstruktion og gulvbelægning. Det bør så vidt muligt være med lodret udløb.

Gulve (se tillæg 1)

Tunge dæk (se tillæg 1)

Tunge dækkonstruktioner består som oftest af beton støbt på stedet eller letbeton udlagt som elementer. Normalt vil der oven på dækket blive udstøbt yderligere en betonplade - jf. figurerne 94 og 95 - enten på et glidelag af fx to lag 0,15 mm PE-folie, eller på et lag isoleringsmateriale. Betonen skal være en stivplastisk ærte- eller nøddestensbeton med en styrke på 20 MPa (beton 20), og den skal

have en tykkelse på mindst 60 mm. Der udføres revnearmering med 6 mm rundstål pr. 150 mm i begge retninger eller tilsvarende armeringsnet. Der bør anvendes tætheds-



Figur 94. Baderum over krybekælder. Dækket er udført med letbetonelementer, hvorover der af hensyn til varmeisoleringen er udlagt 30 mm hård isolering. Ovenpå er støbt en betonplade, og der er etableret fald i afretningslag. Både gulv og vægge har i vådzone en vandtætnende behandling med membran. På gulv er membranen udført med banevare, mens den på væggen er påført i flydende form. Samlingen mellem gulv- og vægmembran er udført som en klæbet overlapsamling, hvor vægmembranen overlapper gulvmembranen. Samlingen forstærkes med en strimmel armeringsvæv. Gulvmembranen er fastgjort med klemring til afløbsskålen. Fliser er påklæbet med fleksibel klæbe.

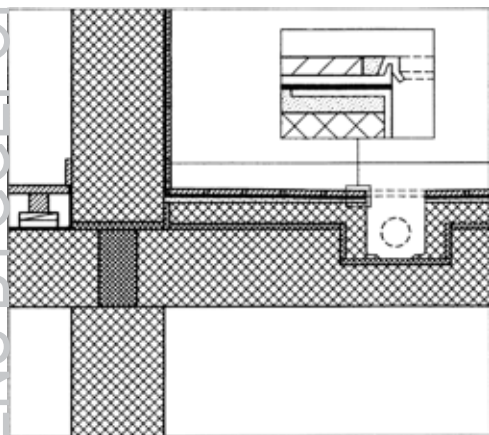
forøgende tilsætningsstoffer, og betonen skal vibreres.

Fald kan etableres direkte i betonpladen eller i et særskilt afretningslag udført som et 10-40 mm tykt lag af cementmørtel 0100/400. Da beton svinder under hærkning, skal flisebelægning udføres så sent i byggeprocessen som muligt. Betonen skal have hærdet mindst svarende til 2-3 uger ved 20 °C, og der bør benyttes en fleksibel fliseklæber, så restsvind kan optages. De bedste hærtningsbetingelser opnås ved at afdække betonen med plast eller lignende de første dage af hærningen.

Selvom beton udført som beskrevet oven-

for anses for at være tilstrækkelig vandtæt i sig selv, anbefales det, at der i det mindste omkring bruseniche og badekar som en ekstra sikkerhed vandtættes yderligere, fx med en membran påført i flydende form.

Tæthed mellem gulv og væg kan sikres ved at udføre en inddækning af samlingen, fx med en membran, der er armeret med en fiberstrimmel som vist på figur 26, side 32 og på figur 30, side 34. Hvis væggen er vandtætnet med en membran, kan inddækningen udføres ved at vægmembranen føres helt ned til og 100 mm ud på gulvet. Er der membran i både gulv og væg, skal de to membraner være forenelige, også langtids, og de skal samles vandtæt.



Figur 95. Baderum på etagedæk mod nabohus. Af lydhensyn er der indlagt et isoleringslag, fx to lag 4 mm polypropylenvæv mellem dæk og overstøbning. Isoleringslaget er ført op ad siderne på betonpladen. Der er udsparret for gulvafløb i dækelementet, og der er etableret fald i afretningslag. Både gulv og væg har i vådzone en vandtætnende behandling med membran påført i flydende form. På gulv og 100 mm op ad vægge er membranen armeret, og den er ført ud over afløbsskålens flange, som den skal klæbe til. Fliser er klæbet til vandtætningslaget med fleksibel klæber.

Lette dæk

Lette dækkonstruktioner med træbjælkelag skal i vådrum have undergulv af plader. Disse gulvkonstruktioner er fugtfølsomme og skal derfor beskyttes effektivt mod fugt. De må ikke benyttes på terrændæk eller ved krybekældre med højde under 600 mm.

Til flisebeklædte gulve skal underlaget bestå af mindst 19 mm konstruktionskrydsfiner med højst 300 mm understøtningsafstand. Over pladen udlægges et vandtæt lag, der fx kan bestå af EPDM-tagdug - se *Gulve og vægge i vådrum* - eller en MKgodkendt vandtæt flisebeklædning. Fald kan etableres ved at kile krydsfinerpladen op, eller ved at udføre et afretningslag oven på krydsfinerpladen og det vandtætte lag. Afretningslag udføres bedst i 10-30 mm tykkelse med hurtighærdnende specialmørtler som svinder minimalt, og som normalt kan belægges med fliser inden for et døgn efter udstøbningen.

Til pvc-beklædte gulve kan undergulvet enten udføres af konstruktionskrydsfiner eller af gulvspånplader. Tykkelser og understøtningsafstande fremgår af *Gulve og vægge i vådrum*. Fald etableres som regel ved at udlægge kileskårne lægter. Pladerne limes

og skrues på lægterne. Pvc-belægningen limes direkte på pladerne og svejses i alle samlinger. Pvc-belægninger bør kun udføres af gulvlæggere med svejsecertifikat, hvilket viser, at de har gennemgået og bestået en prøve i udførelse af vådrum med pvc. Oplysninger om gulvlæggere med svejsecertifikat kan fås hos Gulvbranchens Vådrumskontrol. Det skal kunne dokumenteres, at materialerne opfylder kravene i *Gulve og vægge i vådrum*.

Membran eller beklædning skal føres op ad væggen og samles vandtæt med eller overlappes af væggens membran eller beklædning.

Vægge (se tillæg 1)

Tunge vægge

Tunge vægge består oftest af beton- eller letbetonelementer eller murværk. De almindeligt anvendte betonkvaliteter anses normalt for at være tilstrækkeligt vandtætte i sig selv. For vægge af tegl eller letbeton kan der dog ved opfugtning transporteres fugt til tilstødende rum eller bygningsdele, fx til træbjælkelag. Derfor anbefales det, at der især i vådzone udføres vandtætning af væggene forinden opsætning af fliser. Der kan hertil fx anvendes vandtæt flisebeklædning, som er MK-godkendt til brug på gipsplader. Funktionsevnen på tegl eller letbeton kan dog være anderledes end på gipsplader. Den projekterende må selv sikre sig, at systemet kan benyttes på disse materialer.

Da beton og letbeton kan svinde og krybe under hærdningen, bør fliser opsættes så sent i byggeprocessen som muligt, så hovedparten af svindet og krybningen er overstået. Der kan vejledende regnes med nedenstående hærdningstider, før fliseopsætning er tilrådelig.

For beton er en hærdningstid på 2-3 måneder nødvendig, afhængig af tykkelse, temperatur og fugtforhold.

For letklinkerbeton bør opsætning af fliser først ske, når fugtindholdet er faldet til 4-8 vægtprocent, afhængig af densiteten. Udtørringen vil, afhængig af metode, normalt tage mellem 3 uger og 2 måneder i lukket, opvarmet hus. Restfugtindholdet bør bestemmes inden fliseopsætning påbegyndes. Oplysninger om udtørringsforløb og måling af restfugtindhold kan fås hos leverandørerne af letklinkerbeton.

For porebeton vil udtørring tage omkring 3 uger i lukket, opvarmet hus.

Det anbefales, at der på beton og letbeton benyttes fleksibel fliseklæber, så mindre bevægelser fra restsvind og fugt- og varmepåvirkning kan optages.

Lette vægge (se tillæg 1)

Lette vægge er skeletvægge med pladebeklædning af gipsplade, kalciumsilikatplade, spånplade eller krydsfiner. Lette vægge skal beskyttes med et vandtæt lag, som beskrevet mere detaljeret i *Gulve og vægge i vådrum*.

Gipspladevægge kan udføres med gipskarton- eller fibergipsplader. Gipskartonplader skal være »vådrumplader« med silikoneimprægneret kerne. Der skal i hele rummet opsættes to lag plader på et stolpeskelet af 70 mm brede stålstolper med en maksimal afstand på 450 mm. Mere detaljeret information om opbygning af vådrumsvægge med gipskartonplader findes i Vådrum udført med lette gipspladebeklædte konstruktioner, Gipspladeproducenterne i Danmark, 2. udgave, 1995.

Fibergipsplader kan i 15 mm tykkelse anvendes i et lag på skelet af enten stål eller træ.

Gipsplader skal have vandtæt beklædning på den side, der vender ind mod vådrummet. I vådzone må kun anvendes pvc-beklædning eller MK-godkendte vandtætte flisebeklædninger med membran. I fugtig zone kan tillige anvendes malebehandling eller flise

beklædning med vandtætningsmidler, med eller uden membran, der opfylder de tidligere nævnte godkendelsesbetingelser.

Kalciumsilikatplader kan anvendes på skelet af stål eller træ, og med et underlag af spredt forskalling, gipsplade eller kalciumsilikatplade. Normalt udføres de med et vandtæt lag af PE-folie under det yderste pladelag. Vandtætningen kan dog også udføres som for gipsplader med pvc eller vandtæt flisebeklædning. Flisebeklædningen skal i så fald være godkendt til brug på kalciumsilikatplader.

Spånplader og krydsfiner kan anvendes i et lag med mindste tykkelse på henholdsvis 22 mm og 15 mm. Som vandtæt overfladebeklædning må kun anvendes pvc-banevarer med svejste samlinger.

I ydervægge udført som skeletvægge anbringes normalt en dampspærre mellem skelet og indvendig beklædning. I vådrum er den vandtætte beklædning sædvanligvis tilstrækkelig diffusionstæt til at fungere som dampspærre. Den normale dampspærre skal derfor udelades for at undgå fugtphobning mellem de to tætte lag.

Lofter

Lofter bør udføres sådan, at fugtig luft ikke kan trænge ind i tilstødende bygningsdele eller rum. Specielt er det vigtigt at hindre, at varm og fugtig rumluft kan strømme op gennem revner og sprækker i loftet. Derfor skal loftet udføres lufttæt, fx med pladebeklædning og elastisk fugemasse mellem loft og væg eller med en korrekt udført dampspærre. Af diffusionshensyn er der normalt kun behov for dampspærre, når vådrummet vender mod uopvarmede rum, fx tagrum.

Der stilles ikke krav til overfladehandlingen af lofter i vådrum, men det er en fordel, hvis behandlingen kan tåle lettere vandpåvirkning.

Fuger

Elastiske fuger anvendes for at optage bevægelser mellem bygningsdele. For at opnå lang levetid skal elastiske fuger udformes med en geometri - tilstrækkelig bredde og dybde - som sikrer, at de forventede bevægelser kan optages. Der bør anvendes bundstop eller sliptape som modhold for fugemassen og primer til at sikre vedhæftning til kontaktfladerne. Fugerne bør udformes, så det er muligt at udskifte dem, dvs. udskære den gamle fugemasse og afrense kontaktfladerne. Elastisk fugemasse til brug i vådrum skal være tilsat fungicider for at hindre begroning.

Vandtæthed af en vådrumskonstruktion må aldrig afhænge af en elastisk fuge.

»Fleksible« mørtelfuger, dvs. cementbaserede fugemørtler med tilsætning af plastmateriale som gør den færdige fuge mere fleksibel, kan i visse tilfælde benyttes i stedet for elastiske fuger. Da »fleksible« mørtelfuger kun kan optage meget små bevægelser, vil det kun være tilrådeligt at anvende dem, hvor der ikke forudses bevægelser, fx i hjørnefugen ved en støbt opkant.

Glas

Glas skal som alle andre konstruktionsmaterialer dimensioneres for egenlast og ydre last, fx vind- og snelast. Videre kan det være nødvendigt at undersøge, om glasset kan modstå de termiske spændinger, der opstår ved uens opvarmning.

I forbindelse med personstød mod lavtsiddende glas er det vigtigt dels at forebygge skæreskader, når brud indtræffer, dels at forhindre gennemfald af personer, når glas benyttes som værn mod fald til et lavereliggende niveau.

Glastyper

Ud over almindeligt glas (floatglas), bruges der i byggeriet hærdet glas og lamineret glas. Fremover forventes også anvendt varmemeforstærket glas.

Hærdet glas er betydeligt stærkere end almindeligt glas, og det vil, når det rammer jorden efter brud, gå i mange ret små og forholdsvis ufarlige stykker. Indtil det rammer jorden, kan det optræde i ret store sammenhængende flager, der kan udgøre en sikkerhedsmæssig risiko.

Varmeforstærket glas er stærkere end almindeligt glas, men svagere end hærdet glas. Det bryder som almindeligt glas og vil derfor bedre end hærdet glas kunne fastholdes i rammen efter brud.

Lamineret glas består af to (eller flere) lag almindeligt, varmemeforstærket eller hærdet glas med mellemliggende plastlag. Plastlaget holder glasstykkerne sammen efter brud, således at farlige glassplinter undgås.

Hærdet og lamineret glas kan klassificeres som sikkerhedsglas i henhold til DS/INSTA

154. Klassificeringen er alene rettet mod forebyggelse af skæreskader.

Tilladelige feltstørrelser

I småhuse kan anvendes almindelige termoruder med to stk. 4 mm glas til lodrette ruder med areal op til ca. 2,8 m² i terrænklasse Land og ca. 4,0 m² i terrænklasse By. Om terrænklasser, se kapitlet Last og lastoptagelse.

I tabel 15 er for forskellige glastyper angivet tilladelige feltstørrelser for glastage ved småhuse. Der er ikke regnet med afsmeltning af sne. Det er forudsat, at taget ikke kan blive udsat for nedstyrtende sne, som det fx kan ske på en I-etages glasudestue sammenbygget med et 2-etages hus.

Dimensionsoplysningerne er baseret på last- og styrkeforhold som beskrevet i *Rapport vedrørende glastage*.

Tabel 15. Tilladelig feltstørrelse for glas i glastage.

Glastype	Areal
Almindeligt glas, 4 mm	0,5 m ²
Almindeligt glas, 6 mm	1,1 m ²
Lamineret glas, 2 × 3 mm	0,7 m ²
Lamineret glas, 2 × 4 mm	1,2 m ²
Termorude, 2 × 4 mm	1,0 m ²
Hærdet glas, 4 mm	0,8 m ²
Hærdet glas, 6 mm	1,8 m ²

Ved taghældning over ca. 20° kan arealet af glasfelterne øges betydeligt, **især** over opvarmede rum, hvor der sker afsmeltning af sne. Ovenlysruder i skrå tage kan således være større end angivet i tabel 15, se *Rapport vedrørende glastage*.

Termiske spændinger

Termiske spændinger i glas, der opstår ved uens opvarmning, kan forårsage revner i glasset. Det gælder især for glas i solvægge og solfangere og for farvet eller belagt (solafskærmende) glas, hvor glasset kan blive væsentligt kraftigere opvarmet end normalt, samt hvor der er slagskygger, fx hvor et tagudhæng skygger for et glastag.

Termiske revner kan forebygges ved at benytte hærdet eller varmeforstærket glas. Se også BYG-ERFA blad (31) 98 03 25, Termisk brud i glas.

Personstød

Forebyggelse af skæreskader

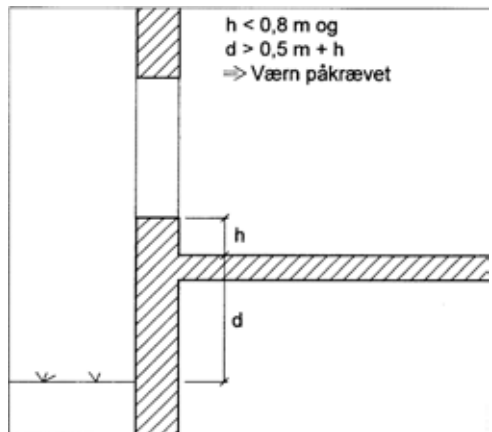
I boliger vil skæreskader normalt udgøre en beskedent personrisiko, og det er kun nødvendigt at træffe foranstaltninger mod skæreskader på meget udsatte steder. Det vil typisk være store døre eller lavtsiddende ruder, der går helt eller næsten helt til gulv uden at være beskyttet af foranstående radiatorer eller vinduesplader, fx i glasudestuer.

Ved sådanne ubeskyttede vinduer skal skæreskader forebygges ved at benytte sikkerhedsglas i henhold til DS/INSTA 154, klasse F1 eller bedre. Lavtsiddende ruder med areal mindre end 0,5 m² kan dog udføres med termorude med almindeligt 4 mm glas.

Glas som værn mod gennemfald

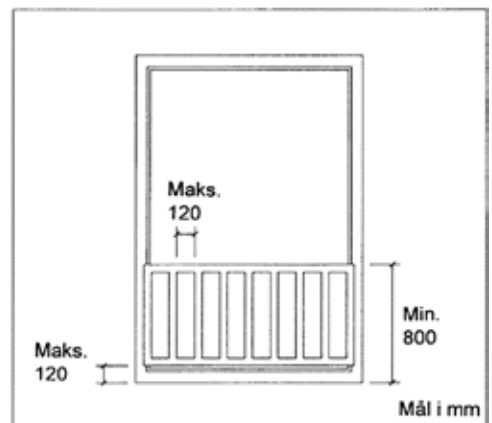
Hvor der er væsentlig niveauforskel mellem inde og ude, se figur 96, skal lavtsiddende glas enten afskærmes indvendig som vist i figur 97 eller fx være hærdet eller lamineret, så det kan fungere som værn. Ved udvendig afskærmning, fx franske altaner, skal lavtsiddende glas dog kun vurderes for skæreskader.

Hærdet glas, der skal fungere som værn, må ikke gå i stykker ved stødet, mens lamineret glas efter et eventuelt brud skal være i



Figur 96. Lavtsiddende glas skal afskærmes indvendig eller kunne fungere som værn, når der er væsentlig niveauforskel mellem inde og ude. Glas er lavtsiddende, når $h < 0,8 \text{ m}$. I boliger bør niveauforskelle betragtes som væsentlige, når $d > 0,5\text{m} + h$.

2 × 3 mm lamineret glas er normalt tilstrækkeligt til at fungere som værn i boliger. I mindre ruder kan anvendes 4 mm hærdet glas.



Figur 97. Når lavtsiddende glas skal afskærmes, skal afskærmningen overholde de viste mål. Børn må ikke kunne fastklemmes i mellemrum mellem afskærmning og væg, og de må ikke kunne klatre over afskærmningen.

stand til at tilbageholde personen. Det er væsentligt, at lamineret glas er fastholdt sådan, at det forbliver i sin ramme, også efter brud.

I boliger vil det normalt være tilstrækkeligt at benytte ruder, hvor det indvendige lag er lamineret glas klasse F1 i henhold til *DS/INSTA 154*. Mindre, lavtsiddende ruder kan dog udføres med 4 mm hærdet glas som det indvendige glaslag.

Udestuer

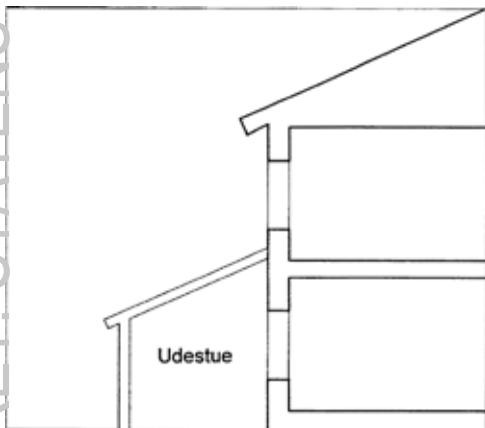
Udestuer og lignende i én etage kan anses for tilstrækkeligt sikre mod nedfald af glas, når glastaget er dimensioneret for vind-, sne- og egenlast. Har udestuen kun forbindelse til en bolig, er det ikke nødvendigt at etablere brandventilation. Se i øvrigt figur 98.

Udestuer kan også udføres med tag af normalt antændeligt materiale, fx polycarbonat og pvc.

Ved glasvægge skal skæreskader ved brud forebygges som omtalt på side 87.

Glastage

Glastage over beboelsesrum bør udføres med lamineret glas som det inderste glaslag, se *Rapport vedrørende glastage*. Det er væsentligt, at det laminerede glaslag er fastholdt således, at det forbliver i rammen, også efter et eventuelt brud.



Figur 98. Udestuer i en etage kan udføres uden særlige brandmæssige foranstaltninger når taget tilsluttes husets ydervæg under eventuelle vinduer på 1. sal, og udestuen kun har forbindelse til en bolig.

Indeklima

I *Småhusreglementet* er den bygningsmæssige del af indeklimaet først og fremmest fastlagt ud fra den anvendte ventilation og ud fra fugtproduktionen og forureningerne.

Generelt foreskriver *Småhusreglementet*, at enfamiliehuse skal opføres, så der under normal brug kan opretholdes et sundheds- og sikkerhedsmæssigt tilfredsstillende indeklima. Sundhedsmæssigt tilfredsstillende forhold i bygninger omfatter også komfort og velvære.

I dette kapitel behandles kun ventilation og afgangning fra byggevarer, idet de øvrige forhold enten ikke behøver nærmere uddybning eller er behandlet i et andet kapitel. En omfattende behandling af bygningers indeklima findes i SBI-anvisning 182: Indeklimahåndbogen.

Ventilation

Hensigten med at ventilere er at opfylde menneskers hygiejniske og komfortmæssige behov for rumluft af acceptabel kvalitet og at kontrollere fugtforholdene i rummene. Boligventilationssystemet skal samtidig medvirke til at opretholde et acceptabelt termisk rumklima på en energiøkonomisk måde.

Grundlæggende skal ventilationen indrettes på en sådan måde, at indeluft fjernes fra boligens fugt- og luftforurenede rum, dvs. køkken, baderum og wc-rum, og udeluft tilføres i beboelsesrummene.

Småhusreglementets overordnede krav til ventilationen er, at der i ethvert beboelsesrum og i huset totalt skal være et luftskifte på mindst 0,5 gange pr. time; ved en rumhøjde på 2,3 m svarer dette til en udelufttilførsel på 0,32 Us pr. m² netto gulvareal.

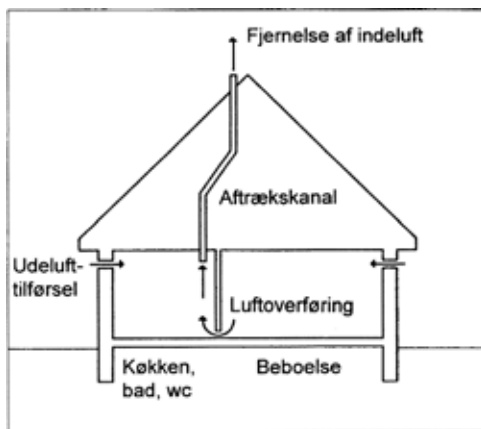
Ventilationsprincipper

Luftskiftet kan tilvejebringes enten ved naturlig ventilation eller ved mekanisk ventilation.

Naturlig ventilation

I et naturligt ventilationssystem fjernes indeluft via aftrækskanaler i køkken, baderum og wc-rum, mens udeluft kommer ind i beboelsesrummene fx gennem oplukkelige vinduer og udeluftventiler, se figur 99.

Drivkræfterne i systemet er termisk opdrift i aftrækskanalerne og vindpåvirkning. Den termiske opdrift beror på, at varm indeluft stiger opad i aftrækskanalerne og dermed fjerner luft fra husets rum. Drivkræfterne fra vindpåvirkning beror på, at der opstår overtryk på de vægge, som er i vindsiden og undertryk på de øvrige vægge samt på store dele af taget.



Figur 99. Naturlig ventilation. Indeluft fjernes via aftrækskanaler i køkken, baderum og wc-rum, mens udeluft tilføres i beboelsesrummene.

Mekanisk ventilation

Ved mekanisk ventilation skabes drivkræfterne af elektrisk drevne ventilatorer.

Ventilationen kan bestå af rene udsugningsanlæg eller af mere avancerede anlæg, der omfatter både kontrolleret indblæsning og udsugning af luft.

Mekaniske udsugningsanlæg yder et højere drivtryk end naturlige ventilationssystemer, og de er derfor mindre følsomme over for variationer i udeklimaet.

Ventilation med både mekanisk indblæsning og mekanisk udsugning betegnes almindeligvis balanceret ventilation. Ofte indreguleres ventilationen dog sådan, at det udsugede luftvolumen er lidt større end det indblæste. Derved bliver der et svagt undertryk i huset, som reducerer risikoen for fugtskader på bygningens konstruktioner.

Generelle funktionskrav

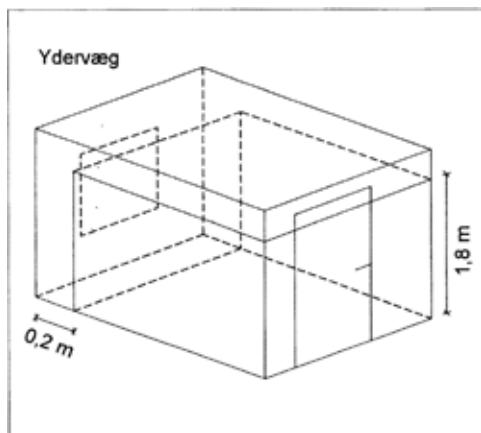
Ventilationen skal være effektiv hele døgnet, idet der også uden for den egentlige benyttelsestid kan være behov for at bortventilere forureninger og fugt, som ikke udgår fra personer, og som ikke nødvendigvis ophører, når boligen forlades.

Ventilationen må ikke medføre lufthastigheder i opholdszonen, der overstiger 0,15 m/s, som ofte regnes for grænsen, hvor mennesker føler træk ved luftens strømning. Trækgener er dog ikke alene knyttet til luftens hastighed, men fx også til dens temperatur.

Opholdszonen er den del af et rum, som man normalt opholder sig i. Almindeligvis kan opholdszonen defineres som rummet fra gulv til 1,8 m over gulv og indtil 0,2 m fra ydervægge, se figur 100.

Overføring af luft fra et rum til et andet må kun ske fra mindre til mere forurenede rum. I boliger regnes blandt andet køkkener, baderum og wc-rum til fugtbelastede og luftforurenede rum.

Småhusreglementets krav til luftskiftets



Figur 100. Opholdszonen er den del af rummet, man normalt opholder sig i. Figuren viser et rum med én ydervæg og tre indvendige vægge.

størrelse anses for opfyldt, når rummene ventileres som beskrevet i det følgende og som anført i figur 101.

Småhusreglementet tillader dog som alternativ, at udeluftventilernes åbningsareal bestemmes ud fra en ventilationsteknisk beregning. Beregningen bør omfatte oplysninger om beregningsforudsætninger samt funktionsbeskrivelse og ydelsesdata for anvendte produkter.

Beboelsesruin

I beboelsesrum skal der altid være mulighed for udelufttilførsel gennem åbninger direkte til det fri. I tillæg hertil kan lufttilførsel ske ved mekanisk indblæsning. Der stilles ikke krav om udsugning.

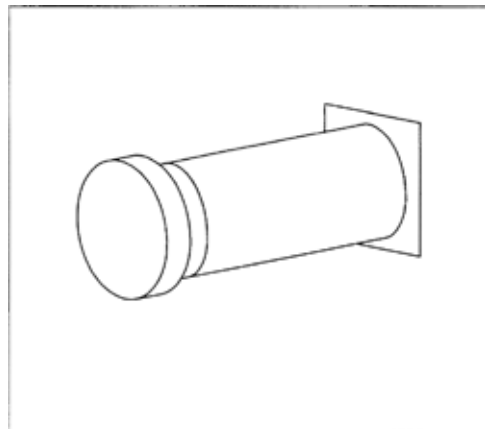
Der skal monteres udeluftventiler i ydervæggene, uanset om ventilationen tilvejebringes ved naturlig ventilation eller ved mekanisk udsugning. Udeluftventiler er regulerbare åbninger i klimaskærmen, som forbinder rummene med det fri. Figur 102 viser et eksempel.

Ved naturlig ventilation skal der være en eller flere udeluftventiler med en samlet fri

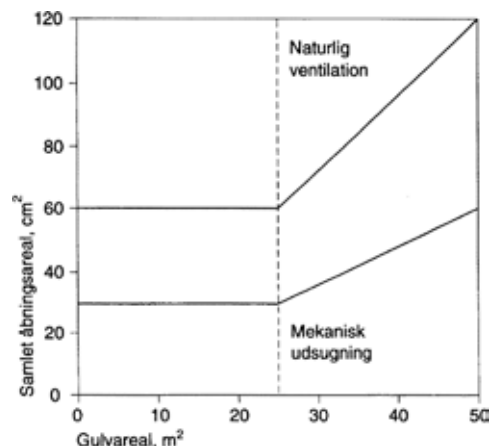
Tilførsel af luft	Fjernelse af indeluft
Beboelsesrum	Beboelsesrum
Oplukkeligt vindue eller	Intet krav om udsugning
Lem eller	
Yderdør og	
Naturlig ventilation: Udeluftventiler med fri åbning på 60 cm ² pr. 25 m ² gulvareal eller	
Mekanisk udsugning: Udeluftventiler med fri åbning på 30 cm ² pr. 25 m ² gulvareal	
Køkken	Køkken
Åbning på 100 cm ² mod adgangsrummet Endvidere anbefales ¹	Naturlig ventilation: Aftrekskanal med kanaltværsnit 200 cm ² eller
Oplukkeligt vindue eller	Mekanisk udsugning Volumenstrøm 20 l/s
Lem eller	og
Yderdør eller	Emhætte med motor og afkast til det fri
Ventil til det fri med fri åbning på 30 cm ²	
Baderum	Baderum
Åbning på 100 cm ² mod adgangsrummet Endvidere anbefales ¹	Naturlig ventilation: Aftrekskanal med kanaltværsnit 200 cm ² eller
Oplukkeligt vindue eller	Mekanisk udsugning: Volumenstrøm 15 l/s
Lem eller	
Ventil til det fri med fri åbning på 100 cm ²	
Wc-rum og bryggers	Wc-rum og bryggers
Åbning på 100 cm ² mod adgangsrummet Endvidere anbefales ¹	Naturlig ventilation: Aftrekskanal med kanaltværsnit 200 cm ² eller
Oplukkeligt vindue eller	Mekanisk udsugning: Volumenstrøm 10 l/s
Lem eller	
Ventil til det fri med fri åbning på 50 cm ²	

1. Når mindst én væg i rummet er en ydervæg.

åbning på mindst 60 cm² indtil 25 m² gulvareal og ved mekanisk ventilation en eller flere ventiler med en samlet fri åbning på mindst 30 cm² indtil 25 m² gulvareal. I rum større end 25 m² kan kravet opfyldes ved at supplere åbningsarealet med henholdsvis 2,4 og 1,2 cm² pr. m² gulvareal ud over 25 m², se figur 103.



Figur 102. Eksempel på udeluftventil, en såkaldt tallerkenventil.



Figur 103. Åbningsareal af udeluftventiler i beboelsesrum i forhold til rummets gulvareal.

Figur 101. Bestemmelser om tilførsel af luft og fjernelse af indeluft. Kældre skal også ventileres.

Køkken, baderum og wc-rum

Køkken, baderum og wc-rum regnes til boligens fugtbelastede og luftforurenede rum. Indeluft skal fjernes fra boligen via disse rum enten ved mekanisk udsugning eller ved naturligt aftræk.

Ved mekanisk udsugning er kravene til volumenstrømmenes størrelse 201/s fra køkken, 15 l/s fra baderum og 101/s fra wc-rum. Ved naturlig ventilation er kravet, at der skal være en aftrækskanal med et tværsnitsareal på mindst 200 cm² i hvert af de nævnte rum. 200 cm² svarer normalt til det effektive åbningsareal i en såkaldt 15 × 15 cm kanal.

En udsugningsventilator beregnet til periodisk drift betragtes ikke som et egentligt udsugningsanlæg.

Ved mekanisk udsugning monteres almindeligvis ventiler i udsugningsåbningerne. Ventilerne skal indreguleres, så anlægget yder de krævede volumenstrømme. Ventilernes indstilling må herefter normalt ikke ændres.

Uanset om ventilationen i køkkenet tilvejebringes ved naturlig ventilation eller ved mekanisk udsugning, skal der i køkkenet være en emhætte med luftafkast til det fri.

Ved naturlig ventilation er kravet, at der skal være både aftrækskanal og emhætte. Emhætten må ikke sluttes til aftrækskanalen. Emhætten vil normalt spærre for ventilationen i de perioder, hvor den ikke er i drift.

Inddrages emhætten som en del af et mekanisk udsugningsanlæg, skal volumenstrømmen gennem emhætten være kontinuert og mindst 20 l/s. Emhætten må i dette tilfælde ikke give et støjniveau over 30 dB i køkken og beboelsesrum.

Også i de tilfælde, hvor køkkenet er en del af et beboelsesrum, gælder kravene anført i figur 101 om tilførsel af luft og fjernelse af indeluft.

I køkken, baderum og wc-rum er det et krav, at der er en åbning på 100 cm² mod adgangsrummet. Kravet kan opfyldes ved at

etablere en spalte under døren eller en luftoverføringsrist i døren eller væggen. Åbningen skal sikre, at udsugningen fra rummene fungerer efter hensigten, og at udsugningen har indvirkning på udelufttilførslen til beboelsesrummene.

Kravet om en åbning mod adgangsrummet gælder kun de nævnte rum, da det fortrinsvis er dørene til disse rum, som holdes lukkede, men det kan generelt være en fordel at anbringe luftoverføringsventiler i dørene eller i væggene mellem rum, da lukkede indvendige døre andre steder i boligen kan have uheldig indflydelse på ventilationen. Luftoverføringsventiler til beboelsesrum bør være lydisolerede.

Når mindst en væg er en ydervæg, skal der kunne tilføres udeluft til rummet. Navnlig i baderum bør en af væggene være en ydervæg. Udeluftventilen i disse rum bør normalt kun være åben ved behov for ekstra udluftning, idet en åben udeluftventil vil reducere luftgennemstrømningen i beboelsesrummene.

Andre rum, krybekældre og kældre

I bryggers gælder samme regler for lufttilførsel og fjernelse af indeluft som for wcrum.

Kældre skal ventileres til det fri ved ventiler med fri åbning som for beboelsesrum. Da kældre ikke er beboelsesrum, gælder kravet om trækfri lufttilførsel ikke. Der skal være aftræk fra mindst ét kælderrum.

Udeluftventiler og aftrækskanaler

Udeluftventiler

Udeluftventilernes primære formål er at tilføre udeluft til boligen på en kontrolleret måde. Desuden giver ventilerne beboerne mulighed for at regulere fordelingen af den tilførte udeluft. Udeluftventiler må ikke forveksles med ventiler, som anvendes i forbindelse med mekanisk indblæsning af ventilationsluft.

En udeluftventil, som afbøjer den tilførte udeluft opad mod loftet eller parallelt med ydervæggen, er normalt den bedst egnede, se SBI-rapport 196, Udeluftventiler, 1989. Når luften afbøjes, sker der såvel en opblanding med rumluften som en nedsættelse af luft-hastigheden uden for opholdszonen. Herved modvirkes risikoen for træk i opholdszonen. Samtidig kan det være hensigtsmæssigt at placere udeluftventilen over en radiator, det vil ofte sige over et vindue. Det kan imidlertid af konstruktionsmæssige årsager ofte ikke lade sig gøre, se side 50. Det skal altid vurderes, navnlig ved eftermontering af udeluftventiler, om det er forsvarligt at bore hul på dette sted.

En udeluftventil bør være forsynet med insektnet og bør desuden i fornødent omfang kunne filtrere den tilførte udeluft for partikuler forureninger.

En udeluftventil bør være kondensisoleret. Kondensdannelse kan forårsage tilsmudsning af maling og vægbeklædning og bevirke fastfrysning af bevægelige dele i ventilen. Kondensdannelse kan desuden på længere sigt

skade både ventilen og bygningskonstruktionen på grund af vandindtrængen.

Når der stilles krav om lydisolation mod udefra kommende støj, se side 46, kan det være nødvendigt at benytte lydisolerede udeluftventiler. Figur 104 viser et eksempel på en kondens- og lydisoleret udeluftventil.

En udeluftventil bør være regulerbar, og den bør kunne betjenes fra gulv.

Udeluftventiler bør være enkle og nemme at betjene, rengøre og vedligeholde. Herved tilskyndes beboerne til at anvende udeluftventilerne efter hensigten og samtidig korrekt udnytte de muligheder, der ligger i at kunne regulere både volumenstrømmen og fordelingen af den tilførte udeluft.

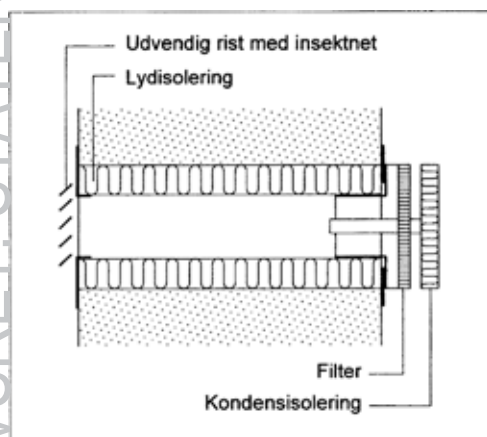
Aftrækskanaler

Aftrækskanalerne for naturlig ventilation skal placeres og udformes, så drivkræfterne fra termisk opdrift og vindpåvirkning fremmes. Kanalerne bør placeres, så varmen fra omkringliggende rum bidrager til den termiske opdrift i kanalerne, og så kanalerne kan føres til tagryggen uden eller med kun få bøjninger, det vil ofte sige centralt i huset.

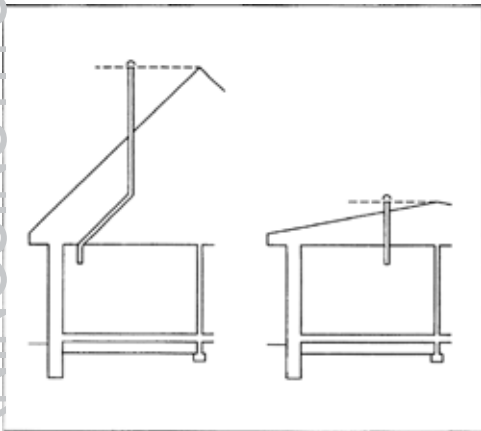
Bøjninger i aftrækskanalerne medfører tryktab og reducerer volumenstrømmen. Hvis det ikke er praktisk muligt at føre kanalerne lodret og uden bøjninger, skal der benyttes bløde bøjninger og højst to bøjninger i alt. Vinklen med lodret bør ikke overstige 45°, se figur 105.

Aftrækskanalerne bør udføres som faste kanaler, men fleksible kanaler kan anvendes. Anvendelse af fleksible kanaler kræver særlig omhu ved montagen. Kanallængden skal afpasses nøje, og det skal sikres, at kanalerne overalt er understøttet og fastgjort.

Aftrækskanalerne skal være kondensisolerede, hvor de passerer uopvarmede rum, fx loftrummet. Den del af kanalen, som strækker sig op over tagfladen, skal ligeledes være kondensisoleret. Isoleringen her vil samtidig



Figur 104. Eksempel på udeluftventil med insektnet, filter samt kondens- og lydisolering.



Figur 105. Eksempler på føring af aftrækskanal. Nødvendige bøjninger skal være bløde, højst 45° med lodret. Der må højst være to bøjninger i alt.

medvirke til at opretholde de termiske drivkræfter.

Aftrækskanaler bør udmunde så nær tagryggen som muligt, og udmundingen bør mindst være i højde med tagryggen. Generelt gælder, at ventilationskanaler, herunder aftrækskanaler for naturlig ventilation, skal udføres, så afkastet ikke giver gener for omgivelserne.

Forureninger fra byggematerialer

Mange materialer, der indgår i en bygning, afgiver gasser.

Byggematerialer må ikke afgive gasser, dampe, partikler og ioniserende stråling, der kan give anledning til et sundhedsmæssigt utilfredsstillende indeklima. Man skal bl.a. derfor anvende materialer, hvor den normale ventilation er tilstrækkelig til at fjerne de afgivne forureninger til et niveau, hvor de ikke giver sundhedsmæssige eller komfortmæssige problemer.

Et materiales afgangning kan karakteriseres ved den mængde stof, der afgasses pr. tidsenhed fra materialet. Afgasningen aftager som regel med tiden, og de let flygtige kom-

ponenter vil dominere afgasningen i starten. Det forhold, at afgasningen aftager med tiden, er det grundlæggende princip i Dansk Indeklima Mærkning, der omtales nærmere i det følgende.

Dansk Indeklima Mærkning

Mærkningen angiver den indeklimatelevante tidsværdi for en byggevarer. Det vil sige den tid, et materiales afgivelse af forureninger til luften i et standardrum er om at nå ned under fastsatte værdier for lugt, irritation og andre sundhedsskadelige effekter. Herved får de projekterende og brugerne af byggevarer oplysning om, hvor længe der kan forventes at optræde indeklimaproblemer på grund af anvendelsen af en given byggevarer. De har så mulighed for at træffe de fornødne forholdsregler, fx i form af øget ventilation i en periode.

Afgasning som følge af forkert anvendelse af en byggevarer søges imødegået ved at kræve, at der skal foreligge produktbeskrivelse med oplysning om byggevarens anvendelsesområde, samt vejledning om lagring, transport og montering. Herudover skal der foreligge oplysning om, hvordan byggevaren skal rengøres og vedligeholdes. Figur 106 viser et eksempel på et certifikat.

Lister over indeklimatemærkede byggevarer kan rekvireres hos Dansk Indeklima Mærkning, DTI, Byggeri.

Ordningen er nærmere omtalt i pjecen Dansk Indeklima Mærkning - en introduktion til brugerne, Tåstrup, 1995.



Dansk Indeklima Mærkning

Indeklimacertifikat nr. xxx

△Dansk Indeklima Mærkning attesterer herved, at produktgruppen
△Danish Indoor Climate Labelling hereby certifies that the products

"Byggevarer(gruppe)"

fra virksomheden
of the enterprise

Byggevarerproducent
Industrivej
1234 Byggeby

er godkendt og tildelt mærkningstilladelse i henhold til kravene i
△Dansk Indeklima Mærkning's Produktstandard for "Bygningsdele",
1. udgave, 199Y

has been approved and awarded labelling licence in conformity with △Danish Indoor Climate Labelling:
Product Standard Requirements for "Building Parts", 1st edition, 199Y

Den deklarerede indeklimarelevante tidsværdi er fastlagt i henhold til
produktstandarden til:

The declared indoor climate value has been determined according to the Product Standard as:

XX døgn
XX days

baseret på afprøvning af "Byggeprodukt".
based on tests of "Building Product"

Certifikatet er gyldigt fra:
The certificate is valid from:

Dag, måned, år

og skal fornyes én gang årligt til samme dato ved attestation af det
tilhørende bilag i henhold til △Dansk Indeklima Mærkning's gældende
forretningsorden.

and shall be renewed annually by attestation of the annex to this certificate according
to procedures on force of △Danish Indoor Climate Labelling

For △Dansk Indeklima Mærkning

Ledende medarbejder
Certification Manager

Dato
Date

Figur 106. Eksempel på certifikat udstedt af Dansk Indeklima Mærkning.

Ildsteder og skorstene

Ved ildsteder forstås ovne, pejse, centralvarmekedler og lignende.

I henhold til Småhusreglementet skal ildsteder og skorstene udføres og installeres, så der ikke opstår fare for brand, eksplosion, forgiftning og sundhedsmæssige gener. Der skal anvendes materialer, der er modstandsdygtige over for røggasser, ild, varme og korrosion.

Dette kapitel omhandler installation af ildsteder og skorstene til fyring med olie og fast brændsel. Angående installation af gassildsteder og røgafræk herfra henvises der til bestemmelserne i Gasreglementet, afsnit A, 1991, 1. ændring marts 1991 og 2. ændring maj 1995, Danmarks Gasmateriel Prøvning.

Installation af olietanke og olierørledninger, for hvilke der gælder visse brandtekniske og miljøtekniske regler, behandles ikke i denne anvisning.

Ildsteder

Ved fyring med fast eller flydende brændsel skelnes mellem åbne og lukkede ildsteder. I et åbent ildsted (pejs) kan fyrstedet ikke aflukkes med låger eller lignende fra det rum, der skal opvarmes. Lukkede ildsteder er centralvarmekedler samt ovne, der er forsynet med låger.

Lukkede ildsteders størrelse karakteriseres ved den indfyrede effekt, dvs. den varmeeffekt, som frigøres ved forbrændingen. Den indfyrede effekt er proportional med brændselsforbruget og har ved oliefyring omtrent størrelsen 10 kW ved et olieforbrug på 1 liter pr. time, ved fyring med brænde omtrent størrelsen 4 kW ved et træforbrug på 1 kg pr. time.

Ved oliefyring med trykforstøvningsbrænder bestemmes den indfyrede effekt

af oliedysens ydelse. Det er vanskeligere at fastlægge den indfyrede effekt for håndfyrede ovne og kedler for fast brændsel, fordi brændselstilførslen ikke er jævn og kontrolleret. En lille brændeovn kan have et maksimalt træforbrug på 3 kg i timen og dermed en indfyret effekt på 12 kW. Er ovnen udført og afprøvet i henhold til DS 887, Byggeri, Brændeovne, 1990, indeholder mærkepladen oplysning om den nominelle effekt i kW.

Opstilling

Ildsteder kan opstilles i beboelsesrum, køkken, bryggers og kælderrum, når ventilationsforholdene er sådan, at der kan tilføres tilstrækkelig luft til forbrændingen. Det kan fx opnås ved at forsyne rummet med en tilstrækkelig stor regulerbar udeluftventil eller ved at tilføre forbrændingsluften gennem en kanal fra det fri.

Opstilling af ildsteder på eller i nærheden af brændbart materiale tillades under forudsætning af, at varmeafgivelsen ikke medfører højere temperaturer end 80 °C på det brændbare materiale.

For pejse og brændeovne anses kravet for opfyldt, når afstanden fra den udvendige side af pejsen eller brændeovnen til brændbart materiale i væg og loft er mindst 500 mm. Ved murede pejse måles afstanden til ildstedets indvendige side. Brændeovne, der er udført i overensstemmelse med DS 887, kan opstilles i de mindsteafstande, der fremgår af mærkepladen.

Sikkerhedsafstande regnes til brændbart materiale uanset om dette ligger synligt eller skjult bag ubrændbar beklædning. Afstandskravene gælder ikke til fodpaneler.

Gulvet under brændeovne og pejse skal være ubrændbart eller fast beklædt med et

ubrændbart materiale, fx stenmateriale eller plade af stål eller kobber, for at beskytte mod nedfaldende gløder. Beklædningen skal gå mindst 300 mm frem foran lukkede ildsteder og mindst 500 mm frem foran åbne ildsteder. Beklædningen skal desuden gå mindst 150 mm ud til hver side for ildstedets åbning.

Tilslutning til skorsten

Ildsteder for fast og flydende brændsel skal altid sluttes til skorstene, der fores op over tag. Forbindelsesrøret mellem ildstedet og skorstenen benævnes røgrør.

Røgrør skal kunne efterses og renses på en hensigtsmæssig måde. De bør være korte og med så få bøjninger eller knæk som muligt. Hvis rensning ikke kan ske fra ildstedet, skal røgrør forsynes med de fornødne rensedæksler.

Inden for det rum, hvori ildstedet er opstillet, kan røgrør under 1,0 m udføres af mindst 1,0 mm stålplade eller tilsvarende. Er længden over 1,0 m, bør der anvendes tykkere plade, fx 2,0 mm.

Afstanden fra uisolerede røgrør til brændbart materiale skal være mindst 300 mm.

Tilsluttes to eller flere ildsteder i modstående sider af skorstenen, skal tilslutningerne være forsat, så der er en højdeforskel mellem dem på mindst 250 mm.

Et åbent ildsted skal tilsluttes egen selvstændig skorsten uden aftræk fra andre ildsteder. Gasildsteder skal tilsluttes aftrækssystem efter Gasreglementets regler.

Skorstene

Skorstene skal være så høje, at der opnås tilstrækkelig træk. Desuden skal skorstenene føres så højt op i forhold til bygningers tage og omgivelser, at røgen hurtigt spredes og fortyndes i atmosfæren.

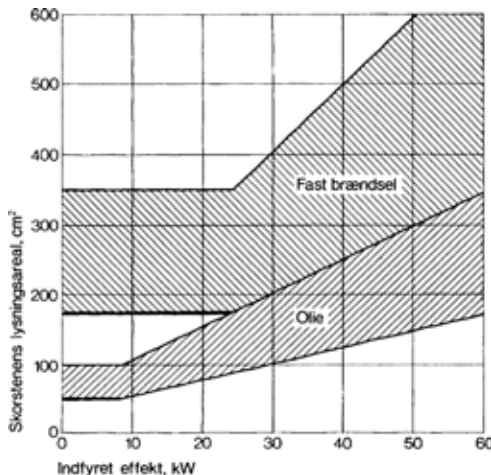
Lysningsareal

Skorstenes lysningsareal skal passe til røgmængden. Lysningen skal være tilstræk-

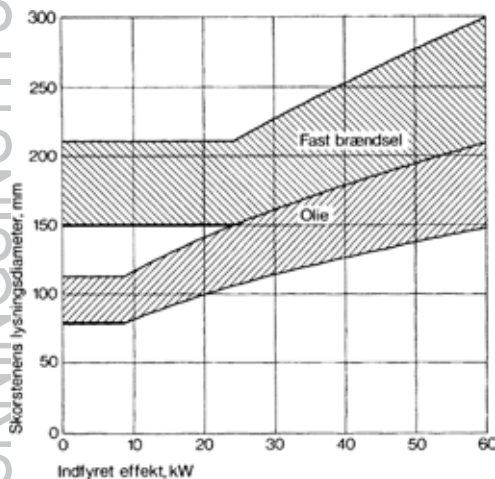
kelig stor til, at skorstenen kan transportere hele røgmængden, og desuden skal der være plads til afsætning af sod. På den anden side må lysningen ikke overdimensioneres, da det kan resultere i kondens og løbesod. Fyring med fast brændsel kræver større lysningsareal end oliefyning.

Lysningsarealet bør ligge mellem de grænser, som er angivet i figur 107 for oliefyning og fastbrændselsfyning. Ved cirkulær lysning svarer grænserne til de grænser for diameteren, som er angivet i figur 108.

Dimensioneringen baseres på den indfyrede effekt af det tilsluttede ildsted eller den samlede effekt af de tilsluttede ildsteder. Er der sluttet både olie- og fastbrændselsfyrede ildsteder til samme skorsten, kan lysningsarealet vælges som et kompromis mellem angivelserne for oliefyning og fastbrændselsfyning. I almindelighed vil det dog være en



Figur 107. Grænser for små skorstenes lysningsareal ved oliefyning og fastbrændselsfyning i afhængighed af den samlede, indfyrede effekt ved maksimal belastning. De kraftigt markerede vandrette streger angiver mindstekravene i Småhusreglementet. Figuren gælder for lukkede ildsteder.



Figur 108. Grænser for indvendig diameter af små skorstene med cirkulær lysning ved oliefyring og fastbrændselsfyring. De kraftigt markerede vandrette streger angiver mindstekravene i Småhusreglementet. Figuren gælder for lukkede ildsteder.

Eksempel: En oliefyret centralvarmekedel, der forbruger 2 liter olie i timen, når brænderen er i gang, har en indfyret effekt på 20 kW. Som angivet på figuren bør diameteren ikke vælges under 100 mm og ikke over 140 mm. Er der også tilsluttet en brændeovn med et maksimalforbrug på 4 kg træ i timen, er den samlede effekt 36 kW og diameteren kan fx vælges til 175 mm.

funktionelt bedre løsning at slutte ildstederne til hver sin skorsten.

Lysningsarealet i skorsten og røgrør, hvortil der sluttes et åbent ildsted, skal være mindst 300 cm². Hvis ildstedets frie åbning ikke er større end 2500 cm², kan lysningsarealet nedsættes til 175 cm². Ved den frie åbning forstås den åbning, hvorigennem forbrændingsluften strømmer ind til fyrstedet. Er ildstedet åbent til flere sider, måles arealet som summen af arealerne af de til hver side vendende åbninger. Lysningsarealer på 300 cm² og 175 cm² svarer til diameter på henholdsvis 195 mm og 150 mm.

Højde

I ildsteders forbrændingsrum og i hele aftrækssystemet bør der være undertryk, ikke alene af hensyn til røgtransporten, men også af hensyn til sikkerheden mod at røg siver ud fra ildstedet, røgrøret eller skorstenen til de omgivende rum. Undertrykket skabes af opdriften i den varme røg i skorstenen. Opdriften vokser dels med røgtemperaturen, dels med skorstenshøjden. Ved en oliefyret centralvarmekedel skal skorstenen suge røgen ud af kedlen, medens oliebrænderens blæser sørger for tilførslen af forbrændingsluft. Ved fyring med fast brændsel skal skorstenen ikke alene suge røgen ud af ildstedet, den skal også suge forbrændingsluften ind i ildstedet gennem luftspjældet. Ovne og især centralvarmekedler for fast brændsel kræver derfor ofte højere skorstene end oliefyrede kedler.

Skorstenshøjden regnet fra gulvet, hvorpå ildstedet står, bør så vidt muligt være mindst 5 m. Ved fastbrændselskedler og andre ildsteder, der skal have højere skorstene for at fungere sikkert, bør man følge kedelproducentens anvisninger om minimumshøjden.

Når et hus udsættes for vindpåvirkning, opstår der i vindsiden overtryk på facaden og tillige på den nederste del af taget ved taghældninger større end ca. 30°. Skorstenen bør være så høj, at munden kommer uden for overtrykszone. Over flade tage samt i læsiden af skrå tage opstår der hvirvler, som vil kunne føre røgen ned i det niveau, hvor mennesker færdes, og dermed give anledning til røgluftgener. Skorstenen bør derfor udmunde over hvirvelzonen. Som tommelfingerregel benyttes normalt at føre skorstenen ca. 1 m op over tagryggen eller den højeste del af taget. Skorstensmunden bør under alle omstændigheder ikke placeres lavere end tagets højeste punkt. Er skorstenen anbragt på en lav tilbygning, skal skorstenshøjden fastlægges efter husets største taghøjde.

Udførelse

Murede skorstene har i traditionel udførelse en lysning på 252×252 mm og en vange-tykkelse på 108 mm (1/2 sten) inde i huset og 228 mm (1 sten) i piben. Denne udførelse anvendes sjældent i nyt byggeri, dels fordi lysningen er for stor, dels fordi isoleringen og tætheden er for ringe. I stedet udføres murede skorstene enten af støbte elementer, der eventuelt kan skalmures, eller som traditionelle skorstene af teglsten, men med en foring, der isolerer og indsnævrer lysningen, se figur 109. Figuren viser tillige et eksempel på en stålskorsten.

Såvel skorstenselementer som foringsrør og stålskorstene skal have MK-godkendelse, og udførelsen (montagen) skal være i overensstemmelse med fabrikantens anvisninger. Skorstene renses normalt fra toppen. I huse med hanebåndsspærfag kan det dog

være hensigtsmæssigt at indrette skorstenen sådan, at den renses fra en renselem på hanebåndsløftet. Der skal tages hensyn til, at skorstensfejeren har sikker adgang til skorstenen. Det kan være nødvendigt at anbringe tagtrin på taget og forsyne høje skorstenspiber med korrosionsbeskyttede stige- trin. Anbringelse af stige- trin er kun mulig på solide pibekonstruktioner. Stige- trin kan ikke fastgøres på skorstene, der opføres af støbte elementer, og de kan kun indmures forsvarligt i murværk, når dettes tykkelse er mindst 1 sten.

Den sod, som fejes ned ved rensningen, skal kunne udtages gennem en renselem ved bunden af skorstenen. Står en stålskorsten direkte på et ildsted, fejes soden ned i ildstedet, og dette renses samtidig med skorstenen.

Er en skorsten ikke ført lodret op, kan det være nødvendigt at anbringe ekstra renselemme.

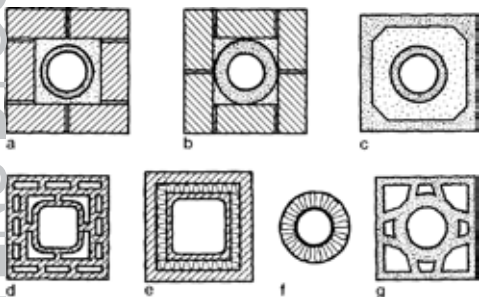
Til murede skorstene anvendes dobbelte renselemme af støbejern.

Afstanden til brændbart materiale skal fra stålskorstene og murede skorstene være mindst 100 mm, fra renselemme mindst 200 mm. Afstande måles til den udvendige side. Bjælker, spær og trappevanger kan dog anbringes direkte op ad murede skorstensvanger, når vangerne er mindst 228 mm tykke, eller skorstenen er udført i tilsvarende isoleret konstruktion, fx som elementskorsten med mindst 108 mm skalmuring eller som muret skorsten med 108 mm vanger og skorstensforing og isoleret fra træværket med mindst 20 mm mineraluld.

Kanten af brændbare beklædninger, der er højst 30 mm tykke, kan anbringes umiddelbart op til murede skorstene. Afstanden til stålskorstene skal være mindst 50 mm.

Stråtag

I forbindelse med tagdækninger, som ikke kan klassificeres som klasse T tagdækning,



Figur 109. Eksempler på skorstenstværsnit. Der findes andre skorstenselementer og skorstensforinger end de viste. Fælles for alle er, at de skal have MK-godkendelse.

- Tyndvægget foring, der nedsænkes i eksisterende, muret skorsten.
- Tykvægget foring, der indmures under opførelsen af muret skorsten.
- Pimpstensbetonelement, hvor hulrummet udfyldes med mager letklinkerbeton.
- Teglbetonelement med luftfyldte hulrum.
- Teglbetonelement med indlagt mineraluld.
- Stålskorsten.
- Pimpstensbetonelement med luftfyldte hulrum.

fx stråtag, skal skorstene udføres og opsættes på en sådan måde, at der opnås tilstrækkelig sikkerhed mod brand.

Murede skorstene skal fra mindst 300 mm under taget og opefter være af mindst 228 mm murværk eller af godkendte skorstens-elementer, som er skalmurede med mindst 108 mm mur. Murværket skal under taget og op igennem dette beskyttes mod revnedannelser med et mindst 30 mm armeret pudslag.

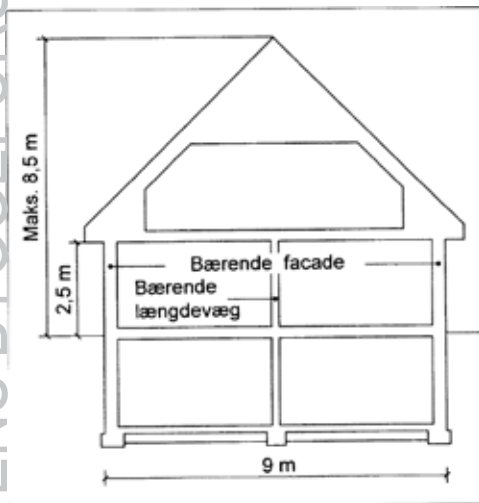
Stålskorstene skal fra mindst 300 mm under taget og opefter føres igennem en skakt med en diameter, som mindst er 200 mm større end skorstenens diameter.

Skorstene inden for en afstand af 6 m fra et stråtag eller andet let antændelig tagmateriale skal føres mindst 0,8 m op over tagrygen og bør ikke forsynes med skorstenstage, skorstenshætter, gnistfang og lignende, da disse foranstaltninger kan medføre øget risiko for brandspredning, hvis der opstår en skorstensbrand.

Brandsikring af stråtage er nærmere omtalt i Brandteknisk Information nr. 29, Brandsikring af stråtage, Dansk Brandteknisk Institut, med tillæg af 11. november 1998.

Bilag A. Last

I dette bilag angives laster, der kan benyttes ved dimensionering af bærende bygningsdele, fx vægge, vindues- og døreoverliggere samt fundamenter i småhuse udformet som traditionelle længehuse, dvs. huse med bærende facadebagvægge og eventuelt en bærende længdevæg, der er placeret nær midten af huset, se figur 110.



Figur 110. Snit i traditionelt længehus med bærende facader og længdevæg.

Bemærk, at oplysningerne i dette bilag ikke er tilstrækkelige til vurdering af småhuses stabilitet. Herom henvises til bilag D, Afstivende system.

Lasterne er opdelt i tyngdebaseret last (egenlast, nyttelast, snelast) og vindlast. De er forsynet med koder, hvis første bogstav står for:

- T = tagkonstruktion
- E = etageadskillelse
- V = væg
- G = tyngdebaseret last (gravitation)
- W = vindlast.

Hvor lasterne afhænger af husbredden, er de angivet for et 9 m bredt hus med et tagudhæng på 0,4 m. De vil med god tilnærmelse være proportionale med husbredden.

Tyngdebaseret last

I tabel 16 er angivet regningsmæssige laster fra tage og etageadskillelser, dels på facadebagvæg, dels på længdevæg. Der er angivet 3 lastværdier, G1, G2 og G3.

G1 er den minimale lastværdi, dvs. 0,85 gange en lavt ansat værdi af egenlasten. G1 skal anvendes, hvis den lodrette last virker til gunst for konstruktionen, hvilket kan forekomme ved dimensionering af vægge med lille trækmodstand.

G2 er lastens sædvanlige værdi, bestemt som summen af en højt ansat værdi af konstruktionens egenlast med tillæg for lette skillelægges egenlast og 0,5 gange de variable laster (nyttelast og snelast).

G3 er en tillægslast, der er bestemt som (1,3 - 0,5) gange den største variable last.

Hvis en bærende længdevæg ikke er placeret midt mellem facaderne, skal lasterne TI, EI, E2, Ea og Eb på facadebagvæggen multipliceres med afstanden fra facade til længdevæg divideret med halvdelen af afstanden fra facade til facade.

I tabel 17 er angivet regningsmæssige egenlasten fra typiske vægge, der er 2,5 m høje. G1 og G2 er bestemt som ovenfor; G3 vil altid være nul, da den variable last er nul.

Tabel 16. Regningsmæssige tyngdebaserede laster fra tage og etageadskillelser angivet i kN/m af facadebagvæg og længdevæg.

	Facadebagvæg			Længdevæg		
	G1	G2	G3	G1	G2	G3
Tage						
T1 Bjælkespær, 0-15°, loftkonstruktion, let tagt ¹	1,0	2,9	2,1	1,4	4,0	2,9
T2 Gitterspær, 30°, loftkonstruktion, let tag ¹	2,0	5,4	3,6			-
T3 Hanebåndsspær, 45°, let tag ^{1,2}	1,2	5,1	1,8	-	-	-
Ta Tillæg til T2 og T3 for tungt tag ³	1,5	2,1	-	-	-	
Etageadskillelser						
E1 Træbjælkelag ⁴ i forbindelse med T ³	0,4	3,3	1,8	0,8	7,4	4,8
E2 Træbjælkelag ⁴	0,9	3,8	2,5	1,8	7,6	5,0
Ea Tillæg til E1 og E2 for dæk af letklinkerbeton ...	2,6	3,5		5,2	6,9	-
Eb Tillæg til E1 og E2 for tungere skillevægge ⁵	-	2,1	-	-	4,2	-

1. Let tag: Tagdækning og underlag 0,15-0,25 kN/m².

2. Ekskl. etageadskillelse ved spærfod. T3 skal altid kombineres med E1.

3. Tungt tag: Tagdækning og underlag 0,40-0,55 kN/m².

4. Inkl. bidrag fra lette skillevægge med egenlast indtil 0,5 kN/m².

5. Bidraget fra lette skillevægge sættes til deres egenlast pr.m² vægflade, dog mindst til den faktiske middellast på etageadskillelsen. Hvis bidraget overstiger 0,5 kN/m², skal lasterne øges. Det angivne tillæg svarer til en mer tyngde på 1,0 kN/m².

Tabel 17. Regningsmæssige tyngdebaserede laster fra 2,5 m høje vægge i kN/m.

Vægge	G1	G2
V 1100 mm porebeton.....	1,4	1,6
V2 100 mm letklinkerbeton LB 3,5/1000.....	2,1	2,5
V3 100 mm letklinkerbeton LB 5,0/1200.....	2,5	3,0
V4 100 mm letklinkerbeton LB 7,5/1500.....	3,2	3,8
V5 108 mm murværk.....	4,1	4,8
V6 168 mm murværk.....	6,4	7,6
V7 100 mm træskelet med isolering, uden beklædning.....	0,18	0,24
V8 100 mm stålskelet med isolering, uden beklædning.....	0,13	0,24
V9 200 mm stålskelet med isolering, uden beklædning.....	0,18	0,38
Va Beklædning: et lag 13 mm gipsplade.....	0,19	0,23
Vb Beklædning: et lag 12 mm krydsfiner.....	0,13	0,15

Vindlast

I tabel 18 er angivet karakteristiske vindlaster på indervægge og facader for huse i terrænklasse Land med kiphøjde 8,5 m.

Vindlasten på facaderne er angivet for to vindretninger, nemlig vind mod gavl (W1) og vind mod facade (W2). Den vandrette fladelast på facaderne i tilfælde W1 svarer til suget på den mest udsatte del af facaden i kombination med indvendigt overtryk (form-

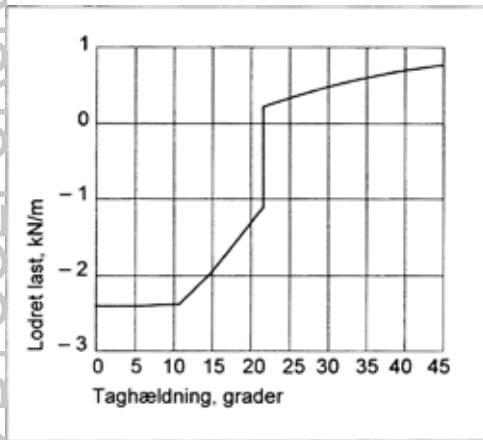
faktor 1,1 + 0,2), mens den vandrette fladelast i tilfælde W2 svarer til udvendigt overtryk kombineret med indvendigt undertryk (formfaktor 0,7 + 0,3). Den vandrette fladelast på indervægge svarer i begge tilfælde til differenstryk mellem de rum, som væggen adskiller (formfaktor 0,4).

Vindlasten er i terrænklasse By 70 pct. af tabellens værdier, i terrænklasse Hede er den 125 pct. af tabellens værdier.

Tabel 18. Karakteristiske vindlaster for huse med kiphøjde 8,5 m i terrænklasse Land.

	Vandret fladelast, kN/m ²		Lodret last, kN/m
	Indervæg	Facade	Facadebagvæg
W 1	0,28	0,91	-3,9
W2	0,28	0,70	se figur 111

Sidste kolonne gælder for huse med gitterspær og hanebåndsspær, hvor vindlastens lodrette komponenter afleveres til facaderne alene. For huse med bjælkespær gælder sidste kolonne for længdevæggen, for facadebagvæggene kan der regnes med den halve værdi.



Figur 111. Lodret last på facadebagvæg ved vind mod facade (W2). Terrænklasse Land.

Gavle skal dimensioneres for de samme vandrette fladelaster som facader, men påvirkes ikke af lodret last fra tagkonstruktionen.

I tilfælde W1 er vindlasten på en del af facaden mindre end angivet. Hvis denne reduktion ønskes udnyttet, må lasten beregnes konkret på basis af *Lastnormen*.

Dimensionsgivende last

De fleste bærende konstruktioner skal dimensioneres for en kombination af tyngde- og vindlaster. I forbindelse med dimensionering af bærende konstruktioner i småhuse er det lastkombinationerne 2.1 og 2.2 i tabel 5.2 i *Sikkerhedsnormen*, der er relevante.

Summen $\Sigma G2$ af de relevante G2-værdier for de tyngdebaserede laster skal altid bestemmes. Da en variabel last skal ganges med partialkoefficienten 1,3, skal enten en af de indgående G2-laster suppleres med tillægslasten G3, eller også skal vindlasten ganges med partialkoefficienten 1,3 i stedet for 0,5. $\Sigma G2$ skal altså enten kombineres med 1,3 gange det ene sæt vindlaster (W1 eller W2) eller med 0,5 gange det ene sæt vindlaster plus den største G3-værdi blandt de relevante tyngdebaserede laster. Det kan ikke generelt afgøres, hvilken af disse lastkombinationer, der er dimensionsgivende.

I sjældne tilfælde kan det forekomme, at summen af G1-værdierne i kombination med 1,3 gange W1 er dimensionsgivende.

Eksempel

I et 9 m bredt 11/2-etages hus med kælder ønskes lasten på længdevæggen i kælderen bestemt, se figur 110. Huset er placeret i terrænklasse By. Det forudsættes, at der er træbjælkelag over stueetagen og dæk af letklinkerbeton over kælderen. Længdevæggen i stueetagen er af 100 mm letklinkerbeton LB 5,0/1200. De lette skillevægge i tagetage vejer højst 0,5 kN/m², mens de lette skillevægge i stueetagen vejer 0,8 kN/m². De tyngdebaserede laster i kN/m² aflæses i tabel 16 og 17:

		G2	G3
<i>Tagetage og dæk over stueetage</i>			
El	Træbjælkelag til Hanebåndsspær	7,4	4,8
<i>Stueetage og dæk over kælder</i>			
V3	Længdevæg i stueetage	3,0	-
E2	Kælder dæk (træbjælkelag)	7,6	5,0
Ea	Kælder dæk (tillæg for letklinkerbeton)	6,9	-
Eb	Tillæg for tungere skillevægge (0,8-0,5) · 4,2	1,3	-
$\Sigma G2$		26,2	
Største G3-værdi			5,0

Vindlasten aflæses i tabel 18 og kan reduceres til 70 pct., idet huset er placeret i terrænklasse By. Den karakteristiske fladelast er således $0,7 \cdot 0,28 = 0,20 \text{ kN/m}^2$. For et hus med hanebåndsspær er der intet vindlastbidrag til den lodrette last på en længdevæg.

Længdevæggen i kælderen skal derfor dimensioneres for:

- enten den lodrette last $26,2 + 5,0 = 31,2 \text{ kN/m}$ virkende langs væggens overside, og den vandrette fladelast $0,5 \cdot 0,20 = 0,10 \text{ kN/m}^2$
- eller den lodrette last $26,2 \text{ kN/m}$ virkende langs væggens overside, og den vandrette fladelast $1,3 \cdot 0,20 = 0,26 \text{ kN/m}^2$.

Bilag B. Brand

En bygningsdel beskrives i brandmæssig henseende ved dens brandmodstandsevne og ved overfladernes (beklædningens) brandtekniske egenskaber, idet de har betydelig indflydelse på, hvor hurtigt en brand udvikler sig - især under brandens første faser.

Konstruktionseksemplerne i anvisningen opfylder de gældende krav til brandmodstandsevne og til beklædningers brandtekniske egenskaber.

Bygningsdeles brandmodstandsevne

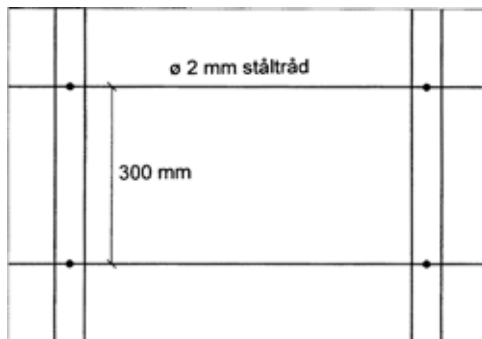
Bygningsdeles evne til at modstå gennembrænding og til at bevare bæreevnen under brand har betydning dels for, at der levnes tilstrækkelig tid til at personer kan reddes fra bygningen, dels for, at brandvæsenet får mulighed for at afgrænse og kontrollere branden.

Denne egenskab betegnes brandmodstandsevnen og angives ved det antal minutter, hvori bygningsdelen bevarer den brandadskillede funktion og - for bærende bygningsdele - desuden en tilstrækkelig bæreevne.

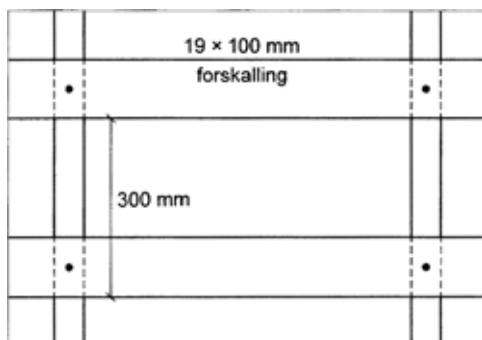
Betegnelserne BS (brandsikker) eller BD (branddrøj) angiver, at bygningsdelen enten udelukkende består af ubrændbare materialer, eller at der i bygningsdelen indgår brændbare materialer.

Fastholdelse af mineraluld

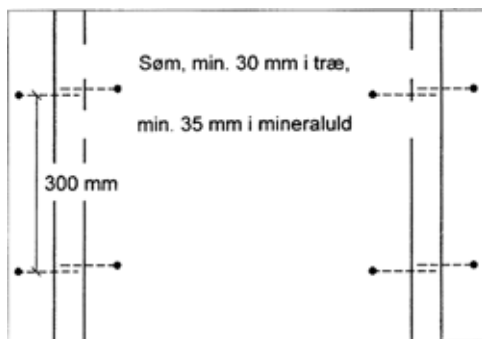
I 1313-konstruktioner skal isoleringen være mineraluld i pladeform, og den skal være fastholdt med ståltråd eller forskallingsbrædder som vist på figur 112 og 113. I vægge kan fastholdelse også ske ved skråsømning som vist på figur 114. I de tilfælde, hvor der kræves stenuld, skal densiteten være mindst 30 kg/m³.



Figur 112. Mineraluld i BD-konstruktioner kan fastholdes med 2 mm ståltråd pr. 300 mm. Krampe dimensioner er angivet i tabel 19.



Figur 113. Mineraluld i BD-konstruktion 30 kan fastholdes med 19 mm forskallingsbrædder pr 300 mm. Søm dimensioner er angivet i tabel 19.



Figur 114. Mineraluld i vægge kan fastholdes ved skråsømning pr 300 mm. Sømmene skal nå mindst 35 mm ind i mineralulden og mindst 30 mm ind i træet. Sømning fra væggen ene side er tilstrækkeligt.

Tabel 19. Dimensioner i mm på søm og kramper til fastgørelse af forskalling og tråd.
Efter Træ og brand.

	Vægge		Dæk	
	BD 30	BD 60	BD 30	BD 60
Søm	2,8 × 50		2,8 × 65	
Kramper	2,0 × 25	4,2 × 50	3,4 × 35	4,8 × 65

Beklædningers brandtekniske egenskaber

Beklædninger inddeles i klasse 1 beklædninger og i klasse 2 beklædninger, hvor klasse 1 beklædninger er bedst. I det følgende er givet en række eksempler på beklædninger i de to klasser. Bemærk, at de angivne tykkelser er minimumskrav.

Klasse 1 beklædning

Ved klasse 1 beklædning forstås en beklædning af svagt antændeligt, svagt varmeafgivende og svagt røgudviklende materiale, som under en standardiseret brandpåvirkning i 10 minutter beskytter bagved liggende materiale mod antændelse. Eksempler:

- rør og 12 mm kalkpuds
- 9 mm gipsplader
- overflader af murværk, letbeton og beton med eller uden pudslag.

Klasse 2 beklædning

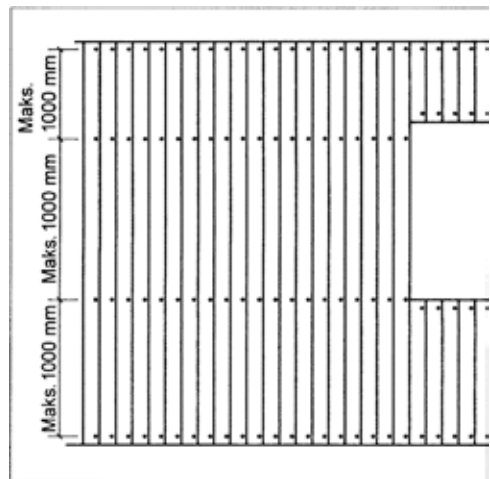
Ved klasse 2 beklædning forstås en beklædning af normalt antændeligt, normalt varmeafgivende og normalt røgudviklende materiale, som i 10 minutter beskytter bagved liggende materiale mod antændelse. Eksempler:

- 21 mm sammenpløjede brædder
- 15 mm sammenpløjede brædder med højst 25 mm bagved liggende hulrum
- 9 mm spånplader med densitet mindst 600 kg/m³
- 9 mm træfiberplader med densitet mindst 600 kg/m³
- 9 mm krydsfinerplader med densitet mindst 500 kg/m³.

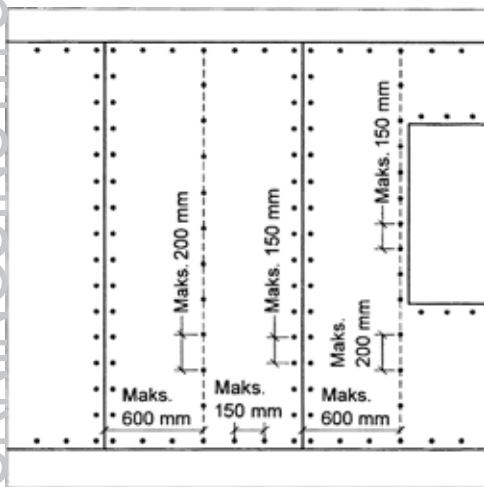
Brædde- og pladebeklædninger skal op sættes, så de ikke løsner sig som følge af de deformationer, der opstår under brand. Fastgørelse kan ske med søm, skruer eller hæfteklammer anbragt i rækker, som vist på figurerne 115 og 116.

Ved profilering af klasse 2 beklædninger forøges overfladen af det brændbare materiale og dermed vil en brand kunne udvikle sig hurtigere. Profilering tillades derfor kun inden for visse grænser, se figur 117.

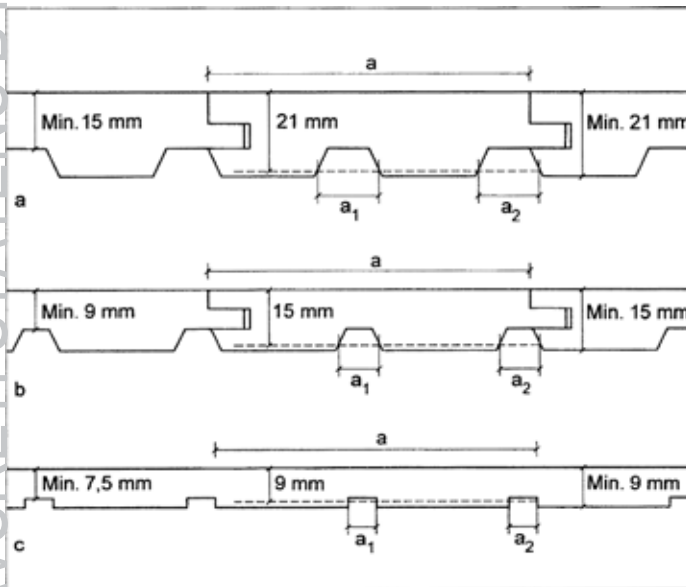
På beklædninger kan opsættes tapet, hesian eller lignende tynde, fuldlmede belæggninger med ringe indflydelse på de brandtekniske egenskaber.



Figur 115. Fastgørelse af brædder med søm, skruer eller kramper (hæfteklammer), markeret med sorte prikker. Hvert bræt fastgøres ved enderne og pr. højst 1000 mm.



Figur 116. Fastgørelse af pladebeklædning med søm, skruer eller kramper (hæfteklammer), markeret med sorte prikker, skal ske efter leverandørens anvisninger eller pr. højst 150 mm langs pladekanter og højst 200 mm langs mellemunderstøtninger. Afstanden mellem rækkerne må højst være 600 mm.



Figur 117. Profilering f klasse 2 beklædninger. Profileringen må ikke i noget tilfælde forøge overfladearealet med mere end 25 pct.

Foruden de nævnte eksempler findes en lang række beklædningssystemer, der er godkendt af By- og Boligministeriet. Beklædning eller emballage skal være forsynet med mærkning som angivet i godkendelsen.

a. Profilerede brædder med bagved liggende hulrum $a_1 + a_2$, dvs. den del f brædderne, som er tyndere end 21 mm, må højst udgøre 20 pct. f brættets bredde a b. Profilerede brædder med højst 25 mm bagved liggende hulrum. $a_1 + a_2$, dvs. den del af brædderne, som er tyndere end 15 mm, må højst udgøre 20 pct. af brættets bredde a c. Profileret pladebeklædning med bagved liggende hulrum $a_1 + a_2$, dvs. den del f beklædningen, som er tyndere end 9 mm, må højst udgøre 20 pct. af afstanden a

Bilag C. Lyd

I dette bilag beskrives, hvorledes bygningsakustiske målinger kan udføres i færdige bygninger. Bilaget indeholder de dele af Bilag 4, Bygningsreglement 1995, som er relevante for småhuse.

Alment

Udstyr, som anvendes til målinger, skal overholde de krav, der er specificeret i de anførte standarder med målemetoder. Det bør regelmæssigt og sporbart dokumenteres, at det benyttede måleudstyr overholder standardernes krav.

Luftlydisolation

Luftlydisolationen R' i bygninger måles ved anvendelse af målemetoden i DS/ISO 140, Akustik, Lydisolutionsmålinger i bygninger og af bygningselementer, Del 4: Måling af luftlydisolation mellem rum i bygninger. Der anvendes filtre, hvis båndbredde er 1/3 oktav med centerfrekvenser fra 100 Hz til 3150 Hz.

Ved måling af luftlydisolation for entredøre kan placering af højttalere og mikrofoner fastlægges ud fra retningslinierne i NT ACOU 069, Doors in buildings: Airborne sound insulation.

Måleresultaterne for luftlydisolation R' vurderes efter DS 2186, Akustik, Vurdering af lydisolation, Del 1: Luftlydisolation i bygninger og af bygningsdele. Den fremkomne vurderingsværdi betegnes R'_w .

Ved bestemmelse af R' anvendes det aktuelle fælles areal, og hvor et sådant ikke findes, sættes arealet til 10 m². For døre benyttes arealet af åbningen, hvori døren er monteret.

Som fælles skillefladeareal benyttes generelt det totale areal af den fælles skilleflade, uanset at der på denne eventuelt er placeret garderobe- og køkkenskabe og lignende. Ved beregning af modtagerummets volumen fraregnes derimod volumen af garderobe- og køkkenskabe og lignende.

Døre, vinduer og udeluftventiler i målerummene skal være lukkede under måling.

Kravet til luftlydisolation for vægge med dør mellem boligenheder og fællesrum gælder kun den omgivende væg. Under måling skal døren derfor være afdækket for at forhindre lydtransmission gennem døren.

Ved måling i horisontal retning tilstræbes, at det mindste og geometrisk mest regulære rum vælges som modtagerum.

Hvor der forekommer sammenhængende rum (fx et køkken og et beboelsesrum, som kun er delvist adskilt af en væg), kan måleresultaterne påvirkes af, om rummene anses for at være et eller to rum. Sammenhængende rum kan som hovedregel betragtes som to separate rum, såfremt arealet af åbningen mellem dem er mindre end 1/3 af det totale areal af åbning og fælles væg. Betragtningen kan have indflydelse på valg af måleretning og af højttaler- og mikrofonpositioner samt på størrelse af skillefladeareal og modtagerumsvolumen, der indgår i beregningerne.

Døre mærket 40, 35 og 30 dB i overensstemmelse med DS 1082, Døre, Lydisolation, Klassifikation, kan forventes at opfylde luftlydisolutionskravene på henholdsvis 37, 32 og 27 dB. Hvad angår døres lydisolation og mærkningsklasser henvises i øvrigt til SBI-anvisning 172, *Bygningers lydisolering*, *Nyere bygningere*

Trinlydniveau

Trinlydniveauet L'_n i bygninger måles ved anvendelse af målemetoden i DS/ISO 140, Akustik, Lydisolationsmålinger i bygninger og af bygningselementer, Del 7: Måling af trinlydniveau i bygninger. Der anvendes filtre, hvis båndbredde er 1/3 oktav med centerfrekvenser fra 100 Hz til 3150 Hz. Den anvendte bankemaskine skal have slagflader af stål.

Måleresultaterne for trinlydniveau L'_n vurderes efter DS 2186, Akustik, Vurdering af lydisolation, Del 2: Trinlydniveau. Den fremkomne vurderingsværdi betegnes

Døre, vinduer og udeluftventiler i målerummene skal være lukkede under måling.

Løse tæpper skal fjernes inden trinlydmåling. Ved måling på faste tæpper skal det anføres i målerapporten, at målingen er udført med tæppe, og tæppets type angives. Såfremt der i det samme rum er flere forskellige gulvbelægnings, fx i et kombineret beboelsesrum og køkken, udføres en komplet måling af hver type gulvbelægning.

Ved måling af trinlydniveau fra trapper udføres en komplet måling fra både reposer og trappeb.

Installationsstøj

Måling af støjniveau L_{Aeq} udføres med en integrerende lydtrykmåler eller andet analyseudstyr, som opfylder specifikationerne for type I instrumenter defineret i IEC 804, Integrating-averaging sound level meters. Såfremt støjen er stationær, kan der anvendes en lydtrykmåler, som opfylder kravene til en type 1 lydtrykmåler i henhold til IEC 651, Sound level meters, og der benyttes midlingstid »slow«.

Før en måling foretages, kalibreres lydtrykmåleren med en kalibrator, der opfylder kravene til en type 1 kalibrator i henhold til IEC 942, Sound calibrators.

Døre, vinduer og udeluftventiler i målerummet skal være lukkede under måling.

Krav til støjniveau gælder de enkelte installationer, der således skal måles separat. Vandinstallationer, ventilations- og varmeanlæg skal være korrekt justerede før måling.

Måletidsrummet, der normalt ikke bør være kortere end 2 minutter, afpasses efter installationen, således at driftstidsrummet er længere end det valgte måletidsrum. Støj fra installationer måles generelt i den mest støjende driftstilstand.

En emhætte indstilles i position »kontrolventilation« (laveste indstilling på emhættens betjeningspanel) ved måling af støjniveau i boligen, hvor den er monteret. Ved måling i omliggende boligenheder indstilles emhætten i den position, hvor den støjer mest.

Støjniveau fra toilet bestemmes som L_{Aeq} over en periode omfattende udskylning og fyldning af cisterne.

Såfremt støjen indeholder tydeligt hørbar tone eller impulser, skærpes kravene til støjniveau med 5 dB. Retningslinier for vurdering af toneindhold findes i Miljøstyrelsens vejledning nr. 6/1984, Måling af ekstern støj fra virksomheder. Ændringen på grund af tydeligt hørbar impulser gives alene på grundlag af en subjektiv vurdering.

Kravet til støjniveau i beboelsesrum og køkkener gælder for umøblerede rum. Måles i møblerede rum, adderes 3 dB til måleresultatet. Støjniveauet måles i 2-3 positioner omkring rummidten. Såfremt rummets dimensioner tillader det, bør afstanden mellem positionerne være mindst 1,5 m. Afstanden til omgivende rumoverflader skal være mindst 1 m. Mikrofonhøjden skal varieres inden for intervallet 1,2-1,5 m over gulv. De målte niveauer midles på energibasis.

Trafikstøj

Grænseværdierne for trafikstøj er døgnækvivalente lydtrykniveauer, $L_{Aeq, 24h}$. Det uden-dørs støjniveau ved en bygning refererer til frit felt. Det indendørs støjniveau gælder for

møblerede rum og med udeluftventiler i åben stilling.

Det udvendige støjniveau bestemmes på grundlag af de stedlige miljømyndigheders oplysninger eller beregnes på grundlag af trafikintensiteten.

Målinger kan også indgå i beregningsgrundlaget. Beregninger foretages fx efter Vejdirektoratets rapport nr. 93, Beregningsmodel for vejtrafikstøj, eller Miljøstyrelsens vejledning nr. 5/1985, Beregning af støj fra jernbaner.

En kontrol af, at støjniveauet indendørs overholder kravet, kan foretages ved måling af indendørs niveau eller med udgangspunkt i et beregnet udestøjniveau og måling af niveaudifferensen for bygningens facade. Måling af vejtrafikstøj udføres efter Vejdirektoratets og Miljøstyrelsens rapport, Måling af vejtrafikstøj. Heri beskrives bl.a. hvorledes $L_{Aeq,24h}$ bestemmes på grundlag af målinger udført over et kortere tidsrum. Måling af jernbanestøj udføres i henhold til Miljøstyrelsens Støj og vibrationer fra jernbaner.

Niveaudifferensen kan også bestemmes i henhold til DS/ISO 140, Akustik, Lydisolationsmålinger i bygninger og af bygningselementer, Del 5: Måling af facadeelementers luftlydisolation i bygninger. Såfremt støjniveauumålingen indendørs foretages i umøbleret rum, korrigeres støjniveauet til møbleret rumtilstand ved at subtrahere 3 dB. Alternativt udføres en måling af efterklangstiden, og der korrigeres svarende til efterklangstiden 0,5 sekunder.

Døre og vinduer i målerummet skal være lukkede under måling, udeluftventiler skal være åbne.

Med udgangspunkt i det udvendige støjniveau $L_{Aeq,24h}$, kan den nødvendige lydisolationsklasse for vinduer findes i SBI-anvisning 172, *Bygningers lydisolering, Nyere bygninger* Alternativt kan en detaljeret projektering foretages ud fra facadekomponen-

ternes laboratoriemålte reduktionstal pr. 1/3 oktav, idet det som data for vinduer og udeluftventiler anbefales at benytte laboratorieværdier reduceret med 3 dB.

Bilag D. Afstivende system (se tillæg 1)

I dette bilag beskrives, hvorledes det afstivende system konkret kan udformes i enfamiliehuse. Det forudsættes, at huset er et sædvanligt længehus i indtil 1½ etage. Det afstivende system kan udføres på mange andre måder end beskrevet. Nogle af disse findes i SBI-anvisning 186: *Småhuses stabilitet*.

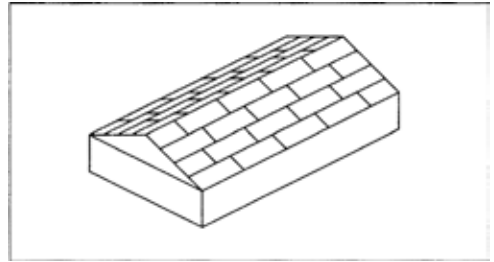
Først behandles forholdene omkring afstivning og forankring af tage, derefter mulige udformninger af loftskive og afstivende vægge, og til sidst dimensionering af loftskive og vægge.

Afstivning af tagflade

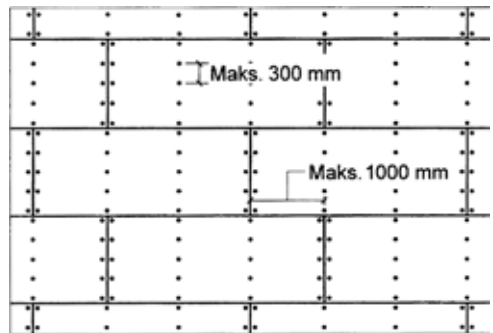
Tagfladen skal afstives for at kunne optage lasten ved vind på langs af taget. Dette kan fx ske med en pladebeklædning som vist på figur 118. Pladebeklædningen vil normalt samtidig være undertag eller underlag for tagpap, se kapitlet Tage. Afstivning kan også ske med trækbånd som beskrevet i *Stråhuses stabilitet*.

Pladerne kan fx være 9 mm asfaltbehandlet vandfast krydsfiner, 9 mm fugtbestandig gipsplade eller 6 mm oliehardt hård træfiberplade. Krydsfiner eller træfiberplade skal være klassificeret som K-plade (dvs. underlagt en godkendt kontrolordning), og pladerne skal monteres sådan, at der opnås en effektiv skivevirkning. Hvis pladerne monteres som vist på figur 118 og 119, kan dette antages at være opfyldt.

Pladerne kan monteres med søm eller skruer. Søm skal mindst være 2,2 × 45 mm, og skruer mindst 3,5 × 30 mm. Søm- og skruerstanden må højst være 300 mm. I øvrigt skal pladeleverandørens anvisninger følges, fx vedrørende pladetype, dimensioner og montering.



Figur 118. Tagfladen skal afstives for vind på langs af taget, fx med en pladebeklædning, der samtidig kan være undertag.



Figur 119. Fastgørelse af pladebeklædning som stabiliserende undertag til spær sker med søm eller skruer. Afstanden mellem fastgørelser langs spærhoved må højst være 300 mm. Pladesamlinger skal være forskudt for hinanden.

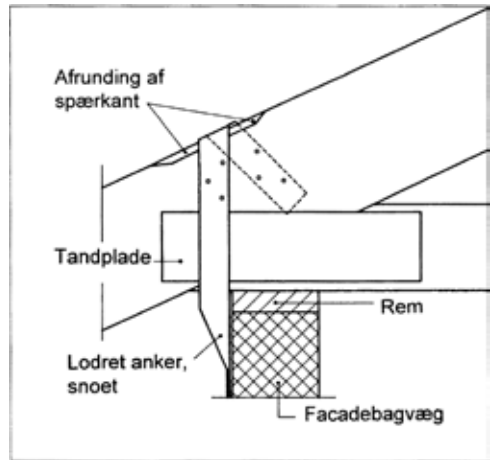
Lodret forankring af tag

Lodret forankring af taget for sug ved vind på langs af taget udføres normalt som trækforbindelser mellem fundamentet og nogle af spærerne. Det forudsættes i det følgende, at forbindelserne udføres med varmforzinket hulbånd med tykkelse 2 mm og bredde 25, 40 eller 60 mm.

Hvor forankring er nødvendig, må der højst være 3 m mellem de spær, der er forankret. Med andre ord skal mindst hvert tredje spær forankres, forudsat at spærafstanden er højst 1 m. Suget på de mellemliggende spær regnes overført til de forankrede spær via lægter og tagdækning. Det er derfor en absolut forudsætning, at lægstødene er forsat, så højst en tredjedel af lægterne stødes på samme spær, og at lægterne mindst er af styrkeklasse K 18 i henhold til *Trænormen*.

I huse med massive bagvægge af fx letbeton eller murværk placeres ankrene i facaderne på den varme side af isoleringen, det vil sige lige uden på bagvæggen. I huse med skeletvægge kan stolperne indgå i trækforbindelsen, men det er vigtigt, at fastgørelserne til tag og fundament er placeret nær den indvendige beklædning for at undgå korrosion.

Et anker kan monteres direkte på et spær som vist på figur 120, men denne placering vil ofte komme i konflikt med vindues- og dørplaceringer. Ankeret kan da flyttes og fastgøres til en vekselsbjælke som vist på figur 121. Hvis ankeret er placeret på den midterste tredjedel af vekselsbjælken, kan begge spærene regnes forankrede, og i dette tilfælde kan kravet om forankring af hvert tredje spær opfyldes med en afstand mellem de lodrette ankre på ca. 3,5 m, se også figur 122 a).



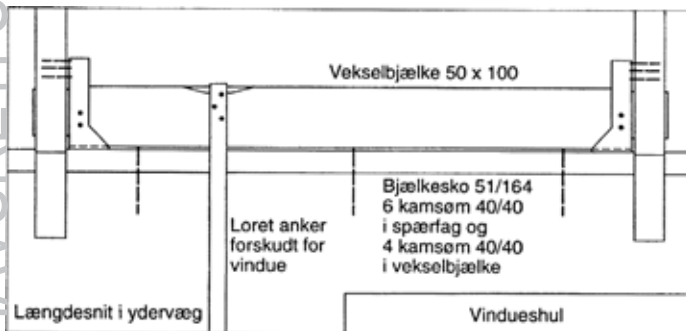
Figur 120. Fastgørelse af lodret anker til spær.

Typeklassificering og dimensionering af ankre

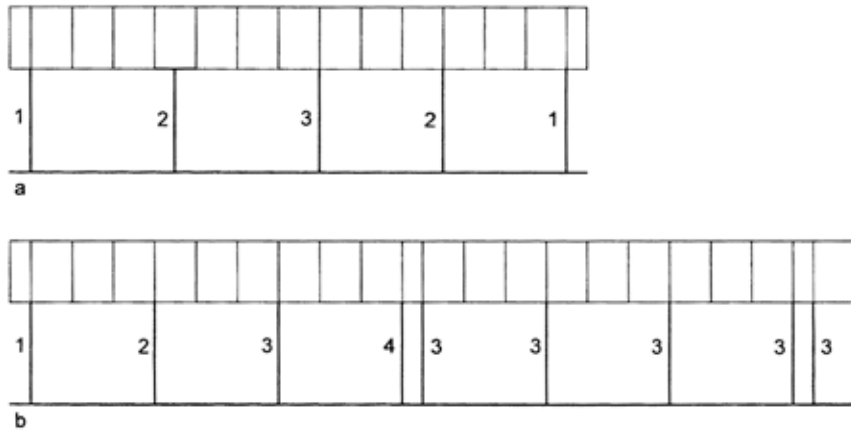
Taget på huse med forskellig beliggenhed, taghældning osv., har naturligvis forskellige forankringsbehov. Desuden afhænger forankringsbehovet af afstanden fra hushjørnerne.

Ankrene klassificeres derfor hensigtsmæssigt i følgende typer efter deres placering, se figur 122:

- *Type 1.* Hjørneankre. Disse modtager sugkræfter fra et mindre område end de øvrige ankre. Til gengæld kan der på de yder-



Figur 121. Tagforankring via vekselsbjælke.



Figur 122. Principskitse for placering og klassificering af lodrette ankre i facaderne.

a. Fritliggende hus. Ved det ene type 2-anker er der vist fastgørelse til vekselsbjælke.

b. Rækkehuse. I enderækkehuse ved hjørnet mod nabohuset er ankeret type 4. Bemærk, at der skal placeres ankre på begge sider af boligadskillende vægge. Kraften i type 3-ankre ved boligadskillende vægge er halvt så stor som kraften i de øvrige type 3-ankre.

ste ca. 5 m af taget, fra gavlen og ind mod midten af huset, optræde større sug end på resten af taget. Fra spærafstivningen kommer der et mindre kraftbidrag.

- Type 2. Ankre, der er placeret ca. 3 m fra gavlen, hvor suget på taget er særlig stort.
- Type 3. Ankre, der er placeret mere end ca. 5 m fra gavlen. Her er suget på taget mindre.
- Type 4. Ankre, der er placeret ved hjørne mod nabohus i enderækkehuse. Her aflæveres også et kraftbidrag fra spærafstivningen.

Der placeres ankre nær hvert af husets hjørner og i facaderne med en indbyrdes afstand på højst 3-3,5 m afhængig af, om spærene forankres direkte eller via vekselsbjælker.

Det nødvendige søm- eller skrueantal i forbindelsen mellem ankre og spær (eller vekselsbjælke) fremgår af tabel 20. Tabellen viser også hvilke ankertyper, der ikke er behov for ved det aktuelle tag. I visse huse er der overhovedet ikke behov for forankring. Det er forudsat, at spærafstivning sker ved pladebeklædning.

Kamsøm 40/40 har dimensionerne $4,0 \times 40$ mm. De kan overalt erstattes af samme antal beslagskruer $5,0 \times 35$ mm, idet bæreevnen er den samme.

Når det nødvendige antal kamsøm er bestemt af tabel 20, kan hulbåndsdimensionen bestemmes af tabel 21. Benyttes andre ankre end hulbånd, kan den regningsmæssige last bestemmes ved at gange sømantallet i tabel 20 med 1,07 kN (bæreevnen pr. søm).

Tabel 20. Dimensioneringstabel for forbindelsen mellem lodrette hulbåndsankre og spær Tabellen angiver antallet af kamsøm 40/40 eller beslagskruer 5,0 × 35. En streg (-) betyder, at anker ikke er nødvendigt i den pågældende situation.

Terrænklasse	Tagets vægt-klasse*	Tag-vinkel	Antal søm/skruer i ankerets forbindelse til tag			
			Type 1	Type 2	Type 3	Type 4
By	15	15°	3	4	3	2
		25°	4	5	-	-
		35°	4	5	-	2
		45°		6	-	2
	40	15°	-	-	-	-
		25°	-	-	-	-
		35°	2	-	-	-
		45°	2	-	-	-
Land	15	15°	5	10	7	4
		25°	6	11	4	3
		35°	7	12	4	3
		45°	8	12	4	4
	40	15°	4	6	4	2
		25°	4	6	-	-
		35°	4	7	-	2
		45°	5	7	-	2
Hede	15	15°	8	15	11	5
		25°	9	16	7	4
		35°	10	17	7	4
		45°	11	18	7	5
	40	15°	6	11	7	4
		25°	7	12	3	3
		35°	7	12	3	3
		45°	8	12	3	4

* Tage inddeles i to klasser efter tagdækningens vægt pr. m² tagflade. I stabilitetsmæssig henseende virker tagdækningens vægt til gunst, så klassebetegnelserne refererer til klassernes nedre vægtgrænser.

15: Tagdækninger med en vægt på mellem 0,15 og 0,40 kN/m² (inkl. underlag), fx tagpap på brædder eller fiberarmerede, cementbaserede plader på lægter.

40: Tagdækninger med en vægt på mindst 0,40 kN/m² (inkl. underlag), fx vingetegl på lægter med undertag.

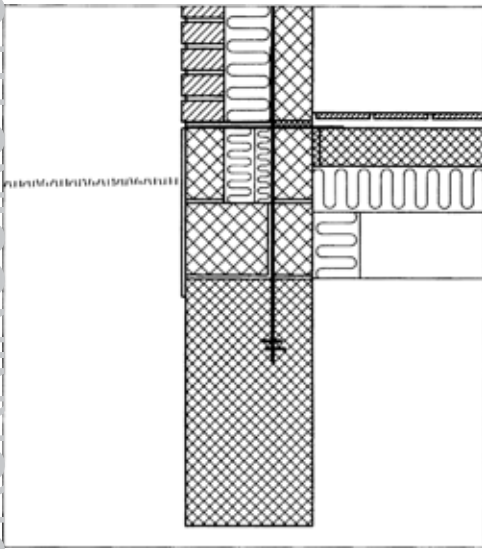
Tabel 21. Dimensioneringstabel for hulbåndsankre f 2 mm tykt, varmforzinket stål. Bæreevnen angives dels som antal fuldt udnyttede kamsøm (eller skruer), dels i kN.

Hulbånds-bredde, mm	Maks. Antal kamsøm 40/40	Regningsmæssig styrke, kN
25	7	7,8
40	11	11,7
60	16	17,6

Indstøbning af ankre

Ankre skal indstøbes effektivt, det vil sige ca. 250 mm ned i betonfundamentet, se figur 123. Ankre kan ikke fastgøres i de letklinkerbetonblokke, der ofte placeres som kuldebroisolering mellem betonfundament og ydervæg.

Udføres ankeret ikke i et stykke, kan den del, der indstøbes, stikke 400-500 mm op



Figur 123. De lodrette ankre skal anbringes på den varme side af isoleringen og støbes ca. 250 mm ned i betonfundamentet. Omkring ankrene må letklinkerbetonblokkene i fundamentets øverste del eventuelt deles, eller der kan anvendes en smallere blok (Sammenlign med figur 19, side 27).

over fundamentets letklinkerbetonblokke. Når spærerne er monteret, forlænges ankeret ved et overlappingsstød med 5 mm varmforzinkede maskinskruer. Antallet af skruer skal mindst være 1,5 gange det nødvendige sømantal i samlingen til spæret, se tabel 20. Eventuelt kan ankeret samles ved hjælp af en båndspænder.

Udformning af loftskive (se tillæg 1)

Loftskiven skal have kraftoverførende forbindelse til spær, gavltrekanter, ydervægge og afstivende indervægge. Den skal være tilstrækkelig stiv til at kunne fordele lasten mellem de afstivende vægge uden risiko for revnedannelser m.m. Desuden skal loftskiven kunne overføre træk i husets længderetning hidrørende fra sug på gavle og gavltrekanter ved vind på tværs af huset.

Loftskiven kan etableres ved hjælp af en loftbeklædning i pladeform, der forbindes til tag og vægge. Det er vigtigt, at skivevirkningen bevares ved passage hen over vægge, der ikke er afstivende.

Loftskiven kan også etableres i form af en forstærket gangbro, som vist i pjecen »Er dit hus stormfast?«, Bygge- og Boligstyrelsen, 1992, eller i form af en vandretliggende gitterdrager.

Endelig kan loftskiven etableres ved at indlægge trækbånd på spærføddernes underside. Enderne af trækbåndene skal fastgøres således, at de kan føre lasterne hen til de afstivende vægge. Det vil ofte være vanskeligt at etablere en forbindelse med plads til det nødvendige antal søm eller skruer både ved enderne og ved de mellemliggende forbindelser til spærfødderne. Desuden kan det være vanskeligt at udføre en korrekt opstramning af trækbåndene.

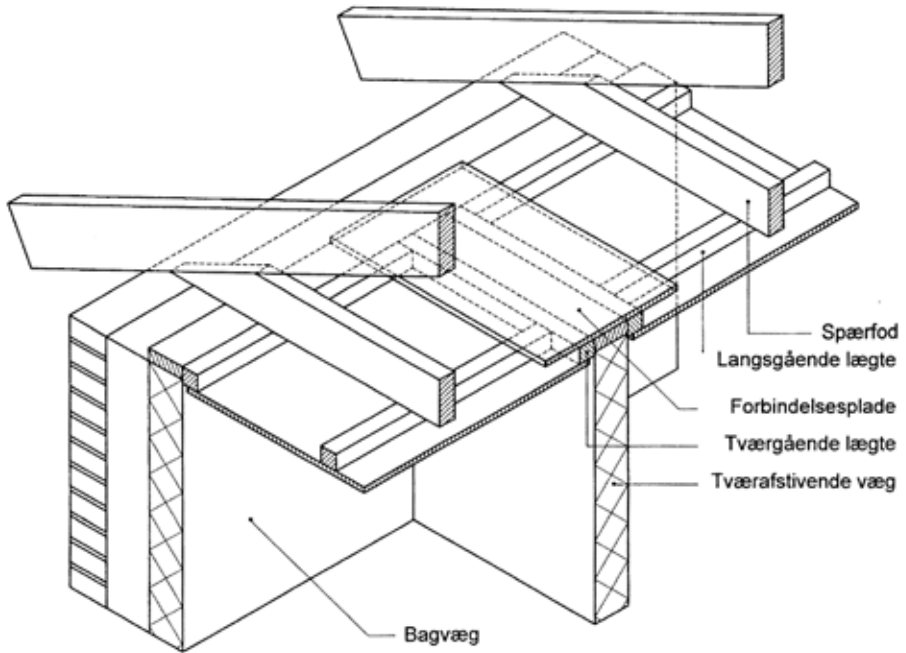
Hvis loftskiven etableres i form af en gangbro, en vandretliggende gitterdrager eller trækbånd på spærfødderne, er spærfødderne sikret mod indbyrdes forskydning, men overførslen af den vandrette last fra spærfødderne til de afstivende vægge må sikres på anden måde. Med en loftbeklædning i pladeform er den nødvendige forbindelse mellem loftkonstruktion og vægge ret enkel at etablere.

Pladebeklædning

I det følgende forudsættes loftskiven etableret ved hjælp af en beklædning i pladeform. Figur 124 viser, hvorledes pladebeklædningen kan forbindes til spær og afstivende vægge.

Lægterne forudsættes at være 45×45 mm pr. 400-450 mm, mens forbindelsespladerne udskares af 12 mm konstruktionskrydsfiner. Pladerne skal være ca. 400 mm brede ved tværgående vægge, mens ca. 200 mm er tilstrækkeligt ved langsgående vægge.

Hver spærfod skal fastgøres til facade-



Figur 124. Loftskiven kan udføres ved at fastgøre en loftbeklædning i pladeform til langsgående lægter der er fastgjort til spærfødderne. De langsgående lægter og spærfødderne overfører tryk- og trækkræfter, mens loftbeklædningen fordeler disse til de afstivende vægge i form af forskydningskræfter. Loftskiven fastgøres til oversiden af de afstivende vægge ved hjælp af forbindelsesplader og lægter langs væggene. Forbindelsespladerne overfører også tryk- og trækkræfter der hvor de langsgående lægter må afbrydes.

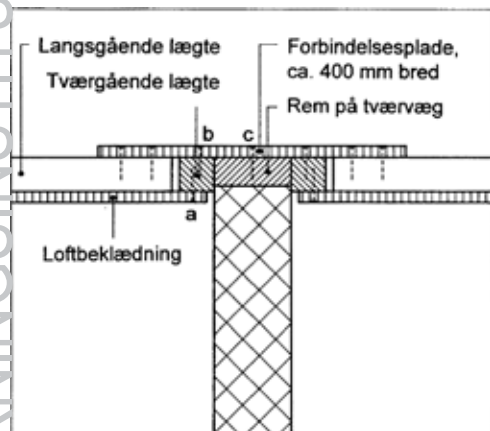
Dampspærren kan opsættes på undersiden af spærfødderne og klemmes mod væggene med lægterne eller med lister, der opsættes før lægterne langs væggene. Der indlægges normalt isolering mellem dampspærre og loftbeklædning, hvor også elinstallationer kan føres.

remmen med et vinkelbeslag på hver side og 3-5 kamsøm 40/40 i hver flig.

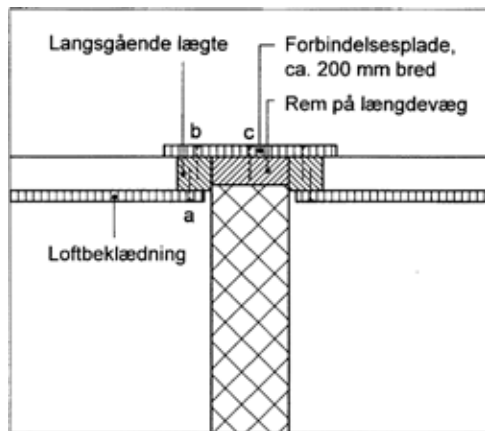
Lægterne fastgøres til hver spærfod med et søm $3,8 \times 100$ mm. Hvor lægterne afbrydes ved tværvægge, fastgøres de til forbindelsespladerne med 2-4 skruer $4,0 \times 40$ mm i hver ende (3 skruer, hvis træk i loftskivens længderetning er 2,5-3,8 kN/m, og 4 skruer ellers). Træk kan sættes lig med

lasten på loftskiven ved vind på langs, se tabel 25, side 125.

Figurerne 125 og 126 viser, hvorledes loftskiven kan udformes og forbindes til en afstivende tværvæg henholdsvis en afstivende længdevæg. Ved tværgående samlinger i loftbeklædningen må lasker indlægges mellem de langsgående lægter, fx bræddestykker 25×100 mm. Forbindelsespladerne kan



Figur 125. Snit i loftskive og afstivende tværvæg. Loftbeklædningen fastgøres langs alle fire sider til langs- og tværgående lægter (skrueafstand a, tabel 22). Forbindelsespladen fastgøres til lægter (skrueafstand b, tabel 22), til rem (skrueafstand c, tabel 23), og til enderne af de langs-gående lægter med 2-4 stk. skruer 4,0 x 40 mm.



Figur 126. Snit i loftskive og afstivende længdevæg. Skrueafstandene a, b og c bestemmes som ved tværvæg. Da tryk- og trækkræfter på tværs overføres fra spærflader skal forbindelsespladerne kun overføre forskydning. Forbindelsespladerne kan undværes ved længdevægge, hvis lægterne kan fastgøres direkte til remmen. Dette kan gøres med 5,0 x 100 mm skruer pr 2b, jf. tabel 22.

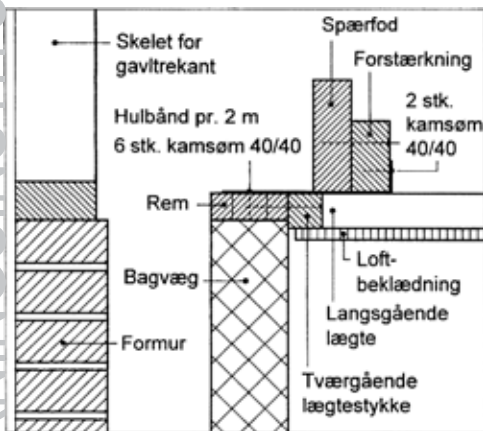
Tabel 22. Loftskivens regningsmæssige forskydningsbæreevne. Bæreevnen afhænger af loftbeklædningen og skrueafstanden i samlingerne loftbeklædning/lægte og, forbindelsesplade/lægte. Det er forudsat, at lægterne er 45 x 45 mm, at forbindelsespladerne er af 12 mm krydsfiner, og at skruerne i krydsfiner er 4,0 x 40 mm.

Loftbeklædning	Skrueafstand A ¹ (Loftbeklædning)	b (Forbindelsesplade)	Forskydnings bæreevne
13 mm gipsplade	200 mm	400 mm	1,2 kN/m
	150 mm	300 mm	1,6 kN/m
	100 mm	200 mm	2,5 kN/m
12 mm konstruk- tionskrydsfiner	150 mm	150 mm	3,2 kN/m
	100 mm	100 mm	4,9 kN/m

1. Den angivne skrueafstand gælder langs alle pladernes kanter. I langs-gående lægter, der virker som mellem-understøtninger, kan skrueafstanden i loftbeklædningen fordobles.

blot stødes ved samlinger. Hvis en afstivende tværvæg er placeret så tæt på et spær, at der ikke er plads til forbindelsespladen, kan denne til den ene side erstattes af en samling svarende til samlingen mellem bagvæg og loftskive vist på figur 127.

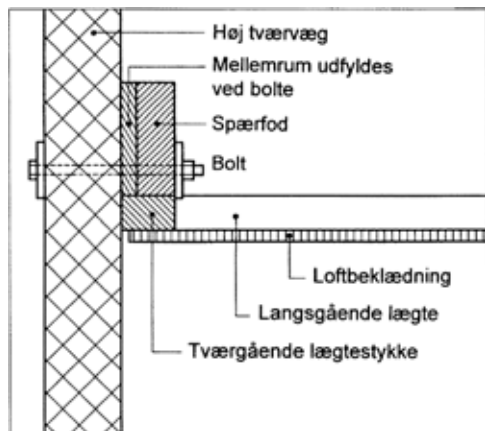
Tabel 22 angiver forskydningsbæreevnen af loftskiven for forskellige kombinationer af loftbeklædninger og skrueafstande a og b, vist på figurerne 125 og 126. Skrueafstanden c er angivet i forbindelse med de enkelte vægtyper i tabel 23. Man kan på den sikre



Figur 127. Forbindelse mellem loftskive og bagvæg i gavl. Forskydningslasten overføres fra loftskiven til bagvæggen ved at fastgøre de tværgående lægtestykker til siden fremmen med skruer 5,0 × 100 mm pr. 2b (jf. tabel 22). Suget på gavlen overføres til spærfoden via binderne og de viste vinkelbukkede hulbånd. Suget føres videre til de langsgående lægter, der er sømmet til både spærfod og dens forstærkning med et søm 3,8 × 100 mm i hver. Der skal være mindst 57 mm fra sømmene i spærfoden til de langsgående lægters ender. Den tværgående lægte må derfor normalt afbrydes ved de langsgående lægter. Hvis suget på gavlen er mindre end 1,8 kN/m kan forstærkningen undværes. Hulbånd skal monteres før lægter og dampspærre. Gavltrekanten skal fastgøres til rem eller spærfod, se figurerne 80-82 på siderne 67-69.

side sætte $c = b/2$. Forskydningslasten, der skal optages, bestemmes som beskrevet i et følgende afsnit.

Ved indervægge kan lægter og loftbeklædning eventuelt være gennemgående, hvis væggen opsættes, efter at loftbeklædningen er udført. Denne løsning giver dog dårlig lydisolations. Hvis loftbeklædningen er gipsplade, skal skrueafstanden i forbindelsen mellem beklædning og rem være $c/2$, mens afstanden ved loftbeklædning af krydsfiner skal være c .



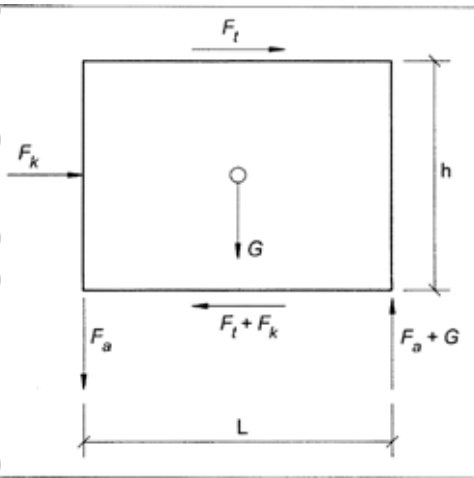
Figur 128. Forbindelse mellem loftskive og høj tværvæg. De tværgående lægtestykker fastgøres til spærfoden for at overføre forskydningslasten. Samlingen skal også kunne overføre træk i husets længderetning, dog ikke ved boligadskillende vægge. Samlingen mellem spærfod og væg kan udføres med gennemgående bolte eller med dybller og lignende. Hvis der skal overføres træk, bør samlingen placeres lavest muligt for at reducere momentbelastningen.

Ved gavlen er spæret normalt placeret så tæt på bagvæggen, at det ikke er muligt at anbringe en forbindelsesplade. I stedet kan samlingen udføres som vist på figur 127. Gavltrekantens fastgørelse til loftskiven er beskrevet på siderne 66-69.

Når loftskiven støder op mod en høj tværvæg, må spærfoden fastgøres i siden af væggen som vist på figur 128. Dette er fx tilfældet ved boligadskillende vægge i rækkehus og kan også forekomme i 1 1/2-etages huse med udnyttet tagetage. Samlingen skal foruden forskydning også dimensioneres for træk i husets længderetning. Dette træk kan sættes lig med lasten på loftskiven ved vind på langs, se tabel 25, side 125.

Afstivende vægges udformning

Lasterne, der kan påvirke en afstivende væg, er vist på figur 129. Væggen skal op-



Figur 129. Kræfter, der påvirker en afstivende væg.

tage vandret last, dels fra loftskiven (forskydningslasten F_t langs den øvre rand), dels fra ydervæggen (kantlasten F_k langs en lodret rand). Den samlede vandrette last ($F_t + F_k$) skal overføres fra væggen underside til dens understøtning. Dette kan ske enten ved friktion og kohæsion, eller ved friktion og en mekanisk glidningssikring. I de fleste tilfælde er en mekanisk glidningssikring nødvendig. Forskydningslasten, der skal optages, bestemmes i et følgende afsnit.

Det resulterende moment fra de vandrette laster kan ofte ikke optages alene af væggen egenvægt, G . For at forhindre væggen i at vippe skal den derfor hyppigt forankres lodret. Den nødvendige forankringskraft F_a bestemmes ved momentligevægt. Forankring kan ske til et underliggende fundament, til et betondæk eller til en flankerende væg, der selv er forankret eller har tilstrækkelig egenvægt. Som følge af den opadrettede vindlast på taget vil dets egenvægt ofte ikke kunne bidrage til optagelse af momentet fra de vandrette kræfter.

Ved væggen ender skal den koncentrerede trykkraft $F_a + G$ kunne optages af dæk

eller fundament. Hvis væggen ikke er fundet, skal det kontrolleres, at såvel forankringskraften som den koncentrerede trykkraft kan optages af dækket.

Desuden skal væggen forskydningsstyrke være tilstrækkelig, ligesom de koncentrerede laster fra en mekanisk glidningssikring skal kunne optages af væggen.

Forankringer skal udføres i begge ender, og glidningssikringen skal være effektiv i begge retninger, da vindlasten kan påvirke væggen i begge retninger.

Et antal afstivende vægges udformninger og forskydningsbæreevner er beskrevet i tabel 23. Det er i denne tabel forudsat, at hele lasten angriber langs væggen overside. Bæreevnerne kan være lidt på den sikre side. Andre vægges bæreevner og mere nøjagtige bæreevner er angivet i *Småhuses stabilitet*. Også leverandørvejledninger kan angive forskydningsbæreevner.

Lodret forankring

Forankring kan ske ved hjælp af et anker af varmforzinket hulbånd, hvis fastgørelse til væggen er beskrevet i tabel 23. For neden indstøbes ankeret i fundamentet som vist på figur 123.

Hvor en afstivende tværvæg støder op til facaden i nærheden af en forankring af taget, kan tagforankringen tillige virke som forankring af væggen. Det skal sikres, at den tværafstivende væg er tilstrækkeligt fastgjort i bagvæggen. Det fælles anker dimensioneres efter det største af de to sømantal, der kan aflæses af tabel 20 og tabel 23. Det skal ikke dimensioneres efter summen af de to sømantal, da vind på langs er dimensionsgivende for tagets lodrette forankring, mens vind på tværs er dimensionsgivende for en afstivende tværvægs lodrette forankring.

Massive vægge

Massive afstivende vægge er typisk af porebeton eller letklinkerbeton. De skal opstilles

Tabel 23. Afstivende vægges bæreevne og konstruktion (se tillæg 1).

Kamsøm 40/40 kan erstattes f beslagskrue 5,0 × 35.

Vægtype	100 mm porebetonelementer fuldt, forankret
Forskydningsbæreevne	3,0 kN/m
Behov for mekanisk glidningssikring	2,5 kN/m
Lodret forankring i hver ende	Varmforzinket hulbånd 25 × 2 mm, fastgjort til vægende med 21 søm 3,8 × 100 eller til spær eller ekselbjælke med 6 kamsøm 40/40
Remmens fastgørelse til vægtop	Søm 4,6 × 130 pr. 150 mm
Forbindelsespladens fastgørelse til rem	Skrue 4,0 × 40 pr. 200 mm (c = 200 mm)

Vægtype	Træskelet med 2 lag gipsplade
Forskydningsbæreevne	4,0 kN/m
Remme og stolper	45 × 45 mm
Bundremmens fastgørelse mod glidning	12 mm ekspansionsbolt pr. 1200 mm
Lodret forankring i hver ende	Varmforzinket hulbånd 40 × 2 mm, fastgjort til stolpe med 10 kamsøm 40/40
Forbindelsespladens fastgørelse til toprem	Skrue 4,0 × 40 pr. 150 mm (c = 150 mm)
Pladebeklædning	Ét lag 13 mm gipsplade på hver side. Gipspladeskrue pr. 120 mm langs alle kanter

Vægtype	Stålskelet med 2 lag gipsplade
Forskydningsbæreevne	2,5 kN/m
Godstykkelse for stålprofiler	1,0 mm
Bundskinnens fastgørelse mod glidning	12 mm ekspansionsbolt pr. 1200 mm, eller
- i beton	Skudsøm pr. 600 mm
- i letklinkerbeton	Skudsøm pr. 400 mm
Lodret forankring i hver ende	Varmforzinket hulbånd 25 × 2 mm, fastgjort til stolpe med 8 skrue 5,0 mm
Forbindelsespladens fastgørelse til topskinne	Skrue 4,0 × 40 pr. 240 mm (c = 240 mm)
Pladebeklædning	Et lag 13 min gipsplade på hver side. Gipspladeskrue pr. 200 mm langs alle kanter

<i>100 mm helvægselementer LB 3,5/1000, fuldt forankret</i>	<i>100 mm helvægselementer LB 7,5/1500, opstillet på murpap, ikke forankret</i>
4,0 kN/m	0,6 kN/m
3,6 kN/m	Ingen
Varmforzinket hulbånd 40 × 2 mm, fastgjort til vægende med 21 søm 3,8 × 100 eller til spær eller vekselbjælke med 6 kamsøm 40/40	Ingen
Søm 4,6 × 130 pr. 150 mm	Søm 4,6 × 130 pr. 400 mm
Skrue 4,0 × 40 pr. 150 mm (c = 150 mm)	Skrue 4,0 × 40 pr. 300 mm (c = 300 mm)
<i>Træskelet med 2 lag spånplade</i>	<i>Træskelet med 2 lag krydsfiner</i>
4,0 kN/m	7,0 kN/m
45 × 45 mm	45 × 70 mm
12 mm ekspansionsbolt pr. 1200 mm	16 mm ekspansionsbolt pr. 1200 mm
Varmforzinket hulbånd 40 × 2 mm, fastgjort til stolpe med 10 kamsøm 40/40	Varmforzinket hulbånd 60 × 2 mm, fastgjort til stolpe med 17 kamsøm 40/40
Skrue 4,0 × 40 pr. 150 mm (c = 150 mm)	Skrue 4,0 × 40 pr. 85 mm (c = 85 mm)
Et lag 12 mm spånplade på hver side. Søm 2,5 × 55 pr. 150 mm eller skrue 4,0 × 40 pr. 180 mm langs alle kanter	Et lag 12 mm konstruktionskrydsfiner på hver side. Søm 2,8 × 65 pr. 150 mm eller skrue 4,0 × 40 pr. 150 mm langs alle kanter
<i>Stålskelet med 2 eller lag gipsplade</i>	
4,0 kN/m	
1,5 mm	
12 mm ekspansionsbolt pr. 1200 mm, eller Skudsøm pr. 600 mm Skudsøm pr. 400 mm	
Varmforzinket hulbånd 40 × 2 mm, fastgjort til stolpe med 13 skruer 5,0 mm	
Skrue 4,0 × 40 pr. 150 mm (c = 150 mm)	
Enten: Et lag 13 mm gipsplade på hver side. Gipspladeskrue pr. 120 mm langs alle kanter	Eller: To lag 13 mm gipsplade på hver side. Både første og andet pladelag monteres med gipspladeskrue pr. 200 mm langs alle kanter

efter leverandørens anvisninger. Især ved sammenlimning af porebetonelementer skal leverandørens anvisninger følges nøje. Endvidere bør vægge af porebeton og letklinkerbeton af hensyn til risiko for lodrette revner ikke være længere end to gange højden, dvs. ca. 5 m. Hvis en væg er længere, bør den opdeles med en dilatationsfuge.

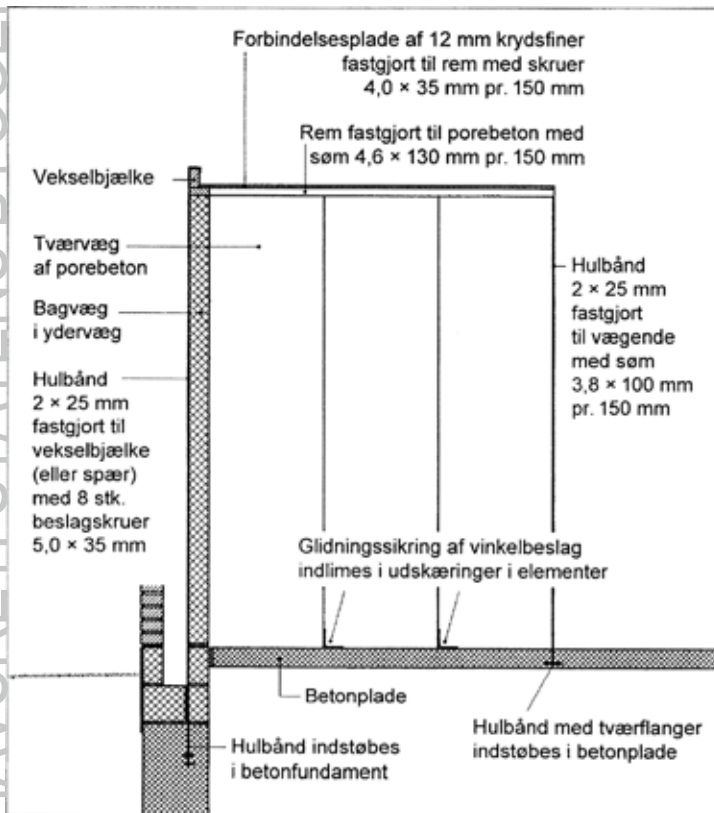
En afstivende væg af porebeton eller letklinkerbeton skal som regel forsynes med en mekanisk glidningssikring, da friktion og kohæsion sjældent er tilstrækkelig. Tabel 23 angiver, hvad den mekaniske glidningssikring alene skal kunne optage, idet friktion og mekanisk glidningssikring kan supplere hinanden.

En porebetonvæg er opbygget af 600 mm

brede elementer; her kan en effektiv mekanisk glidningssikring etableres ved at indsatte vinkelbeslag i nogle af limfugerne, se figur 130. Vinkelbeslagene fastgøres til væggen underlag med søm eller dybler/ skruer. Nærmere oplysninger om udførelse og bæreevne må indhentes hos leverandøren.

Ved en helvæg af letklinkerbeton etableres glidningssikringen ofte ved væggenes ender, og ofte i sammenhæng med den lodrette forankring. Nærmere oplysninger om udførelse og bæreevne må indhentes hos leverandøren.

Beskrivelserne bl.a. i figur 124 og i tabel 23 er baseret på, at bagvægge og indervægge afsluttes i samme niveau, og at der derfor oplægges en rem på såvel indervægge som



Figur 130. Afstivende porebetonvæg med forankring og glidningssikring. For en helvæg af letklinkerbeton kan den lodrette forankring og remmens fastgørelse udføres på samme måde. Er væggen ikke funderet, skal det sikres, at dækket kan optage forankrings-kraften og koncentrerede trykkræfter ved væggenderne.

bagvægge. Remmen fastgøres til væggen og forbindelsespladen fastgøres til remmen som angivet i tabel 23.

Hvis indervæggenes overside er i niveau med oversiden af remmen på bagvæggen, kan forbindelsespladen fastgøres direkte i væggen på samme måde som beskrevet for remmen i tabel 23.

Skeletvægge

Afstivende skeletvægge kan udføres med skelet af træ eller stålprofiler beklædt med plader. Det forudsættes, at pladerne fastgøres langs alle kanter med den angivne søm/skrueafstand, og at der etableres de nødvendige mellemunderstøtninger, afhængig af pladeformaterne. Langs mellemunderstøtninger af pladen kan søm/skrueafstanden fordobles i forhold til den angivne afstand.

Tabel 23 angiver, hvorledes væggen skal forankres lodret og vandret (mod glidning), og hvorledes forbindelsespladen skal fastgøres til toprem eller -skinne.

Dimensionering af afstivende vægge og loftskive

Dimensioneringen af afstivende vægge og loftskive skal ske både for vind på tværs og for vind på langs. For vindlast på tværs af huset kan dimensioneringen gennemføres efter følgende fremgangsmåde:

- Bestem den vandrette last på loftskiven ved vind på tværs.
- Udvælg de tværafstivende vægge.
- Fordel loftskivens vandrette last på de tværafstivende vægge.
- Vælg tværafstivende vægge, fx på grundlag af de bæreevner, der er angivet i tabel 23.
- Bestem de kræfter, loftskiven skal dimensioneres for.
- Vælg loftskive, fx på grundlag af de bæreevner, der er angivet i tabel 22.

Dimensionering for vind på langs gennemføres på samme måde.

Vindlast på loftskiven

De resulterende vandrette vindlaste på tag og ydervægge ved vind på tværs er angivet i tabel 24 og ved vind på langs i tabel 25.

Ved vind på tværs skal loftskiven optage og fordele hele den vandrette vindlast på taget samt en del af vindlasten på facaderne. For skeletvægge med lodrette stolper er det halvdelen af lasten på facaderne, mens det vil være mindre for vægge, der også understøttes langs lodrette kanter, fx kombinationsvægge. Den projekterende må derfor vurdere, hvor stor en del af vindlasten på ydervæggene, der optages via henholdsvis loftskive, tværvægge og fundament.

Ved vind på langs vil cirka halvdelen af den vandrette vindlast på taget blive ført direkte til facaderne via tagfladen, mens resten skal optages af loftskiven sammen med en del af vindlasten på gavlene.

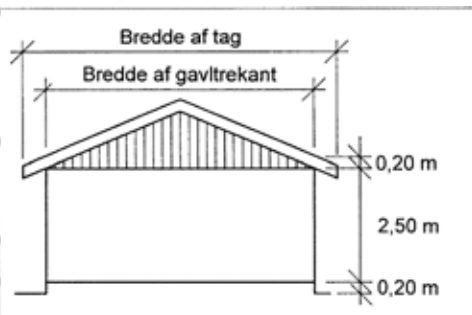
Suget på en gavl og en gavltrekanter ved vind på tværs er kun lidt mindre end resultant af vindlasterne på begge gavle og gavltrekanter ved vind på langs. Lasterne i tabel 25 kan derfor også bruges ved bestemmelse af træk i længderetningen i tagfladerne, loftskiven og i deres forbindelser til gavle og gavltrekanter ved vind på tværs.

I rækkehuse, hvor der af lydmæssige grunde ikke er konstruktiv forbindelse mellem boligerne, kan dette træk ikke udlignes af et tilsvarende træk i den modsatte gavl. Her må hele trækraften optages af de afstivende længdevægge i enderækkehusene.

Udvælgelse af afstivende vægge

Nogle retningslinier for udvælgelse af de afstivende vægge er givet i figur 132. For at kunne regnes for afstivende bør et vægstykke være mindst 1,2 m langt ved fuld væghøjde. Kortere vægstykker, der understøttes af fx brystningsmure under vinduer, kan dog også regnes afstivende.

Forskydningsbæreevnen af flere afstivende vægge i samme plan kan findes som sum-



Figur 131. Tværsnit i hus som forudsat i tabel 24 og 25. Bredden af gavltrekanter er for nogle tagtyper lig med bredden af taget.

men af deres bæreevner, forudsat at deres stivheder er nogenlunde ens. Dette sikres fx ved at vælge vægge af samme type.

En væg med et dørhul betragtes som to vægge i samme plan, der hver især skal være mindst 1,2 m lange. To vægge, der står næsten i samme plan, kan betragtes som stående i samme plan; afstanden mellem deres planer skal dog være mindre end ca. 1,5 m.

Fordeling af vandret last

Det antages at lasten i loftskiven fra et felt mellem to afstivende vægge fordeles ligeligt mellem disse. En afstivende indervæg vil

Tabel 24. Vind på tværs af huset. Regningsmæssig vandret last i husets tværretning på tag og facader. Lasten er angivet pr løbende m af tagets henholdsvis facadernes længde. Hele lasten på taget og en del af lasten på facaderne videreføres til loftskiven. Det er forudsat, at husets tværsnit er som vist på figur 131.

Terræn- klasse	Tag- vinkel	Bredde af tag							
		7,0 m		8,0 in		9,0 m		10,0 m	
		Tag kN/m	Facader kN/m	Tag kN/m	Facader kN/m	Tag kN/m	Facader kN/m	Tag kN/m	Facader kN/m
By	20°	0,0	1,3	0,0	1,4	0,0	1,4	0,0	1,4
	25°	0,4	1,4	0,5	1,4	0,6	1,5	0,6	1,5
	30°	0,6	1,4	0,7	1,5	0,8	1,5	0,9	1,6
	35°	0,9	1,5	1,0	1,5	1,2	1,6	1,4	1,6
	40°	1,2	1,5	1,4	1,6	1,7	1,7	1,9	1,7
	45°	1,7	1,6	2,1	1,7	2,4	1,7	2,7	1,8
Land	20°	0,0	2,1	0,0	2,2	0,0	2,2	0,0	2,2
	25°	0,6	2,2	0,8	2,2	0,9	2,3	1,0	2,3
	30°	0,9	2,2	1,1	2,3	1,3	2,3	1,4	2,4
	35°	1,3	2,3	1,6	2,3	1,8	2,4	2,0	2,4
	40°	1,9	2,4	2,2	2,4	2,5	2,5	2,8	2,5
	45°	2,6	2,4	3,0	2,5	3,5	2,5	4,0	2,6
Hede	20°	0,0	2,8	0,0	2,8	0,0	2,9	0,0	2,9
	25°	0,8	2,9	1,0	2,9	1,1	2,9	1,3	3,0
	30°	1,2	2,9	1,4	3,0	1,6	3,0	1,8	3,0
	35°	1,7	3,0	2,0	3,0	2,3	3,1	2,6	3,1
	40°	2,4	3,0	2,8	3,1	3,2	3,1	3,6	3,2
	45°	3,3	3,1	3,9	3,2	4,5	3,2	5,0	3,3

modtage last fra to felter, mens en afstivende ydervæg vil modtage last fra et felt samt fra tagudhænget. Facaderne skal desuden optage den del af lasten på taget ved vind på langs, der føres ned via tagfladerne.

En afstivende væg, der støtter en ydervæg, skal desuden optage en del af lasten på ydervæggen (F_k på figur 129).

Dimensionering af afstivende vægge

I tabel 23 er givet forskydningsbæreevnen pr. m for nogle afstivende vægtyper. Der må vælges en væg, hvis bæreevne pr. m multipliceret med væglængden er større end lasten på væggen.

For ydervægge regnes kun bagvæggen afstivende.

Ikke-afstivende vægge

For vægge, der ikke er dimensioneret og fastholdt for forskydningslast, skal det sikres at de ikke påvirkes af en sådan last. Loftskiven skal dog fortsætte hen over sådanne vægge, dvs. forbindelsespladen skal anbringes som vist på figur 125 eller 126, men kun fastgøres sparsomt i væggen.

Selv om de ikke er fastgjort til loftskiven, vil ikke-afstivende indvendige vægge, der støder op til ydervæggen, blive påvirket af forskydningslast. Det skyldes, at loftskiven

Tabel 25. Vind på langs f huset. Regningsmæssig vandret last i husets længderetning på tag og gavle. Lasten er angivet pr løbende m f gavltrekanter henholdsvis gavlens bredde. Cirka halvdelen flasten på taget overføres direkte til facaderemmen, mens resten f lasten på taget og en del f lasten på gavlene overføres til loftskiven. Det er forudsat, at husets tværsnit er som vist på figur 131.

Terræn- klasse	Tag- vinkel	Bredde af gavltrekanter							
		6,0 m		7,0 m		8,0 m		9,0 m	
		Tag kN/m	Gavle kN/m	Tag kN/m	Gavle kN/m	Tag kN/m	Gavle kN/m	Tag kN/m	Gavle kN/m
By	20°	0,5	1,3	0,5	1,4	0,6	1,4	0,7	1,4
	25°	0,6	1,4	0,7	1,4	0,7	1,5	0,8	1,5
	30°	0,7	1,4	0,8	1,5	0,9	1,5	1,0	1,6
	35°	0,8	1,5	1,0	1,5	1,1	1,6	1,3	1,6
	40°	1,0	1,5	1,2	1,6	1,4	1,7	1,5	1,7
	45°	1,2	1,6	1,4	1,7	1,6	1,7	1,9	1,8
Land	20°	0,7	2,1	0,8	2,2	0,9	2,2	1,0	2,2
	25°	0,9	2,2	1,0	2,2	1,1	2,3	1,3	2,3
	30°	1,1	2,2	1,2	2,3	1,4	2,3	1,5	2,4
	35°	1,3	2,3	1,5	2,3	1,7	2,4	1,9	2,4
	40°	1,5	2,4	1,8	2,4	2,0	2,5	2,3	2,5
	45°	1,8	2,4	2,1	2,5	2,4	2,5	2,7	2,6
Hede	20°	1,0	2,8	1,1	2,8	1,2	2,9	1,3	2,9
	25°	1,2	2,9	1,3	2,9	1,5	2,9	1,6	3,0
	30°	1,4	2,9	1,6	3,0	1,8	3,0	2,0	3,0
	35°	1,7	3,0	1,9	3,0	2,2	3,1	2,4	3,1
	40°	2,0	3,0	2,3	3,1	2,6	3,1	2,9	3,2
	45°	2,3	3,1	2,7	3,2	3,1	3,2	3,4	3,3

er forbundet til ydervæggen, der igen er forbundet til indervæggen. Lastoverførslen vil dog være beskeden, hvis forskydningsstivheden af de ikke-afstivende vægge er lille i forhold til de afstivende vægges, samtidig med at den ikke er større end loftskivens.

Yderligere vil ikke-afstivende vægge ofte være påvirket af last fra ydervægsfelterne, der overføres direkte som kantlast (F_k på figur 129). Dette gælder fx, når ydervæggen er udført som kombinationsvæg.

Det kan derfor være nødvendigt at dimensionere alle indvendige vægge som afstivende for at undgå revner og skadelige deformationer.

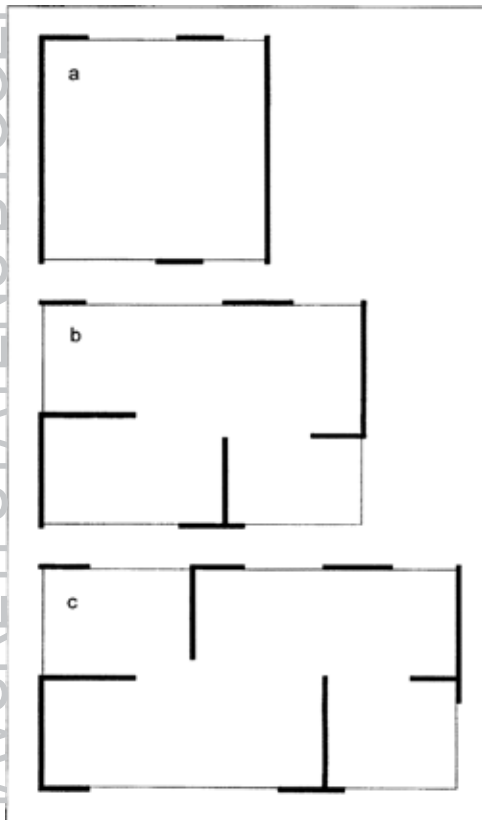
Dimensionering af loftskive

Den største og dermed dimensionsgivende forskydningslast pr. m i loftskiven vil optræde langs en af de afstivende vægge.

Forskydningslasten langs den ene side af en afstivende væg er den last, væggen modtager fra det tilgrænsende felt. Forskydningslasten pr. m findes ved at dividere med væglængden.

Den største forskydningslast pr. m i hele loftskiven findes altså, hvor den halve feltbredde divideret med væglængden er størst.

Herefter vælges i tabel 22 en loftskive med tilstrækkelig styrke.



a) I mindre huse er det ofte tilstrækkeligt at anvende de ubrudte dele af ydervæggene som afstivende vægge. Det gælder især rækkehuse, hvor de boligadskillende vægge er ubrudte og vindlasten på langs er lille, undtagen i endehusene.

b) I fritliggende huse vil det normalt være hensigtsmæssigt også at anvende nogle af de indvendige vægge som afstivende. Det er ofte fordelagtigt at vælge vægge nær midten af huset, både i længde- og tværretningen.

c) I lange huse kan det eventuelt vælges at benytte tværgående vægge som afstivende. Der bør vælges vægge nær tredjedelspunkterne.

Figur 132. Udvælgelse af afstivende vægge. De vægstykker, der er udvalgt som afstivende vægge, er markeret med kraftig streg. Det bør kontrolleres, at de ikke-afstivende vægge ikke skades ved den forudsatte lastfordeling.

Bilag E. Varmebehov (se tillæg 1)

I det følgende beskrives en metode, der kan anvendes til eftervisning af, at det samlede varmebehov til rumopvarmning og ventilation overholder energirammen.

I beskrivelsen er kun medtaget de dele af metoden, som er nødvendige for at kunne beregne varmebehovet i enfamiliehuse uden fx glastilbygninger, mekanisk ventilation eller udsugning. Vedrørende beregning af varmebehovet i mere komplicerede bygninger henvises der til SBI-anvisning 184: *Bygningers energibehov*.

Metoden er baseret på månedsvis beregning af varmetab og udnytteligt varmetilskud. Ved beregningen anvendes måneds-middelværdier for udetemperatur og solstråling, og der tages hensyn til varmetilskud fra solindfald, personer, belysning og apparatur samt husets varmeakkumulerende egenskaber.

Beregningen gennemføres kun for den del af året, hvor der kan være behov for opvarmning, det vil sige perioden fra og med september til og med maj (opvarmningssæsonen).

Beregningen gennemføres ved at udfylde et hovedskema med de væsentligste bygningsdata og resultater, samt et antal hjælpeskemaer med beregninger. Skemaerne er gengivet på siderne 128, 133 og 134 og kan frit kopieres.

I stedet for at udfylde skemaerne manuelt kan beregningerne gennemføres ved hjælp af pc-programmet *Bygningers Varmebehov 95*.

Programmet er opbygget, så det ligner den manuelle udfyldelse af skemaerne. Programmet afvikles under Microsoft Windows.

I de følgende afsnit beskrives beregningsmetoden skema for skema. Beskrivelsen føl-

ger skemaernes opbygning. Til sidst er der et eksempel på beregning af varmebehovet i enfamiliehuset vist i figur 87 på side 75.

Bygningers varmebehov, hovedskema

Hovedskemaet på side 128 bruges til at angive de væsentligste bygningsdata og beregningsresultater, at opstille den samlede varmebalance for huset og at sammenligne varmebehovet med energirammen.

Hovedskemaet og hvert af hjælpeskemaerne har det samme hoved med plads til identifikation af bygningen, dato for udfyldelse og beregnerens navn eller initialer.

Bygningsdata

I hovedskemaet er der på forhånd afkrydset ud for enfamiliehuse. Dette gælder uanset om en del af huset anvendes til erhverv, som sædvanligvis kan udøves i forbindelse med en bolig, fx liberale erhverv, frisør, ejendomshandler, advokat, revisor og arkitekt samt dagpleje.

Ved beregning af varmebehovet forudsættes en rumtemperatur θ_i på 20 °C i alle opvarmede rum.

Husets opvarmede etageareal A_e , det opvarmede bebyggede areal A_{byg} og antallet af etager e beregnes som tidligere beskrevet, se siderne 71 og 76. Ved beregning af det opvarmede etageareal skal der tages hensyn til eventuelle beslutninger om beregningsmæssigt at lade uopvarmede eller delvis opvarmede rum indgå.

Enfamiliehuse antages at være i brug hele døgnet, således at brugstiden bliver 168 timer/uge.

Hovedskema. Bygningers varmebehov

Firma:							
Bygning:		Dato:		Init.:			
Bygningsdata		Opvarmet etageareal	Opvarmet bebygget areal	Antal etager			
☒ Enfamiliehus ☐ Anden bolig ☐ Anden bygning		A_e m ²	A_{byg} m ²	$e = A_e/A_{byg}$ -			
Rumtemperatur $\theta_r = 20$ °C				Normal brugstid T_b timer/uge 168			
Ventilation		Ventilation i brugstiden	Ventilation ubenyttet	Beregningsmæssig vent.			
For bygninger med naturlig ventilation beregnes ventilationen her. For bygninger med mekanisk ventilation eller udsugning henvises til SBI-anvisning 184: Bygningers energibehov.		q_{v0} l/s m ²	q_{vu} l/s m ²	$q_v^{(1)}$ m ³ /s			
		0,3	—				
Varmetab				Varmetab H W/K			
Ydervægge, tage og gulve mod det fri, jord eller uopvarmede rum (fra hjælpeskema 1)				$H_T =$			
Vinduer og yderdøre mod det fri eller uopvarmede rum (fra hjælpeskema 2)				$H_V =$			
Ventilation (fra forrige skemaafsnit)				$H_V =$			
				I alt			
Tidskonstant				Varmekapacitet c Wh/K m ²			
				Tidskonstant $\tau = A_e \cdot c/H$ timer			
Internt varmetilskud				Tilskud, brugstid Φ_s W/m ²			
				Tilskud, middel $\Phi_i^{(2)}$ W			
Varmebehov	Varmetab	Solindfald	Internt tilskud	Samlet tilskud	Relativt tilskud	Udnytt.-faktor	Varmebehov, rum og vent.
	$Q_T^{(3)}$	$Q_S^{(4)}$	$Q_i^{(5)}$	$Q_g = Q_s + Q_i$	$\gamma = Q_g/Q_T$	$\eta^{(6)}$	$Q_h = Q_T - \eta \cdot Q_g$
	MJ/måned	MJ/måned	MJ/måned	MJ/måned	-	-	MJ/måned
September							
Oktober							
November							
December							
Januar							
Februar							
Marts							
April							
Maj							
I alt			Q_h		MJ/år		
Pr. m ² opvarmet etageareal			$q_h = Q_h/A_e$		$\text{MJ/m}^2 \text{ år}$		
Energiramme							Energiramme
							q_r MJ/m ² år
Energiramme uden tillæg							
Tillæg vedrørende mekanisk ventilation og udsugning							—
Resultierende energiramme							

⁽¹⁾ $q_v = 0,001 \cdot A_e \cdot q_{v0}$ ⁽²⁾ $\Phi_i = A_e \cdot \Phi_{di}$
 $1,0864 \cdot D \cdot H \cdot (\theta_r - \theta_{ju})$, hvor D og θ_{ju} fås fra tabel 27⁽⁴⁾ Q_s Overføres fra hjælpeskema 3⁽⁵⁾ $Q_i = 0,0864 \cdot D \cdot \Phi_i$ ⁽⁶⁾ η Aflæses i figur 133

Ventilation

Ventilationsvarmetabet for enfamiliehuse med naturlig ventilation beregnes direkte i hovedskemaet. Den beregningsmæssige ventilation i huse med mekanisk ventilation eller udsugning bestemmes som beskrevet i *Bygningers energibehov*.

I enfamiliehuse med naturlig ventilation regnes ventilationen altid at være mindst 0,3 l/s pr. m² opvarmet etageareal. Boliger regnes for naturligt ventilerede, selv om der er små udsugningsventilatorer i bade- og wcrum og emhætte i køkken.

Den beregningsmæssige ventilation i naturligt ventilerede enfamiliehuse bestemmes som

$$q_v = 0,001 \cdot A_e \cdot q_{vb}$$

hvor q_v er den beregningsmæssige ventilation i m³/s

A_e er det opvarmede etageareal i m²

q_{vb} er ventilationen i brugstiden i l/s pr. m²

Faktoren 0,001 angiver omsætning fra liter til m³ og har enheden m³/l.

Det specifikke varmetab ved ventilation er varmetabet ved en temperaturforskel på 1 kelvin mellem ude- og indetemperatur. Det beregnes som

$$H_v = 1210 \cdot q_v$$

hvor H_v er det specifikke ventilationstab i W/K

q_v er den beregningsmæssige ventilation i m³/s

Faktoren 1210 er varmekapaciteten for luft ved 20 °C og har enheden J/m³ K.

Varmetab

Det specifikke varmetab H er summen af transmissionstabene H_T og ventilationstab H_v .

Det specifikke varmetab ved transmission gennem ydervægge, tage og gulve mod

det fri, jord eller uopvarmede rum (herunder gulve over uopvarmede kældre og krybekældre), beregnes i hjælpeskema 1, se side 133, og overføres til hovedskemaet. På tilsvarende vis beregnes det specifikke varmetab ved transmission gennem vinduer og yderdøre samt ovenlys og glasvægge i hjælpeskema 2, se side 133.

Det ovenfor beregnede specifikke varmetab ved ventilation overføres.

Tidskonstant

En bygningens tidskonstant beregnes som

$$\tau = A_e \cdot \frac{c}{H}$$

hvor τ er tidskonstanten i timer

A_e er det opvarmede etageareal i m²

c er den aktive varmekapacitet i Wh/K pr. m²

H er det specifikke varmetab i W/K.

Den aktive varmekapacitet er varmeakkumuleringsniveauet svarende til den varme, der bliver oplagret og afgivet ved en døgnsvingning. Det er især de indvendige konstruktioner i vægge, loft og gulv, som har betydning for husets varmekapacitet, mens vinduer, døre og inventar har mindre betydning. Typiske værdier for den aktive varmekapacitet i huse med forskellige indvendige konstruktioner er angivet i tabel 26 på næste side.

Internt varmetilskud

Det gennemsnitlige interne varmetilskud Φ_i fra personer, belysning og etudstyr sættes til 5 W pr. m² opvarmet etageareal i middel for hele den opvarmede del af huset og hele døgnnet i opvarmningssæsonen. Varmetilskuddet indeholder kun den del af elforbruget, som eventuelt kan nyttiggøres. Derudover vil der ofte være et elforbrug, som ikke kan bidrage til det interne varmetilskud, fx til udendørs belysning, olie- eller gasbrændere, pumper eller ventilatorer.

Tabel 26. Bygningers aktive varmekapacitet.

Beskrivelse	Indvendige konstruktioner	Aktiv varmekapacitet c Wh/K pr. m ²
Ekstra let	Lette vægge, gulve og lofter, fx skelet med plader eller brædder, helt uden tunge dele	40
Middel let	Enkelte tungere dele, fx letbetondæk, betondæk med trægulv eller letbetonvægge	80
Middel tung	Flere tunge dele, fx betondæk med klinker og tegl- eller letklinkerbetonvægge	120
Ekstra tung	Tunge vægge, gulve og lofter i beton, tegl og klinker	160

Tabel 27. Antal dage i måneden, udeluftens månedsmiddeltemperatur for 15-års perioden 1959-73 og forskel til 20 °C rumtemperatur.

Måned	Dage pr. Måned D dage/md.	Udetemperatur θ_u °C	Temperatur forskel (20 °C - θ_u) °C
September	30	12,9	7,1
Oktober	31	8,9	11,1
November	30	4,5	15,5
December	31	0,8	19,2
Januar	31	-1,0	21,0
Februar	28	-0,5	20,5
Marts	31	1,9	18,1
April	30	5,9	14,1
Maj	31	10,9	9,1

Det samlede solindfald Q_s for hver af månederne i opvarmningssæsonen overføres fra hjælpeskema 3, se side 134.

Det samlede interne varmetilskud for månederne i opvarmningssæsonen beregnes som

$$Q_i = 0,0864 \cdot D \cdot \Phi_i$$

hvor Q_i er internt varmetilskud i MJ/måned

D er antallet af dage i måneden

Φ_i er gennemsnitligt internt varmetilskud i W.

Det samlede potentielle varmetilskud for månederne i opvarmningssæsonen beregnes som

$$Q_g = Q_s + Q_i$$

hvor Q_g er samlet varmetilskud i MJ/måned

Q_s er solindfaldet i MJ/måned

Q_i er internt varmetilskud i MJ/måned.

Udnyttelsen af varmetilskuddet i opvarmningssæsonen afhænger af husets tidskonstant τ og af det relative varmetilskud γ , der

Varmebehov

Varmebehovet beregnes måned for måned i opvarmningssæsonen september til maj.

Det summerede samlede varmetab fra huset ved transmission og ventilation beregnes som

$$Q_l = 0,0864 \cdot D \cdot H \cdot (\theta_i - \theta_u)$$

hvor Q_l er varmetabet i MJ/måned

D er antallet af dage i måneden

H er det specifikke varmetab i W/K

θ_i er rumtemperaturen i °C

θ_u er udeluftens månedsmiddeltemperatur i °C.

Faktoren 0,0864, som er antallet af sekunder på et døgn divideret med 1.000.000, for at omsætte fra J til MJ, har enheden 10⁻⁶ sek./døgn.

Antal dage og udeluftens månedsmiddeltemperatur i opvarmningssæsonen er angivet i tabel 27.

er forholdet mellem det samlede varmetilskud og varmetabet. Udnyttelsesfaktoren for varmetilskuddet η angiver, hvor stor en del af det potentielle varmetilskud som nyttiggøres. Resten af varmetilskuddet fjernes ved brug af solafskærmning og gardiner samt ved ekstra ventilation.

Udnyttelsesfaktoren η for huse med forskellige tidskonstanter τ som funktion af det relative varmetilskud γ er optegnet i figur 133. Varmebehovet til rumopvarmning og ventilation for hver af månederne i opvarmningssæsonen beregnes som

$$q_h = Q_h - \eta \cdot Q_g$$

hvor Q_h er varmebehovet i MJ/måned
 Q_l er varmetabet i MJ/måned
 η er udnyttelsesfaktoren
 Q_g er varmetilskuddet i MJ/måned.

Det samlede varmebehov til rumopvarmning og ventilation beregnes som summen af varmebehovene i månederne september til maj.

Det specifikke varmebehov til rumopvarmning og ventilation, der er varmebehovet pr. m^2 opvarmet etageareal, beregnes som

$$q_h = \frac{Q_h}{A_e}$$

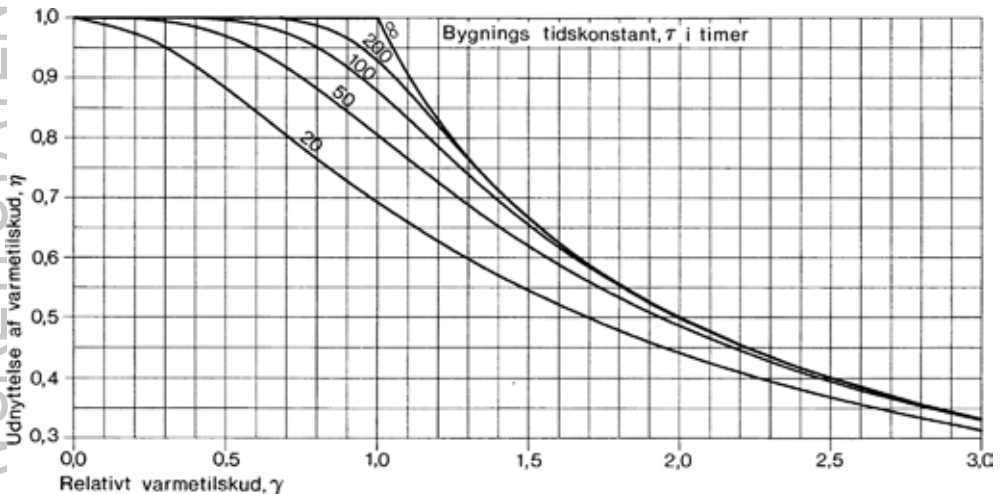
hvor q_h er det specifikke varmebehov i MJ/ m^2 pr. år

Q_h er samlet varmebehov i MJ/år
 A_e er opvarmet etageareal i m^2 .

Energigramme

Energigrammen for enfamiliehuse med naturlig ventilation beregnes som beskrevet side 75 og 76. I sådanne huse er der ingen tillæg til energigrammen. Vedrørende tillæg til energigrammen i boliger med mekanisk udsugning, se *Bygningers energibehov*.

Småhusreglementets krav til varmeisoleering er opfyldt, hvis det specifikke varmebehov til rumopvarmning og ventilation er mindre end eller lig med energigrammen.



Figur 133. Sammenhæng mellem udnyttelsesfaktor η , husets tidskonstant τ og relativt varmetilskud γ .

Hjælpekema 1. Ydervægge, tage og gulve (se tillæg 1)

Hjælpekema 1, side 133, bruges til at beregne det specifikke transmissionstab gennem ydervægge, tage og gulve mod det fri, mod jord eller mod uopvarmede rum. Bygningsdelene identificeres entydigt ved opdeling i fx ydervægge, kælderydervægge, tag, terrændæk, lofter og gulve.

For ydervægge, tage og gulve beregnes det specifikke transmissionstab som

$$H_T = A_T \cdot U \cdot (I - b)$$

hvor H_T er det specifikke transmissionsstab i W/K

A_T er transmissionsarealet i m²

U er transmissionskoefficienten i W/m² K

b er temperaturfaktoren for bygningsdelen.

Transmissionsarealet beregnes som beskrevet på side 73. Transmissionskoefficienten bestemmes som beskrevet i DS 418: *Bygningers varmetab* eller ved fx at benytte *Uværdier '95*.

Temperaturfaktoren tager hensyn til, at der på den udvendige side af en bygningsdel er en anden temperatur end udelufttemperatur. Temperaturfaktoren er derfor nul for bygningsdele, som vender mod udeluft. For terrændæk og for opvarmede kældres gulve og vægge mod jord er temperaturfaktoren $b = 0,2$. For bygningsdele vendende mod uopvarmede rum kan temperaturfaktoren bestemmes ved at opstille varmebalancen for det uopvarmede rum, se *Bygningers energibehov*. For gulve over uopvarmede kældre og over krybekældre kan temperaturfaktoren sættes til $b = 0,2$ eller beregnes som for andre uopvarmede rum.

Det bør bemærkes, at der i DS 418: *Bygningers varmetab* gives et tillæg på 15 pct. til transmissionstabt gennem tage på grund af udstrålingen til himmelrummet i klart vejr.

Da der her er tale om beregning af varmetab og ikke om dimensionerende varmetab, indregnes dette tillæg ikke.

Hjælpekema 2. Vinduer og yderdøre

Hjælpekema 2 på side 133 bruges til at beregne transmissionstabt gennem vinduer og yderdøre.

Vinduer og yderdøre identificeres med et nummer og en tekst. Nummeret går igen på det efterfølgende hjælpekema 3.

Vinduernes og yderdørenes retning i forhold til verdenshjørnerne og hældning i forhold til vandret angives, blandt andet af hensyn til den senere beregning af solindfaldet. Retningen angives som kompasorientering, fx nord (N), syd (S), øst (Ø), vest (V) og mellemorientering, fx SV. Et lodret vindue har hældningen 90°, et vandret vindue har hældningen 0°. Et skråvindue i et tag kan fx have hældningen 45°.

Transmissionsarealet af vinduer og yderdøre beregnes af hulmålene, se side 71. Det specifikke transmissionstab gennem vinduer og yderdøre beregnes som for ydervægge, tage og gulve.

Hjælpekema 3. Solindfald

Hjælpekema 3 på side 134 bruges til at beregne solindfaldet gennem vinduer og yderdøre. Vinduer og yderdøre er identificeret med det i hjælpekema 2 angivne nummer.

Solindfaldet gennem vinduer og yderdøre beregnes ud fra solindfaldet gennem en fritsiddende, uafskærmet referencerude med to lag klart glas, fri horisont og samme orientering som de aktuelle vinduer og yderdøre. Solindfaldet gennem de aktuelle vinduer og yderdøre er normalt en del mindre end gennem referenceruden. Solindfaldet gennem en referencerude med forskellig orientering er angivet i tabel 28. For vinduer og yderdøre med andre orienteringer eller hældninger kan der interpoleres i tabellen.

Hjælpekema 3. Solindfald

Bygning:					Dato:					Init.:				
Reduktionsfaktorer					Solindfald									
Skyg-ge	Areal	Glas	Resulte-rende		Sept.	Okt.	Nov.	Dec.	Januar	Februar	Marts	April	Maj	
$F_s^{(1)}$	F_a	F_g	$F^{(2)}$		$Q_s^{(3)}$	MJ/måned								
Nr.														
1														
2														
3														
4														
5														
6														
7														
8														
9														
10														
11														
12														
13														
14														
15														
16														
I alt														

(1) F_s fås fra tabel 29 og 30

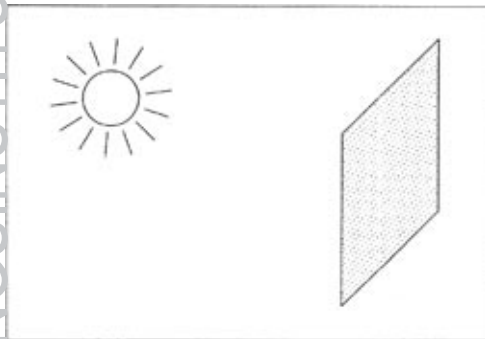
SBI-anvisning 189: Småhuse. Statens Byggeforskningsinstitut 1996

(2) $F = F_s \cdot F_a \cdot F_g$

(3) $Q_s = A_T \cdot F \cdot I_s$, hvor I_s fås fra tabel 28

Tabel 28. Solindfald gennem referencerude, I_s i MJ/m² pr. måned.

Måned	Lodret rude (90°) mod:					Skrå rude (45°) mod:					Vandret rude
	N	NØ	Ø	SØ	S	N	NØ	Ø	SØ	S	
		NV	V	SV			NV	V	SV		
Sept.	75	95	155	220	245	100	135	210	275	300	215
Okt.	40	45	85	145	185	55	60	110	165	195	105
Nov.	20	20	30	80	110	25	25	40	80	100	35
Dec.	10	10	20	60	90	15	15	25	60	75	20
Jan.	15	15	30	70	105	20	20	30	70	90	30
Feb.	30	30	60	110	145	35	40	70	80	145	65
Marts	60	70	125	195	225	75	95	165	235	260	165
April	90	125	195	240	235	120	180	265	320	340	275
Maj	135	185	260	275	250	200	275	365	410	420	395



Figur 134. Ved beregning af solindfaldet tages der udgangspunkt i en referencerude med to lag klart glas.

Solindfaldet gennem vinduer og yderdøre samt glaspartier og ovenlys beregnes som

$$Q_s = A_T \cdot F \cdot I_s$$

hvor Q_s er solindfaldet gennem vinduet i MJ/måned

A_T er transmissionsarealet i m²

F er den resulterende reduktionsfaktor

I_s er solindfald gennem referenceruden i MJ/m² pr. måned.

Reduktionsfaktoren for solindfaldet gennem det aktuelle vindue tager højde for virkningen af skygge, glasareal og glastype. Reduktionsfaktoren beregnes som

$$F = F_s \cdot F_a \cdot F_g$$

hvor F er den resulterende reduktionsfaktor

F_s er skyggefaktoren

F_a er arealfaktoren

F_g er glasfaktoren.

Reduktionsfaktoren kan beregnes fælles for en gruppe vinduer eller yderdøre med samme retning og hældning, hvis skygge-, areal- og glasfaktorerne er ens eller af samme størrelsesorden.

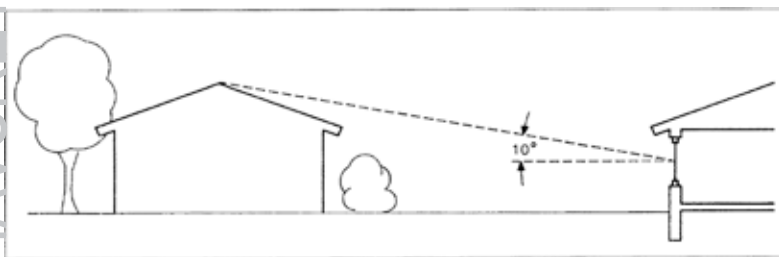
Skyggefaktor

Skyggefaktoren er et udtryk for den reduktion af solstrålingen (direkte sol og diffus himmelstråling), som forårsages af skygge, fx fra omgivende terræn, bebyggelse, beplantning, indbygningsforhold, samt udhæng over og konstruktioner på siden af vinduet eller yderdøren.

I tabel 29 er skyggefaktoren angivet for vinduer og yderdøre indbygget i et normalt murhul og uden skygger fra udhæng eller konstruktioner på siden af vinduet eller døren, i afhængighed af højdevinklen til omgivende terræn, bebyggelse og beplantning, se figur 135. Værdierne forudsætter, at der ikke

Tabel 29. Skyggefaktor F_s for vinduer og yderdøre, indbygget normalt i ydervæg og uden udhæng eller andre skyggende konstruktioner.

Omgivelser	NV - NØ	Ø, S og V
Fri horisont.....	0,9	0,9
10° højdevinkel	0,9	0,8
30° højdevinkel	0,8	0,5



Figur 135. Højdevinkel til omgivende terræn, bebyggelse og beplantning måles fra midte af rude til overkant af skygge-giver.

er væsentlige hindringer i vinduet, fx faste gardiner og planter.

I tabel 30 angives korrektion til skyggefaktoren ved anden indbygning af vinduet eller yderdøren, samt hvis der er udhæng over eller konstruktioner på siden af vinduet eller døren.

Tabel 30. Korrektion til skyggefaktor på grund af indbygning, udhæng og konstruktioner på siden af vinduer eller yderdøre.

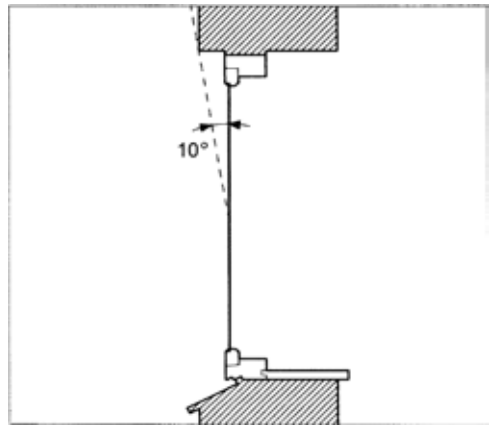
	Korrektion til skyggefaktor
Indbygning	
Uafskærmet	+0,1
Dybt murhul	-0,1
Udhæng	
Lille udhæng	-0,1
Stort udhæng	-0,2
Konstruktioner på siderne	
Lille skygge	-0,1
Stor skygge	-0,2

Ved normal indbygning forstås, at ydervæg eller karmkonstruktion springer ca. 10° frem foran rudens plan målt midt på ruden, se figur 136. Ved dybt murhul forstås, at ydervæg eller karmkonstruktion springer ca. 20° frem.

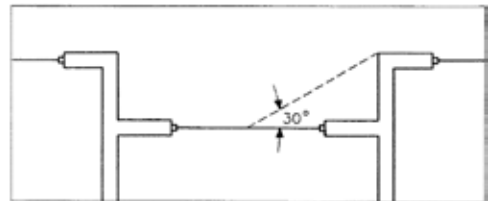
Ved lille udhæng over vindue eller yderdør forstås udhæng, som springer ca. 30° frem foran vinduets plan målt midt på vinduet. Ved stort udhæng forstås udhæng, som springer ca. 50° frem.

Ved lille skygge fra konstruktioner på siderne forstås, at der er konstruktioner på begge sider af vinduet eller yderdøren, som springer ca. 30° frem foran vinduets plan målt midt på vinduet, se figur 137. Ved stor skygge forstås, at konstruktionerne springer ca. 50° frem på begge sider af vinduet eller yderdøren.

Hvis der er skygge på den ene side, og vinduet eller yderdøren enten er nord- eller



Figur 136. Vinkel til fremspring måles fra midte f rude til forkant af fremspring.

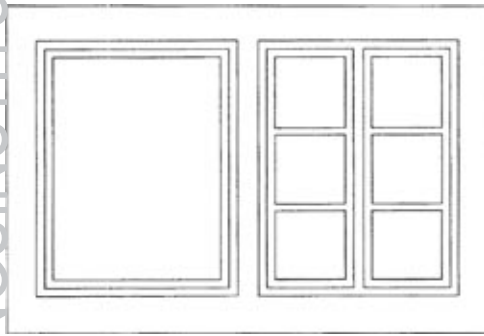


Figur 137. Vinkel til konstruktion på siderne af et vindue måles fra midte af rude til forkant af konstruktion.

sydvendt, halveres korrektionen til skyggefaktoren. For øst- og vestvendte vinduer og yderdøre med skygge alene mod nord er korrektionen til skyggefaktoren ca. 1/3 af de angivne værdier for skygge på begge sider. Ved skygge alene mod syd er korrektionen til skyggefaktoren ca. 2/3 af de angivne værdier for skygge på begge sider.

Areal faktor

Arealfaktoren er et udtryk for rudens andel af vinduets samlede transmissionsareal. Areal faktoren bør beregnes i hvert enkelt tilfælde og er ofte 0,6-0,8, se figur 138.



Figur 138. Eksempel på vinduer med stor og lille arealfaktor.

Glasfaktor

Glasfaktoren er et udtryk for solvarmetransmissionen gennem den aktuelle rude i forhold til solvarmetransmissionen gennem referenceruden, som er en almindelig dobbeltrude. Solvarmetransmittans og glasfaktor for ruderne bør være bestemt på grundlag af målinger. Glasfaktoren beregnes ved at dividere solvarmetransmittansen for den aktuelle rude med referencerudens solvarmetransmittans, som er 0,75. Solvarmetransmittans og glasfaktor for ofte anvendte rudetyper er angivet i tabel 31.

Tabel 31. Solvarmetransmittans og glasfaktor For forskellige rudetyper. Solvarmetransmittansen er angivet, for solindfald vinkelret på glasset.

Rudetype	Solvarmetransmittans	Glasfaktor Fg
Etlags klar rude	0,85	1,1
Tolags klar rude.....	0,75	1,0
Trelags klar rude	0,65	0,9
Tolags energirude.....	0,6-0,7	0,8-0,9
Trelags energirude.....	0,5-0,6	0,7-0,8
Solafskærmende rude.	0,1-0,5	0,2-0,6

Eksempel: Varmebehov i enfamiliehus

På siderne 138-140 vises udfyldt hovedskema og udfyldte hjælpeskemaer for det enfamiliehus, som blev anvendt i det tidligere eksempel i afsnittet om varmetabsrammen i kapitlet Varveisolering. Vinduesarealerne er øget i forhold til det tidligere eksempel, således at vindues- og yderdørsarealet svarer til 35,9 pct. af det opvarmede etageareal. Enfamiliehuset er vist i figur 87 på side 75 med 22 pct. vindues- og yderdørsareal.

Det samlede varmebehov er beregnet til 237,9 MJ/m² pr. år, hvor energirammen tillader 250,0 MJ/M² pr. år. Der er således mulighed for yderligere at øge vinduesarealet eller at øge U-værdien for nogle af bygningsdele. **(se tillæg 1)**

Hovedskema. Bygningers varmebehov

Firma: SBI							
Bygning: Eksempel: Parcelhus					Dato: 21/10 - 96		Init.: SOA
Bygningsdata		Opvarmet etageareal	Opvarmet bebygget areal	Antal etager	Normal brugstid		
☒ Enfamiliehus ☐ Anden bolig ☐ Anden bygning		A_e m ²	A_{byg} m ²	$e = A_e/A_{byg}$ -	T_b timer/uge		
Rumtemperatur $\theta_r = 20$ °C		121	121	1	168		
Ventilation		Ventilation i brugstiden	Ventilation ubenyttet	Beregningsmæssig vent.	Ventilationsvarmetab		
For bygninger med naturlig ventilation beregnes ventilationen her. For bygninger med mekanisk ventilation eller udsugning henvises til SBI-anvisning 184: Bygningers energibehov.		q_{v0} l/s m ²	q_{vu} l/s m ²	$q_v^{(1)}$ m ³ /s	$H_v = 1210 \cdot q_v$ W/K		
		0,3	—	0,036	43,6		
Varmetab					Varmetab		
					H W/K		
Ydervægge, tage og gulve mod det fri, jord eller uopvarmede rum (fra hjælpeskema 1)					$H_T =$	53,1	
Vinduer og yderdøre mod det fri eller uopvarmede rum (fra hjælpeskema 2)					$H_F =$	69,4	
Ventilation (fra forrige skemaafsnit)					$H_v =$	43,6	
					I alt	166,1	
Tidskonstant					Varme-kapacitet	Tids-konstant	
					c Wh/K m ²	$\tau = A_e \cdot c/H$ timer	
					100	73	
Internt varmetilskud					Tilskud, brugstid	Tilskud, middel	
					Φ_{20} W/m ²	$\Phi_i^{(2)}$ W	
					5	605	
Varmebehov	Varmetab	Solindfald	Internt tilskud	Samlet tilskud	Relativt tilskud	Udnytt.-faktor	Varmebehov, rum og vent.
	$Q_T^{(2)}$	$Q_S^{(4)}$	$Q_i^{(5)}$	$Q_g = Q_S + Q_i$	$\gamma = Q_g/Q_T$	$\eta^{(6)}$	$Q_h = Q_T - \eta \cdot Q_g$
	MJ/måned	MJ/måned	MJ/måned	MJ/måned	-	-	MJ/måned
September	3.060	3.170	1.570	4.740	1,55	0,63	70
Oktober	4.940	2.130	1.620	3.750	0,76	0,94	1.420
November	6.670	1.130	1.570	2.700	0,40	0,99	4.000
December	8.540	860	1.620	2.480	0,29	1,00	6.060
Januar	9.340	1.070	1.620	2.690	0,29	1,00	6.650
Februar	8.240	1.610	1.460	3.070	0,37	0,99	5.200
Marts	8.050	2.790	1.620	4.410	0,55	0,98	3.730
April	6.070	3.430	1.570	5.000	0,82	0,92	1.470
Maj	4.050	4.140	1.620	5.760	1,42	0,67	190
	I alt			Q_h	MJ/år		28.790
	Pr. m ² opvarmet etageareal			$q_h = Q_h/A_e$	MJ/m ² år		237,9
Energiramme							Energiramme
							Q_r MJ/m ² år
Energiramme uden tillæg							250
Tillæg vedrørende mekanisk ventilation og udsugning							—
Resultierende energiramme							250

⁽¹⁾ $q_v = 0,001 \cdot A_e \cdot q_{v0}$ ⁽²⁾ $\Phi_i = A_e \cdot \Phi_{20}$ 0864 · D · H · (θ_r - θ_u), hvor D og θ_u fås fra tabel 27⁽⁴⁾ Q_S Overføres fra hjælpeskema 3⁽⁵⁾ $Q_i = 0,0864 \cdot D \cdot \Phi_i$ ⁽⁶⁾ η Aflæses i figur 133

Hjælpekema 3. Solindfald

Bygning: <i>Eksempel: Parcelhus</i>								Dato: <i>21/10-96</i>			Init.: <i>SOA</i>		
Reduktionsfaktorer					Solindfald								
Skyg-ge	Areal	Glas	Resulte-rende		Sept.	Okt.	Nov.	Dec.	Januar	Februar	Marts	April	Maj
Nr.	$F_s^{(1)}$	F_a	F_g	$F^{(2)}$	$Q_s^{(3)}$	MJ/måned							
1	0,8	0,60	0,70	0,34	180	100	50	20	40	70	150	220	330
2	0,7	0,75	0,70	0,37	60	30	20	10	10	20	50	70	110
3	0,6	0,75	0,70	0,32	110	60	20	10	20	40	90	140	180
4	0,6	0,80	0,85	0,41	400	220	80	50	80	150	320	500	670
5	0,7	0,75	0,85	0,45	70	40	20	10	10	30	60	90	130
6	0,6	0,75	0,85	0,38	200	150	90	80	90	120	190	200	210
7	0,6	0,75	0,85	0,38	200	150	90	80	90	120	190	200	210
8	0,7	0,80	0,85	0,48	1480	1120	670	540	640	880	1360	1420	1510
9	0,7	0,80	0,85	0,48	470	260	90	60	90	180	380	590	790
10													
11													
12													
13													
14													
15													
16													
I alt					3.170	2.130	1.130	860	1.070	1.610	2.790	3.430	4.140

(1) F_s fås fra tabel 29 og 30

SBI-anvisning 189: Småhuse. Statens Byggeforskningsinstitut 1998

(2) $F = F_s \cdot F_a \cdot F_g$ (3) $Q_s = A_T \cdot F \cdot I_s$, hvor I_s fås fra tabel 28Tabel 28. Solindfald gennem referencerude, I_s i MJ/m² pr. måned.

Måned	Lodret rude (90°) mod:					Skrå rude (45°) mod:					Vandret rude
	N	NØ NV	Ø V	SØ SV	S	N	NØ NV	Ø V	SØ SV	S	
Sept.	75	95	155	220	245	100	135	210	275	300	215
Okt.	40	45	85	145	185	55	60	110	165	195	105
Nov.	20	20	30	80	110	25	25	40	80	100	35
Dec.	10	10	20	60	90	15	15	25	60	75	20
Jan.	15	15	30	70	105	20	20	30	70	90	30
Feb.	30	30	60	110	145	35	40	70	80	145	65
Marts	60	70	125	195	225	75	95	165	235	260	165
April	90	125	195	240	235	120	180	265	320	340	275
Maj	135	185	260	275	250	200	275	365	410	420	395

Summary

SBI Direction 189: Single family houses. Insulation, moisture protection, acoustics, fire resistance, ventilation and strength.

This SBI Direction provides guidance, with examples, on designing single family houses to conform with the Building Regulations for Single Family Houses, 1998.

The direction deals with detached, semi-detached and terraced houses with one or two storeys and a basement. The ridge height is limited to 8,5 m.

The details shown in the direction are only examples of how to fulfil the requirements of the Building Regulations. There are many other solutions as well.

The direction deals first with the structural system, paying special attention to design for wind loads.

The basic parts of the house are then discussed, i.e. foundations and drainage, ground floor slab, external and internal walls, party walls and roof structure, including attic living space. It is shown how the ground floor can be constructed as a slab directly on the ground or over a crawl space or a heated basement.

In these sections, specifications are given for the different parts and examples are provided of how the parts can be joined together to meet the requirements concerning insulation, moisture protection, fire resistance, etc.

Documentation of compliance with the requirements concerning heat insulation can be worked out in three different ways. These are described and examples are given of their consequences.

The direction also deals with bathroom construction and provides information on choosing glass with sufficient safety against failure.

Lastly, methods for establishing natural ventilation in houses are described and some requirements are given concerning chimneys.

Litteratur

De kursiverede titler er benyttet som referencer i teksten.

Småhusreglementet: Bygningsreglement for småhuse, 1998. Bolig- og Byministeriet. København, 1998.

Standarder

Sikkerhedsnormen: Norm for sikkerhedsbestemmelser for konstruktioner. I. udg. Dansk Standard DS 409. Dansk Ingeniørforening. København, 1982.

Lastnormen: Norm for last på konstruktioner. 3. udg. Dansk Standard DS 410. Dansk Ingeniørforening. København, 1982.

Betonnormen: Norm for betonkonstruktioner. 3. udg. Dansk Standard DS 411. Dansk Ingeniørforening. København, 1984.

Trænormen: Norm for trækonstruktioner. 4. udg. Dansk Standard DS 413. Dansk Ingeniørforening. København, 1982.

Murværksnormen: Norm for murværkskonstruktioner. 4. udg. Dansk Standard DS 414. Dansk Ingeniørforening. København, 1991.

Funderingsnormen: Norm for fundering. 3. udg. Dansk Standard DS 415. Dansk Ingeniørforening. København, 1984.

Bygningers varmetab: Regler for beregning af bygningers varmetab. 5. udg. Dansk Standard DS 418. Dansk Ingeniørforening. København, 1986.

Letbetonnormen: Norm for letbetonkonstruktioner af letbetonelementer. 2. udg. Dansk Standard DS 420. Dansk Ingeniørforening. København, 1983. Tillæg 1, Beregning af kombinationsvægge. 1993.

Afløbsnormen: Norm for afløbsinstallationer. 2. udg. Dansk Standard DS 432. Dansk Ingeniørforening. København, 1994.

Drænnormen: Norm for dræning af bygværker. 2. udg. Dansk Standard DS 436. Dansk Ingeniørforening. København, 1993.

DS/INSTA 154: Dansk Standard DS/INSTA 154. Bygningsglas. Sikkerhedsruder. Modstandsklasser. Dansk Standardiseringsråd. København, 1987.

SBI-anvisninger

Gulve og vægge i vådrum. Erik Brandt og Christian Woetmann Nielsen. Statens Byggeforskningsinstitut. SBI-anvisning 169. Hørsholm, 1991.

Bygningers lydisolering. Nyere bygninger. Jørgen Kristensen. Statens Byggeforskningsinstitut. SBI-anvisning 172. Hørsholm, 1992.

Facadefuger. Hans Zachariassen et al. Statens Byggeforskningsinstitut. SBI-anvisning 177. Hørsholm, 1993.

Bygningers fugtisolering. Nils Erik Andersen et al. Statens Byggeforskningsinstitut. SBI-anvisning 178. Hørsholm, 1993.

Badeværelser Eksempler på planlægning, projektering og udførelse af badeværelser i nye og gamle boliger. Statens Byggeforskningsinstitut. SBI-anvisning 180. Hørsholm, 1998.

Fundering af mindre bygninger. Jørgen Larsen og C. C. Ballisager. Statens Byggeforskningsinstitut. SBI-anvisning 181. Hørsholm, 1994.

Indeklimahåndbogen. Ole Valbjørn et al. (red). Statens Byggeforskningsinstitut. SBI-anvisning 182. Hørsholm, 1995.

Bygningers energibehov. Søren Aggerholm et al. Statens Byggeforskningsinstitut. SBI-anvisning 184. Hørsholm, 1995.

Afløbsinstallationer. Kaj Ovesen et al. Statens Byggeforskningsinstitut. SBI-anvisning 185. Hørsholm, 1997.

Småhuses stabilitet. Mogens Buhelt og Henry Høffding Knutsson. Statens Byggeforskningsinstitut. SBI-anvisning 186. Hørsholm, 1995.

Bygningsudformning og varmebehov. Søren Aggerholm. Statens Byggeforskningsinstitut. SBI-anvisning 190. Hørsholm, 1997.

Andre

Rapport vedrørende glastage. Supplement til DS 410. Dansk Standard DS/INF 106. Dansk Standard. København, 1995.

Træspærfag. TRÆ 28. Træbranchens Oplysningsråd. Lyngby, 1990.

Træ og brand. TRÆ 38. Træbranchens Oplysningsråd. Lyngby, 1995.

U-værdier '95. Dansk Forening af Fabrikanter af Varmeisoleringsmaterialer. Hørsholm, 1995.

Bygningers varmebehov '95. Pc-program til beregning af varmebehov og energiramme. Karl Grau og Søren Aggerholm. Statens Byggeforskningsinstitut. Hørsholm, 1995.

Vådtrum. Hvad er muligt - hvad er lovligt? Erik Brandt. Særtryk. Byggeindustrien, nr. 1, 1995.

BYG-ERFA blad (29) 96 12 09. *Typiske svigt i småhuses stabilitet.*

BYG-ERFA blad (29) 96 12 10. *Statik i stabile småhuse.*

BYG-ERFA blad (29) 96 12 11. *Konstruktioner i stabile småhuse.*

BYG-ERFA blad (29) 96 12 12. *Stabilisering af eksisterende småhuse.*

BYG-ERFA blad (29) 96 12 13. *Forankring og stabilisering af småhuse med vægge af letbeton.*

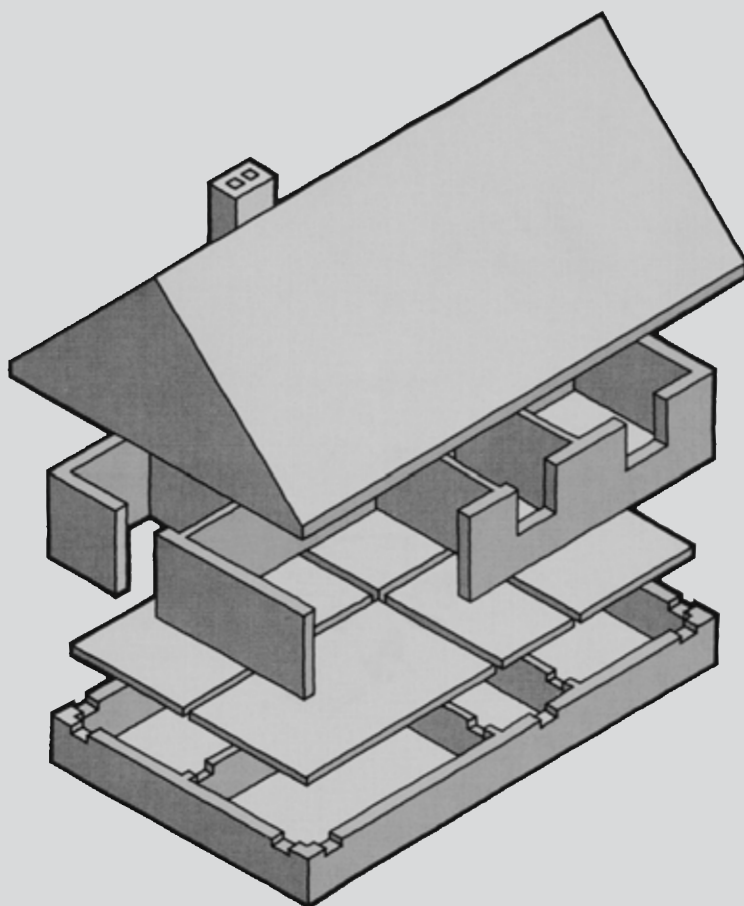
Tillæg 1
til SBI-anvisning 189, 2. udgave:

Småhuse



Statens Byggeforskningsinstitut
Danish Building and Urban Research

1. udgave, 2002



Tillæg 1 til SBI-anvisning 189, 2. udgave:

Småhuse

Jørgen Munch-Andersen

Søren Aggerholm

Erik Brandt

Mogens Buhelt

Torben Valdbjørn Rasmussen

By og Byg

Statens Byggeforskningsinstitut, oktober 2002

Titel	Tillæg 1 til SBI-anvisning 189, 2. udgave: Småhuse
Udgave	1. udgave
Udgivelsesår	2002
Forfattere	Jørgen Munch-Andersen, Søren Aggerholm, Erik Brandt, Mogens Buhelt og Torben Valdbjørn Rasmussen
Sprog	Dansk
Sidetæl	32
Litteratur-henvisninger	Side 30-31
ISBN	87-563-1139-7
ISSN	0106-6757
Pris	Kr. 60,00 inkl. 25 pct. moms Anvisning med Tillæg 1: Kr. 225,00 inkl. 25 pct. moms.
Tegninger	Ove Nesdam
Tryk	Nørhaven Book A/S
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: *Tillæg 1 til SBI-anvisning 189, 2. udgave: Småhuse, (2002).*

E-bog ISBN 87-563-1254-7
Pris Kr. 45,00 inkl. 25 pct. moms

Indhold

Indledning	6
Betonkvalitet for fabriksbeton	7
Terrændæk (p. 24)	8
Eksempler på terrændæk (p. 25)	8
Isoleringstykker ved gulvvarme (nyt)	8
Linietab ved ydervægsfundamenter (nyt)	8
Døre (nyt)	9
Linietab ved indvendige fundamenter (nyt)	11
Ydervægge (p. 44)	12
Indbygning af vinduer og yderdøre (p. 50)	12
Tage (p. 60)	13
Fugtforhold (p. 60)	13
Undertage (p. 61)	13
Lægter (p. 61)	13
Spær og loftskonstruktion (p. 62)	14
Gavltrekanter (p. 66)	14
Varmeisolering (p. 70)	16
U-værdikrav (p. 71)	17
Temperaturer (p. 72)	17
Transmissionsarealer (p. 73)	18
Eksempel på varmetabsramme for enfamiliehus (p. 74)	18
Energiramme (p. 76)	20
Vådrum (p. 79)	21
Krav til vådrum (p. 79)	21
Belastningsklasser (nyt)	21
Zoneinddeling (p. 79)	21
Fald på gulv (p. 79)	22
Vand- og afløbsinstallationer (p. 82)	22
Gulve (p. 82)	22
Tunge dæk (p. 82)	22
Vægge (p. 84)	22
Lette vægge (p. 84)	22
Bilag D. Afstivende system (p. 111)	23
Udformning af loftskive (p. 115)	23
Afstivende vægges udformning (p. 120-121)	24
Bilag E. Varmebehov (p. 127)	25
Hjælpekema 1. Ydervægge, tage og gulve (p. 132)	25
Temperaturfaktor (nyt)	26
Eksempel: Varmebehov i enfamiliehus (p. 137-140)	27
Litteratur	30

Indledning

Blandt andet som følge af udgivelsen af Tillæg 1 til Småhusreglementet (By- og Boligministeriet, 2001a) er en række oplysninger i SBI-anvisning 189: Småhuse (Statens Byggeforskningsinstitut, 1999) ikke længere fyldestgørende.

Der stilles nu krav til de såkaldte linietaf, der er ekstra varmetaf ved fx fundamenter og omkring vinduer. Linietaf måles i W/m K og betegnes Ψ -værdier, se også afsnittet Varmeisolering i nærværende tillæg. Beregningen af linietaf er beskrevet i Tillæg 4 til 5. udgave af DS 418: Beregning af bygningers varmetaf (Dansk Standard, 2000), der også indeholder værdier for linietafet for nogle udvalgte konstruktioner.

De fundamentsløsninger, der er vist i Anvisning 189, er ikke umiddelbart dækket af eksemplerne i Tillæg 4 til DS 418, og linietafene er derfor angivet nedenfor under Terrændæk. Linietaf ved vinduer og døre kan normalt bestemmes direkte ved hjælp af værdierne givet i Tillæg 4 til DS 418. Nogle få værdier gengives i det følgende under Ydervægge.

Hensyntagen til linietaf har medført at energirammen er øget, og at beregningen af varmebehovet ved brug af energirammen er ændret. Dette behandles under afsnittet Varmeisolering. I Bilag E, Varmebehov er bestemmelse af varmebehov også tilpasset de nye regler.

Ny viden har også muliggjort anvisning af bedre løsninger på andre områder, fx indbygning af yderdøre, vådrum og fastholdelse af murede gavltrekanter.

Tillæg 2 til Småhusreglementet (By- og Boligministeriet, 2001b) har ingen konsekvenser for Anvisning 189, da det alene drejer sig om administrative forhold. Tillæg 3 (Erhvervs- og Boligstyrelsen, 2002) indfører muligheden for at anvende materialer og konstruktioner, der er klassificeret efter det europæiske brandklassificeringssystem. Ændringerne har ingen konsekvenser for løsningerne i Anvisning 189 og behandles derfor ikke nærmere i dette tillæg.

Nærværende tillæg er baseret på de hidtidige konstruktionsnormer. Det nye normsæt, hvoraf det meste blev færdiggjort i 1998, kan anvendes som alternativ, men det vil tidligst blive obligatorisk at anvende det nye sæt et år efter udgivelsen af den sidste af de primære normer tilpasset det nye system. De hidtidige normer kan derfor anvendes

des mindst til oktober 2003. De nye normer vil blive sat i kraft ved tillæg til bygningsreglementerne.

Det bemærkes, at fra 1. marts 2003 skal 6. udgave af DS 418 (Dansk Standard, 2002) anvendes. Metoderne til bestemmelse af U- og Ψ -værdier er ændret væsentligt i forhold til 5. udgave, men de i dette tillæg angivne værdier kan fortsat anvendes. Nogle vil være lidt på den sikre side.

Betonkvalitet for fabriksbeton

Nye standarder har medført, at beton 5, 10 og 15 ikke længere leveres fra fabrik som standard. Ved anvendelse af fabriksbeton anbefales i stedet at bruge henholdsvis beton 4, 12 og 16.

Terrændæk (p. 24) Tilbage til anvisning

Terrændækket indgår som hidtil i varmetabsrammen med U-værdien $0,20 \text{ W/m}^2 \text{ K}$, dog er kravet skærpet til $0,15 \text{ W/m}^2 \text{ K}$, når der anvendes gulvvarme. De skærpede krav ved gulvvarme skyldes, at betonpladen i terrændækket opvarmes til omkring 30°C . Der er derfor behov for ekstra isolering for at sikre, at varmetabet gennem gulv og fundament ikke forøges i forhold til når der ikke anvendes gulvvarme.

Der er nu også indført krav til linietabet ved fundamenter. Linietabene ved ydervægsfundamenter indgår i varmetabsrammen med Ψ -værdien $0,25 \text{ W/m K}$, dog $0,20 \text{ W/m K}$ ved gulvvarme. Linietab ved indvendige fundamenter skal kompenseres ved at øge isoleringen andre steder.

Eksempler på terrændæk (p. 25) Tilbage til anvisning

Isoleringstykkelser ved gulvvarme (nyt)

Når der anvendes gulvvarme, benyttes normalt en konstruktion som i figur 17 med gulvbelægningen udlagt direkte på betonpladen. For at opfylde isoleringskravet ved gulvvarme skal tykkelsen af letklinkerlaget øges til 260 mm for letklinker i λ -kl. 80 ved uændret tykkelse af den trykfaste isolering. Alternativt kan tykkelsen af den trykfaste isolering øges til 125 mm. U-værdier for andre kombinationer kan findes i U-værdi 2000 (Dansk forening af Fabrikanten af Varmeisoleringsmaterialer, 2000).

Vedrørende anvendelsen af gulvvarme i forbindelse med trægulve henvises til Trægulve 1 (Brandt, 2001).

Linietaf ved ydervægsfundamenter (nyt)

Fundamentsløsningerne vist i figurerne 18-21 vil ved passende valg af isoleringstykkelser i fundamentet kunne opfylde linietafskravene.

Linietafene angivet i det følgende gælder, når terrændækkets U-værdi er højst $0,20 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ for tilfældet uden gulvvarme og højst $0,15 \text{ W/m}^2 \text{ K}$, når der benyttes gulvvarme. Isoleringen forudsættes at være λ -kl. 39. For tunge bagvægge er benyttet $\lambda = 0,68 \text{ W/mK}$ (murværk).

Hvis der i figur 18 anvendes 70 mm midterisolering i fundamentsblokkene og 50 mm isolering over betonpladen, bliver linietaf $0,17 \text{ W/m K}$. Hvis der anvendes letklinkerblokke uden midterisolering, stiger

Ψ -værdien til 0,21 W/m K. Når der er isolering over betonpladen, kan kantisolering udelades, uden at det får praktisk betydning.

Når konstruktionen i figur 19 udføres med 70 mm midterisolering i det øverste skifte letklinkerblokke, fås Ψ -værdien 0,19 W/m K. Hvis der også anvendes 70 mm midterisolering i det andet skifte letklinkerblokke, reduceres værdien til 0,18 W/m K. Hvis der anvendes massive letklinkerblokke i begge skifter, øges værdien til 0,22 W/m K. Det er for alle disse løsninger en forudsætning for de angivne linietab, at der er mindst 15 mm kantisolering mellem betonpladen og fundamentet. Den viste lodrette isolering mellem det kapillarbrydende lag og fundamentet kan dog udelades uden praktisk betydning.

Linietabene for konstruktionen i figur 20 vil i praksis ikke adskille sig fra konstruktionen i figur 18.

Figur 21 viser en løsning for en træskeletvæg. Med 70 mm isolering inden for fundamentet og 50 mm isolering over betonpladen bliver Ψ -værdien 0,16 W/m K. Reduceres isoleringstykkelsen inden for fundamentet til 40 mm, øges linietabet til 0,18 W/m K, hvilket stadig rigeligt opfylder kravet til linietabet.

Hvis der ved huse med træskeletvægge anvendes tynd gulvbelægning som fx klinker i stedet for strøgulv, vil betonpladens overside normalt flugte med fundamentoversiden. Med 70 mm isolering mellem blokke og betonplade bliver Ψ -værdien 0,16 W/m K.

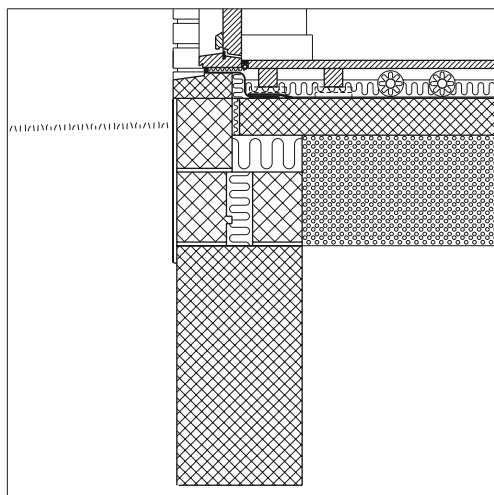
For at illustrere betydningen af linietabet ved fundamentet kan det nævnes, at det samlede varmebehov vil reduceres med ca. 5 %, hvis Ψ -værdien halveres i forhold til de værdier, der indgår i varmetabsrammen.

Døre (nyt)

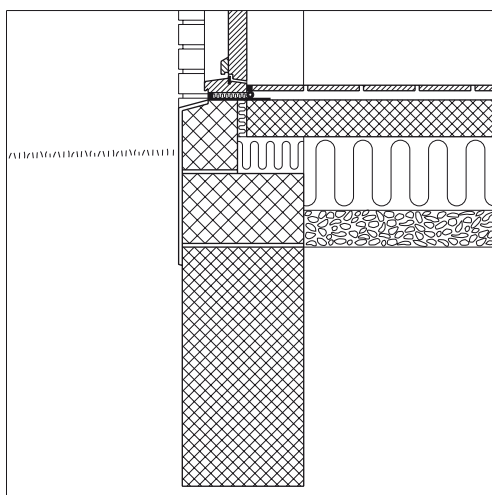
Udformningen af tilslutningen mellem fundament og yderdøre er blevet væsentligt kompliceret af kravene om niveaufri adgang, radontætning og senest kuldebroafbrydelse. Figurerne T1, T2 og T3 viser mulige løsninger i forbindelse med fundamentsudformningen i figurerne 18, 19 og 21. Forslagene forudsætter, at der af fugttekniske hensyn fortsat er en niveauforskel mellem gulv og terræn på 150-200 mm. Dette kræver, at der uden for døren etableres en repos på min. 1,3 × 1,3 m i niveau med indvendig gulvoverflade. Niveauforskellen udlignes med rampe eller ved terrænregulering. Ved terrænregulering er det væsentligt, at terrænet langs huset ikke hæves, da det giver risiko for, at fx smeltevand kan trænge ind i væggen over det fugtstandsende

paplag. Terrænet bør reguleres op mod en trappesten, der er friholdt af huset. En rist kan forbinde trappesten og fundament, se også figur 32 og 33.

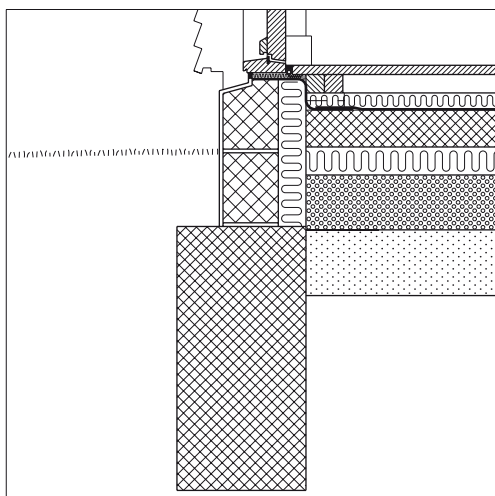
Andre løsninger er mulige, hvis fx døren er trukket ind i bygningen.



Figur T1. Placering af dør ved fundament som i figur 18 (p. 27). Terrændækkets betonplade må trækkes længere ud, og den øverste blok må ændres ved dørhullet. Radontætningen sikres af murpappen, der skal føres med ud i dørhullet. Der indlægges ekstra gulvstrøer i dørhullet, afhængigt af strøernes retning.



Figur T2. Placering af dør ved fundament som i figur 19 (p. 27). Terrændækkets betonplade må trækkes længere ud, og den øverste blok må ændres ved dørhullet. Radontætningen sikres af murpappen, der skal føres med ud i dørhullet.



Figur T3. Placering af dør ved fundament som i figur 21 (p. 28). Terrændækkets betonplade og blokkene kan være uændrede ved dørrummet. Radontætningen sikres af murpappen. Der indlægges ekstra gulvstrøer i dørrummet, afhængigt af strøernes retning.

Linietaf ved indvendige fundamenter (nyt)

Der skal tages hensyn til, at isoleringen i terrændækket er reduceret, hvor der er indvendige fundamenter. Såfremt fundamenterne afsluttes med mindst to skifter letklinkerblokke, kan man se bort fra linietafet som følge af skift i isoleringsværdien og nøjes med at tage hensyn til, at U-værdien er forringet over fundamentsbredden. U-værdien i denne bredde er da $0,31 \text{ W/m}^2 \text{ K}$. Dette ekstra tab kompenseres normalt rigeligt, hvis man reducerer U-værdien for terrændækket fra $0,20$ til $0,19 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ uden gulvvarme, henholdsvis fra $0,15$ til $0,14 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ med gulvvarme. Dette kan opnås, hvis isoleringstykkelsen i terrændækket øges med henholdsvis 10 og 20 mm isolering i λ -kl. 39.

I et normalt hus vil længden af de indvendige fundamenter sjældent overstige summen af husets længde og bredde. Hvis fundamentsbredden er 150 mm , udgør arealet af de indvendige fundamenter således ca. 3% af terrændækkets areal, mens ovennævnte kompensation tillader mindst 6% .

Det bemærkes at løsningen i figur 19 c ikke længere kan anses for acceptabel.

Ydervægge (p. 44) Tilbage til anvisning

U-værdikravene til ydervægge er uændrede, men der skal nu også tages hensyn til linietabet mellem vinduer og væg. Dette afhænger især af vinduets placering i forhold til kuldebroisoleringen i vinduesfalsen og af tykkelsen af kuldebroisoleringen. Linietabet mellem vindue og væg indgår i varmetabsrammen med Ψ -værdien 0,03 W/m K.

Det ekstra varmetab som følge af ribber i fx vinduesfalse skal fortsat medregnes i ydervæggens U-værdi. De i figurene 48-51 angivne U-værdier for ribbeprocenter større end nul vil være lidt på den sikre side i forhold til de nugældende beregningsregler.

Indbygning af vinduer og yderdøre (p. 50) Tilbage til anvisning

Linietabene for de i figurene 62-65 givne eksempler på indbygning af vinduer kan bestemmes ved hjælp af Tillæg 4 til DS 418 (Dansk Standard, 2000). Generelt gælder, at linietabet bliver 0,03 W/m K ved en kuldebroisolering på mindst 30 mm, når vinduets karm samtidig overlapper murvangen mindst 20 mm.

Figur 62 kan derfor opfylde kravet i overfals og sidefalse med 30 mm kuldebroisolering. I bundfalsen er der intet overlap mellem vindue og kuldebroisolering. Ψ -værdien bliver her 0,09 W/m K.

I figur 63 er kuldebroisoleringen 20 mm i alle false. Ψ -værdien er her 0,04 W/m K.

Løsningen i figur 64 har intet overlap i nogen af falsene og må derfor anses for uhensigtsmæssig. Ψ -værdien bliver 0,09 W/m K langs hele omkredsen.

For træskeletvægge overholdes kravet på 0,03 W/m K, hvis vinduets karm overlapper isoleringen med mindst 60 mm. Dette er overholdt i figur 65.

Tage (p. 60) Tilbage til anvisning

Fugtforhold (p. 60) Tilbage til anvisning

For at hindre opfugtning i tagkonstruktioner er det væsentligt, at dampspærren udføres tilstrækkeligt lufttæt. Såvel samlinger i selve dampspærren som gennemføringer og tilslutninger til andre bygningsdele skal derfor udføres med klemte eller eventuelt tapede samlinger. Eksempler på udførelsen af detaljer er vist i BYG-ERFA bladet Dampspærre i loft og ydervægge. Udførelse og detaljer (Berthelsen, Brandt & Bunch-Nielsen, 1997).

Undertage (p. 61) Tilbage til anvisning

Kravene til afstandslister er ændret for så vidt angår tegltagsten, idet der fra teglbranchen foreskrives anvendelse af 34 mm afstandslister under falstagsten, jf. TEGL 36: Oplægning af tegltage (Murerfagets Oplysningsråd, 1999).

Afstandslister skal være skarpkantede og trykimprægnerede. De skal være trykimprægnerede iht. NTR klasse AB for fyr respektive klasse GRAN for grantræ.

Lægter (p. 61) Tilbage til anvisning

Reglerne for taglægter er ændret, således at taglægter nu skal være styrkesorterede til sorteringsklasse T1. Det kræves desuden, at T1-lægter skal være stemplede.

Det er væsentligt at sikre tilstrækkelig fastgørelse af lægterne til spærrene, og at hindre, at tagbeklædning og lægter suges af under storm. Specielt er det væsentligt, at lægterne er fastgjort tilstrækkeligt til gavlspæret, idet udhænget får særligt store vindpåvirkninger. Fastgørelsen er vigtig, fordi spærrene kan vælte, hvis lægterne suges af.

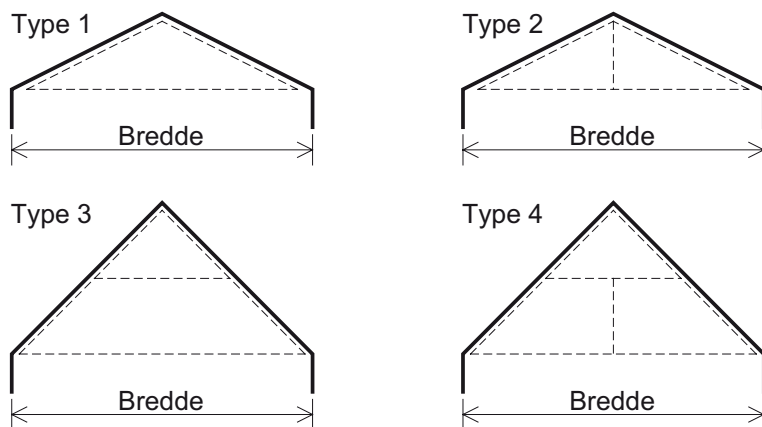
Fastgørelse af lægter er detaljeret beskrevet i TOP-byggebladet Lægter på tage (Brandt & Munch-Andersen, 2001). Det anbefales at bruge dette byggeblad frem for oplysningerne i figur 80 og 82 (pp. 67 og 69). Det bemærkes, at bladet er baseret på de konstruktionsnormer, der er dateret i 1998.

Spær og loftskonstruktion (p. 62) Tilbage til anvisning

Eksempler på udførelse af ventilation i forbindelse med forskellige tagkonstruktioner er vist i BYG-ERFA bladet Ventilation af tagkonstruktioner. Gitterspærtage, paralleltagte/skråtage og hanebåndstage med udnyttet tagetage (Christensen og Brandt, 1999).

Gavltrekanter (p. 66) Tilbage til anvisning

Gavltrekanter af murværk kan normalt udføres med færre bindere til fastholdelse end vist i figur 81. De skal dog altid fastholdes langs alle kanter, og hvis tagkonstruktionen har hanebåndsløft, bør gavltrekanter endvidere fastholdes langs dette. Ved store gavltrekanter kan der være behov for yderligere afstivning, fx langs en lodret linie midt på trekanten. En sådan afstivning kan etableres ved hjælp af en planke fastholdt ved kip og loft, eller – ved udnyttet tagetage – af en længdevæg, som forbindes effektivt til gavltrekanter. Figur T4 viser de omtalte principielle muligheder for fastholdelser.



Figur T4. Principielle fastholdelsesmønstre for gavltrekanter. Gavltrekanterne er fastholdt langs de stiplede linier.

I nedenstående tabel T1 er vist, hvor bred gavltrekanter kan være, afhængigt af tagvinklen, fastholdelsesmønstret og terrænklassen. Det er bl.a. forudsat, at afstanden mellem gavltrekanterens nederste kant og hanebåndet er ca. 2,5 m, og at tagkippen er 8,5 m over terræn. Det er endvidere forudsat, at gavltrekanter er udført som halvstensmurværk i mørtel 50/50/700. Ved udnyttet tagetage er gavltrekanter som regel udført som en kombinationsvæg. Dette er der ikke taget hensyn til i tabel T1, men hvis også bagvæggen er udført som halvstensmurværk i mørtel 50/50/700, kan de maksimale bredder forøges med 40 % i forhold til angivelserne i tabel T1.

Tabel T1. Maksimal bredde af muret gavltrekanter, når trekanten er fastholdt langs alle tre kanter. Bredden er givet som en funktion af tagvinklen (taghældningen), fastholdelsesmønstret (jf. figur 81a) og terrænklassen (By, Land, Hede).

Tagvinkel grader	Fastholdelses- mønster	Maksimal bredde, m		
		By	Land	Hede
≤ 30	Type 1	13,9	11,6	10,4
≤ 30	Type 2	19,9	16,5	14,8
45	Type 1	9,3	7,8	7,0
45	Type 2	> 15	12,6	11,4
45	Type 3	> 15	10,5	7,8
45	Type 4	> 15	> 15	14,0

I BYG-ERFA bladet Stormskader på murede gavltrekanter (Buhelt, 2001) er vist nogle forslag til den praktiske udførelse af fastholdelserne.

Fastholdelse kan ske med bindere, der normalt vil have tilstrækkelig styrke, hvis de placeres med afstanden 300 mm. Dette forudsætter en træk- og trykbæreevne for hver binder og dens fastgørelse på ca. 0,3 kN. Af hensyn til bindernes fleksibilitet (formurens temperatur- og fugtbetingede bevægelser i forhold til den indvendige konstruktion) må bindernes frie længde ikke være for lille, og af hensyn til bindernes stabilitet må deres frie længde ikke være for stor. For 3 mm rustfrie bindere skal den frie længde derfor være mellem 100 mm og 200 mm, mens den for 4 mm rustfrie bindere skal være mellem 120 mm og 300 mm. Bæreevnen kan i øvrigt bestemmes af SBI-anvisning 157 (Knutsen, 1989).

Fastholdelse ved tagfladen kan også ske ved hjælp af planker eller beklædning, der ligger an mod muren, se ovennævnte BYG-ERFA blad.

Varmeisolering (p. 70) Tilbage til anvisning

Med tillæg 1 til Småhusreglementet (By- og Boligministeriet, 2001a) og Tillæg 4 til DS 418 (Dansk Standard, 2000) stilles der nu skærpede krav til hensyntagen til kuldebroer.

Kuldebroer er dele af klimaskærmen, der er markant dårligere isoleret end resten af klimaskærmen. De optræder fx ved ribber omkring vinduer og ved indvendige fundamenter. Hensyntagen til disse kuldebroer sker ved at beregne en gennemsnitlig U-værdi for den pågældende bygningsdel. Disse kuldebroer har der også tidligere skullet tages hensyn til.

Der stilles nu også krav om, at der skal tages hensyn til, at der ved hjørner og skift i isoleringstykkelsen optræder to- og tredimensionelle effekter, der giver ekstra varmetab. Disse ekstra varmetab betegnes henholdsvis linietaf og punkttab.

Linietaf betegnes Ψ . Varmetabet gennem disse kuldebroer er proportionalt med kuldebroens længde. Linietaf optræder specielt ved fundamenter og ved samlinger omkring vinduer og døre.

Punkttab optræder ved fx metalbæringer og -ankre, der går gennem isoleringen. Punkttabene fra bindere i hulmure har dog også tidligere været indregnet i væggenes U-værdi.

Hvor der anvendes gulvvarme, er kravene til varmeisoleringen af terrændæk, kældergulve og etageadskillelser over det fri eller ventilerede kryberum desuden blevet skærpet.

Den første blandt de tre muligheder for at opfylde kravene til varmeisolering ændres til:

- Overholdelse af U-værdikravene og linietafene til de enkelte bygningsdele og samtidig begrænsning af arealet af vinduer og yderdøre til højst 22 % af det opvarmede etageareal.

U-værdikrav (p. 71) Tilbage til anvisning

Tabel T2 (Supplement til tabel 10). Krav til Ψ -værdier samt supplerende U-værdikrav.

Bygningsdel	U W/m ² K
Terrændæk, kældergulve og etageadskillelser over det fri eller ventilerede kryberum, hvor der er gulvvarme	0,15
	Ψ W/m K
Fundamenter	0,25
Fundamenter omkring gulve med gulvvarme	0,20
Samling mellem ydervæg og vinduer eller yderdøre, glasvægge, porte og lemme	0,03
Samling mellem tagkonstruktion og vinduer i tag eller ovenlys	0,10

Tabel T3. (Supplement til tabel 11). Mindstekrav til Ψ -værdier og supplerende U-værdikrav.

Bygningsdel	U W/m ² K
Terrændæk, kældergulve og etageadskillelser over det fri eller ventilerede kryberum, uanset om der er gulvvarme eller ej	0,30
	Ψ W/m K
Fundamenter, uanset om der er gulvvarme eller ej	0,60
Samling mellem ydervæg og vinduer eller yderdøre, glasvægge, porte og lemme	0,10
Samling mellem tagkonstruktion og vinduer i tag eller ovenlys	0,30

Temperaturer (p. 72) Tilbage til anvisning

Teksten ændres til:

Ved beregning anvendes samme rumtemperatur, normalt 20 °C, overalt – også fx i baderum og bag radiatorer. I rum med gulvvarme kan temperaturen i gulvkonstruktionen i varmekildens plan normalt sættes til 30 °C, men den afhænger principielt af de dimensionerende forhold for gulvvarmeanlægget. Den samme temperatur anvendes ved bestemmelse af varmetabet gennem fundamenter ud for konstruktioner med gulvvarme. Det skal bemærkes, at temperaturen i varmekildens plan er noget lavere end middelværdien af fremløbs- og returtemperatur for gulvvarmeanlægget.

Den dimensionerende udetemperatur er –12 °C, også for kælder-ydervægge.

Den dimensionerende jordtemperatur er $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ og bruges fx ved beregning af terrændæk og kældergulve.

Den dimensionerende temperatur i ventilerede krybekældre sættes til $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$. I uopvarmede rum kan temperaturen fastsættes skønsmæssigt eller beregnes ved opstilling af varmebalancen.

Transmissionsarealer (p. 73) Tilbage til anvisning

Teksten om bestemmelse af arealer (andet og tredje afsnit) ændres til:

Transmissionsarealet for ydervægge måles fra oversiden af færdigt gulv på terrændæk til oversiden af varmeisoleringen på loftet eller i taget. Hvis der er uopvarmet kælder eller krybekælder, måles fra undersiden af kælderdækket. I hjørnerne måles til ydersiden af de tilsluttede ydervægge.

For terrændæk måles arealet til indersiden af ydervæggene. For kælderdæk og krybekælderdæk samt for lofter og tag måles til ydersiden af ydervæggene. Ved uopvarmede tagrum anvendes loftets areal.

For kældervægge mod jord regnes arealet fra terræn til oversiden af gulvet i kælderen.

Vinduers og yderdøres transmissionsarealer beregnes af hulmålene.

Fundamenters længde bestemmes af den ydre omkreds. For samlinger omkring vinduer og døre bestemmes længden af hullets omkreds.

Eksempel på varmetabsramme for enfamiliehus (p. 74) Tilbage til anvisning

Teksten ændres til:

Et 1-etages hus med 121 m^2 etageareal er grundlaget for eksemplet, se figur 87. Der er gulvvarme i bad og toilet, mens resten af huset er radiatoropvarmet.

Huset måler udvendigt $14,4\text{ m} \times 8,4\text{ m}$ og er udført med terrændæk og 350 mm tykke, tunge ydervægge. De indvendige mål, når der ses bort fra skillevægge, er $13,7\text{ m} \times 7,7\text{ m}$. Transmissionsarealet for terrændækket bliver således $105,5\text{ m}^2$. Husets udvendige omkreds er $2 \times (14,4\text{ m} + 8,4\text{ m}) = 45,6\text{ m}$.

Etagehøjden fra oversiden af gulvet på terrændækket til oversiden af loftisoleringen er $2,6\text{ m}$. Transmissionsarealet for de lodrette yderflader (dvs. ydervægge, vinduer og yderdøre) er $45,6\text{ m} \times 2,6\text{ m} = 118,6\text{ m}^2$.

Arealet af vinduer og yderdøre er 26,6 m², svarende til 22 % af det opvarmede etageareal. Længden af samlingen omkring vinduer og yderdøre er 59,8 m. Huset er naturligt ventileret.

Varmetabsrammen for huset er 3,64 kW, se tabel T4, der erstatter tabel 12. Hvis der vælges energiruder, hvorved vinduer og yderdøre får en U-værdi på 1,6 W/m² K, kan vindues- og yderdørsarealet inden for varmetabsrammen øges til 26,9 % af det opvarmede etageareal, se tabel T5, der erstatter tabel 13.

Tabel T4. (Erstatter tabel 12). Varmetabsramme for enfamiliehuset i figur 87.

Bygningsdel	Areal, længde m ² , m	U-, Ψ-værdi W/m ² K, W/m	Temp.diff. K	Varmetab W
Ydervægge	92,0	0,30	32	883
Tag	121,0	0,15	32	581
Terrændæk i bad og toilet	11,7	0,15	20	35
Terrændæk i øvrige rum	93,8	0,20	10	188
Vinduer og yderdøre	26,6	1,80	32	1532
Ydervægsfundament i bad og toilet	4,1	0,20	42	34
Ydervægsfundament i øvrige rum	41,5	0,25	32	332
Samling: vinduer og døre	59,8	0,03	32	57
Varmetabsramme				3642

Tabel T5. (Erstatter tabel 13). Varmetab fra enfamiliehuset i figur 87 ved større vinduesareal med bedre isolerende energiruder.

Bygningsdel	Areal, længde m ² , m	U-, Ψ-værdi W/m ² K, W/m	Temp.diff. K	Varmetab W
Ydervægge	84,7	0,30	32	813
Tag	121,0	0,15	32	581
Terrændæk i bad og toilet	11,7	0,15	20	35
Terrændæk i øvrige rum	93,8	0,20	10	188
Vinduer og yderdøre	33,9	1,60	32	1736
Ydervægsfundament i bad og toilet	4,1	0,15	42	26
Ydervægsfundament i øvrige rum	41,5	0,15	32	201
Samling: vinduer og døre	61,6	0,03	32	59
Varmetab				3639

Energiramme (p. 76) Tilbage til anvisning

Småhusreglementets krav til enfamiliehuse med naturlig ventilation er ændret til, at varmebehovet til rumopvarmning og ventilation pr. m² opvarmet etageareal højst må være

$$q_r = 160 + \frac{140}{e}$$

og at varmebehovet ikke må overstige

$$q_r = 280$$

hvor q_r er energirammen i MJ/m² pr. år

e er antallet af etager.

Tabel T6. (Erstatter tabel 14). Energiramme for enfamiliehuse med naturlig ventilation.

Antal etager, e	Energiramme, q_r MJ/m ² pr. år
1	280
1,7	242
2	230

Vådtrum (p. 79) Tilbage til anvisning

By og Byg Anvisning 200: Vådtrum (Brandt, 2001) har erstattet SBI-anvisning 169. Anvisning 200 indeholder en udførlig gennemgang af konstruktioner, der anses for egnede til vådtrum, herunder også skeletkonstruktioner og konstruktioner, der indeholder organiske materialer. Også installationer, specielt gennemføringer, behandles. Herudover behandler anvisningen emner som projektering, planlægning, kvalitetssikring, brug og vedligehold.

Der gøres opmærksom på, at der ifølge bekendtgørelsen om elektriske installationer (Elektricitetsrådet, 1993) gælder særlige krav til elektriske installationer i vådtrum. I områder med badekar eller bruser skal der udføres supplerende udligningsforbindelse, som forbinder metalliske rør og ventilationskanaler samt armeringsjern mv. med beskyttelsesledere (jordforbindelse).

Krav til vådtrum (p. 79) Tilbage til anvisning

Belastningsklasser (nyt)

By og Byg Anvisning 200 har indført et nyt begreb – belastningsklasser – der anvendes til at fastlægge belastningen i forskellige kategorier af bygninger og brugssituationer. Belastningsklassen anvendes ved projekteringen til at sikre, at der vælges konstruktioner og materialer, som er egnede til den aktuelle påvirkning. For småhuse har dette dog ikke nogen større betydning, idet de fleste vådtrum henregnes til den laveste belastningsklasse, hvor alle de viste konstruktioner og materialer kan anvendes.

Zoneinddeling (p. 79) Tilbage til anvisning

Der skelnes mellem vådtrum, hvor der forventes vandpåvirkning både på gulv og væg, fx badeværelser, og vådtrum, hvor der kun forventes vandpåvirkning på gulv, fx bryggers med gulvafløb. I sidstnævnte tilfælde stilles der kun krav til konstruktionerne for gulvet (inkl. de nederste 100 mm af væggen).

Små vådtrum er nu blevet præciseret som rum, der er under 3,25 m², eller som er under 1,3 m brede. I små vådtrum skal alle vægoverflader betragtes som vådzone.

Fald på gulv (p. 79) Tilbage til anvisning

Gulve skal udføres uden lunke, dvs. så der ikke kan stå vand på gulvet, og sådan, at vand på gulvet hindres i at trænge ud ved dør. Sidstnævnte betyder, at gulvet ved døren skal have mindst 1 % fald væk fra døren, eller at der udføres en mindst 10 mm høj afgrænsning, fx en metalskinne.

Vand- og afløbsinstallationer (p. 82) Tilbage til anvisning

Eksempler på detaljer omkring gulvafløb og gennemføringer af rør i gulv og vægge er givet i Anvisning 200 og er mere udførligt behandlet i BYG-ERFA bladene Gennemføring af rør i vådrumsgulve og -vægge (Brandt, Kauffmann, Petri Godtkjær & Nielsen, 2001) og Gulvafløb og afløbsledninger i badeværelser (Brandt & Nielsen, 2002).

Gulve (p. 82) Tilbage til anvisning**Tunge dæk (p. 82) Tilbage til anvisning**

Det anbefales nu, at lade betonen hærdne 4-8 uger før fliselægningen udføres. For gulve med gulvvarme skal varmen afbrydes mindst 3 døgn før fliselægning og må tidligst startes igen 21 døgn efter fliselægning.

Vægge (p. 84) Tilbage til anvisning**Lette vægge (p. 84) Tilbage til anvisning**

Kalciumsilikatplader anbefales ikke mere anvendt med spredt forskalling som underlag. De kan fortsat anvendes i to lag eller med gipsplade som det inderste pladelag.

Vandtætte plader er betegnelsen for plader med forskellig sammensætning, men som har det til fælles, at de opsat som vægbeklædning i vådrum er vandtætte i sig selv. Plader af denne type skal have en MK-godkendelse, og det vil af denne fremgå, under hvilke betingelser pladerne kan bruges, fx med supplerende vandtætning i form af et MK-godkendt vandtæt flisesystem med membran.

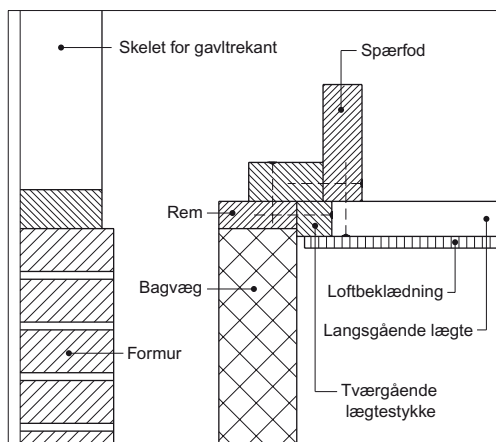
Der gøres opmærksom på, at træbeklædning stadig kan anvendes i vådrums fugtige zoner. Opsætning skal ske i henhold til By og Byg Anvisning 200.

Bilag D. Afstivende system (p. 111) Tilbage til anvisning

Udformning af loftskive (p. 115) Tilbage til anvisning

Forbindelsen mellem gavl og loftskive vist i figur 127 kan også udføres som på nedenstående figur T5, hvor de vinkelbukkede hulbånd er erstattet af en planke mellem rem og spærfod.

En alternativ udformning af loftskiven, der giver bedre mulighed for at klemme dampspærresamlinger og trække el-installationer, er beskrevet i notatet Forslag til loftskonstruktioner for småhuse, (Buhelt & Munch-Andersen, 2002), der er tilgængeligt på By og Bygs hjemmeside.



Figur T5. (Alternativ til figur 127). Forbindelse mellem loftskive og bagvæg i gavl. Forskydningslasten overføres fra loftskiven til bagvæggen ved at fastgøre de tværgående lægestykker til siden af remmen med skruer $5,0 \times 100$ mm pr. 2b (jf. tabel 22). Suget på gavlen overføres til spærfoden via binderne og planken oven på remmen. Planken fastgøres til såvel rem som spærfod med skruer $5,0 \times 100$ mm pr. 300 mm. Suget føres videre til de langsgående lægter, der er fastgjort til spærfoden med en skrue $5,0 \times 100$ mm. Der skal være mindst 35 mm fra de langsgående lægters ender til skruerne i spærfoden. Den tværgående lægte må derfor normalt afbrydes ved de langsgående lægter. Gavltrekanen skal fastgøres til rem eller spærfod, fx som vist i figur 80.

Afstivende vægges udformning (p. 120-121) Tilbage til anvisning

I tabel 23 ændres angivelserne om bundremmens eller bundskinnens fastgørelse mod glidning til følgende:

Træskeletvægge

Forskydningsbæreevne	4,0 kN/m	7,0 kN/m
Bundremmens fastgørelse mod glidning	12 mm ekspansionsbolt pr. 800 mm	16 mm ekspansionsbolt pr. 700 mm

Stålskeletvægge

Forskydningsbæreevne	2,5 kN/m	4,0 kN/m
Bundskinnens fastgørelse mod glidning	12 mm ekspansionsbolt pr. 1200 mm eller 1 skudsøm 3,7 × 27 mm pr. 300 mm i beton 12, eller 1 skudsøm 3,7 × 32 mm pr. 300 mm i beton 4, eller 1 skrue 4,0 × 60 mm pr. 150 mm i letklinkerbeton.	12 mm ekspansionsbolt pr. 1200 mm eller 1 skudsøm 3,7 × 27 mm pr. 200 mm i beton 12, eller 1 skudsøm 3,7 × 32 mm pr. 200 mm i beton 4, eller 1 skrue 4,0 × 60 mm pr. 100 mm i letklinkerbeton.

Bilag E. Varmebehov (p. 127) Tilbage til anvisning

Beregningen af varmebehovet er ændret, idet linietabene skal medregnes. Desuden er bestemmelsen af temperaturfaktoren b for konstruktioner mod jord og i forbindelse med gulvvarme ændret som en konsekvens af, dels at DS 418 nu angiver en lidt højere jordtemperatur, dels at der skal regnes med forhøjet temperatur i gulve med gulvvarme og ved bestemmelse af varmetabet gennem fundamenter ud for konstruktioner med gulvvarme.

Hjælpekema 1. Ydervægge, tage og gulve (p. 132) Tilbage til anvisning

Teksten ændres til:

Hjælpekema 1, side 133, bruges til at beregne det specifikke transmissionstab gennem ydervægge, tage og gulve mod det fri, mod jord eller mod uopvarmede rum. Det bruges desuden til at beregne linietabenes bidrag til transmissionstabene. Det sker ved at længderne af ydervæggsfundamenter henholdsvis false omkring vinduer og døre anføres i skemaet i rubrikken for transmissionsarealer, og deres linietab (og Ψ -værdier) anføres i rubrikken for U -værdier.

Bygningsdelene identificeres entydigt ved opdeling i fx ydervægge, kælderydervægge, tag, terrændæk, lofter, gulve, ydervæggsfundamenter og samlinger omkring vinduer.

For ydervægge, tage og gulve beregnes det specifikke transmissionstab som:

$$H_T = A_T \cdot U \cdot (1 - b)$$

og for ydervæggsfundamenter og samlinger omkring vinduer og døre beregnes det specifikke transmissionstab som:

$$H_T = l \cdot \Psi \cdot (1 - b)$$

hvor H_T er det specifikke transmissionstab i W/K

A_T er transmissionsarealet i m²

l er fundamentets eller falsens længde i m

U er transmissionskoefficienten i W/m² K

Ψ er fundamentets eller falsens linietab i W/m K

b er temperaturfaktoren for bygningsdelen.

Transmissionsarealer og længder af fundamenter og false omkring

vinduer og døre beregnes som beskrevet på side 73. Transmissionskoefficienten og linietabet bestemmes som beskrevet i Tillæg 4 til DS 418. Eksempler findes i nærværende tillæg og i U-værdi 2000 (Dansk forening af Fabrikanten af Varmeisoleringsmaterialer, 2000).

Temperaturfaktor (nyt)

Temperaturfaktoren b tager dels hensyn til, at der på den udvendige side af en bygningsdel kan være en anden temperatur end udelufttemperatur dels til, at der på den indvendige side kan være en anden temperatur end rumtemperatur. Temperaturfaktoren er nul for de fleste bygningsdele.

For terrændæk og kældergulve uden gulvvarme, samt for kælderydervægsfundamenter og kælderydervægge mod jord i opvarmede kældre er temperaturfaktoren $b = 0,3$.

For bygningsdele med gulvvarme tages der beregningsmæssigt hensyn til det ekstra varmetab på grund af den højere temperatur i konstruktionen ved at korrigere temperaturfaktoren b for bygningsdelen. For nye enfamiliehuse opført efter Småhusreglementet med en dimensionerende fremløbstemperatur til gulvvarmen på ca. 35 °C er korrektionen i temperaturfaktoren $\Delta b = -0,3$. For terrændæk med gulvvarme bliver den resulterende temperaturfaktor således $b = 0$, og for ydervægsfundamenter omkring terrændæk med gulvvarme bliver temperaturfaktoren $b = -0,3$.

Ved andre fremløbstemperaturer kan korrektionen i temperaturfaktoren på grund af gulvvarme bestemmes af:

$$\Delta b = -\frac{\theta_k - \theta_i}{\theta_i - \theta_u}$$

hvor θ_k er temperaturen i konstruktionen i varmerørenes plan i °C
 θ_i er rumtemperaturen 20 °C
 θ_u er udetemperaturen 5 °C.

Alle temperaturer er middeltemperaturer i et normalår for perioden fra og med september til og med maj. Den overtemperatur i varmerørenes plan, der er nødvendig for at dække varmebehovet i rummet, afhænger af konstruktionens opbygning over varmerørenes plan, fx af, om der er klinker, trægulv eller tæpper.

For bygningsdele, der vender mod uopvarmede rum, kan temperaturfaktoren bestemmes ved at opstille varmebalancen for det uopvar-

mede rum, se SBI-anvisning 184: Bygningers energibehov (Aggerholm et al., 1995) eller hjælpeteksten til pc-programmet Bygningers varmebehov 98 (Grau & Aggerholm, 1999). For etagedæk uden gulvvarme over uopvarmede kældre og over krybekældre kan temperaturfaktoren sættes til $b = 0,2$ eller beregnes som for andre uopvarmede rum.

Det bør bemærkes, at der i DS 418: Bygningers varmetab (Dansk Standard, 1986) gives et tillæg på 15 % til transmissionstabet gennem tage på grund af udstrålingen til himmelrummet i klart vejr. Da der her er tale om beregning af varmeforbrug og ikke om dimensionerende varmetab, indregnes dette tillæg ikke her.

Eksempel: Varmebehov i enfamiliehus (p. 137-140) Tilbage til anvisning

Teksten og skemaerne ændres til:

På de næste sider vises udskriften fra pc-programmet: Bygningers varmebehov 98 (Statens Byggeforskningsinstitut, 1998) for det enfamiliehus, som blev anvendt i det tidligere eksempel i afsnittet om varmetabsrammen i kapitlet Varmeisolering. Vinduesarealerne er øget i forhold til det tidligere eksempel, således at vindues- og yderdørsarealet svarer til 35,9 % af det opvarmede etageareal. Enfamiliehuset er vist i figur 87 med 22 % vindues- og yderdørsareal.

Det samlede varmebehov er beregnet til 269,7 MJ/m² pr. år, hvor energirammen tillader 280,0 MJ/m² pr. år.

BYGNINGSDATA

Bygningstype	Bolig
Rumtemperatur, °C	20,0
Opvarmet etageareal, m ²	121,0
Opvarmet bebygget areal, m ²	121,0
Antal etager	1
Normal brugstid, timer/uge	168,0
Klima	Som SBI-anvisning 184

VENTILATION

Ventilation i brugstiden, l/s m ²	0,300
Ventilation ubenyttet, l/s m ²	0,100
Beregningsmæssig ventilation, m ³ /s	0,036
Ventilationsvarmetab, W/K	43,923

VARMETAB

Ydervægge, tage og gulve mod det fri, jord eller uopvarmede rum, W/K	64,614
Vinduer og yderdøre mod det fri eller uopvarmede rum, W/K	69,440
Ventilation, W/K	43,923
I alt, W/K	177,977

TIDSKONSTANT

Varmekapacitet, Wh/K m ²	100,000
Tidskonstant, timer	67,987

INTERNT VARMETILSKUD

Tilskud i brugstiden, W/m ²	5,000
Middel tilskud, W	605,000

VARMEBEHOV

Måned	Q_i (GJ)	$Q_{s,i}$ (GJ)	$Q_{f,i}$ (GJ)	$Q_{g,i}$ (GJ)	γ	η	$Q_{r,i}$ (GJ)
September	3,275	3,168	1,568	4,736	1,446	0,657	0,162
Oktober	5,291	2,122	1,620	3,742	0,707	0,946	1,750
November	7,150	1,117	1,568	2,685	0,376	0,996	4,475
December	9,152	0,859	1,620	2,479	0,271	0,999	6,675
Januar	10,011	1,057	1,620	2,678	0,268	0,999	7,335
Februar	8,826	1,616	1,464	3,079	0,349	0,997	5,755
Marts	8,628	2,763	1,620	4,384	0,508	0,986	4,307
April	6,505	3,405	1,568	4,973	0,765	0,929	1,883
Maj	4,338	4,117	1,620	5,737	1,323	0,705	0,295
I alt	63,177	20,223	14,270	34,494	0,546	0,885	32,638
Samlet varmebehov, GJ/år							32,638
Pr. m ² opvarmet etageareal, MJ/m ² år							269,7

ENERGIRAMME

Energiramme uden tillæg, MJ/m ² år	280,0
Tillæg vedr. mekanisk ventilation og udsugning, MJ/m ² år	0,0
Resulterende energiramme, MJ/m ² år	280,0

Ydervægge, tage og gulve				Eksempel: Parcelhus
Bygningsdel	A_T (m ²), l (m)	U (W/m ² K), Ψ (W/mK)	b (-)	H_T (W/K)
Ydervægge (brutto 118,6 m ²)	75,2	0,30		22,56
Tag	121,0	0,15		18,15
Terrændæk i bad og toilet	11,7	0,15		1,755
Terrændæk i øvrige rum	93,8	0,20	0,3	13,132
Ydervægsfundamenter, bad/toilet	4,1	0,15	-0,3	0,799
Ydervægsfundamenter, øvrige	41,5	0,15		6,225
Samling omkring vinduer og døre	66,4	0,03		1,992
				66,614

Vinduer og yderdøre											
Bygningsdel	Retn. Hæld.		A_T (m ²)	U (W/m ² K)	b (-)	H_T (W/K)	F_s	F_a	F_g	F	Q_s (GJ)
Indgangsdøre mod											
nord	N	90	7,2	1,6		11,52	0,8	0,60	0,70	0,336	1,149
Badeværelsesvindue	N	90	2,2	1,6		3,52	0,7	0,75	0,70	0,367	0,384
Toiletvindue	Ø	90	2,2	1,6		3,52	0,6	0,75	0,70	0,315	0,665
Soveværelsesvindue	V	90	6,3	1,6		10,08	0,6	0,80	0,85	0,408	2,468
Nordværelse, vindue	N	90	2,2	1,6		3,52	0,7	0,75	0,85	0,446	0,466
Sydværelse, vindue	S	90	2,2	1,6		3,52	0,6	0,75	0,85	0,382	1,338
Alrum, vindue	S	90	2,2	1,6		3,52	0,6	0,75	0,85	0,382	1,338
Stuevindue mod syd	S	90	12,6	1,6		20,16	0,7	0,80	0,85	0,476	9,536
Stuevindue mod vest	V	90	6,3	1,6		10,08	0,7	0,80	0,85	0,476	2,879
			43,4			69,44				0,399	20,223

Litteratur

Denne liste supplerer listen i SBI-anvisning 189.

Bygningsreglement

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

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

Erhvervs- og Boligstyrelsen. (2002). *Tillæg 3 til Bygningsreglement for småhuse 1998*. København.

Standarder

Dansk Ingeniørforening. (1986). *Dansk Ingeniørforenings regler for beregning af bygningers varmetab* (5. udg.) (Dansk Standard DS 418 = Normstyrelsens publikationer NP-186-S). København: Teknisk Forlag.

Dansk Standard. (2000). *Tillæg 4 til DS 418, Regler for beregning af bygningers varmetab* (5. udg.) (DS 418/Til. 4). Charlottenlund.

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

Anvisninger

Aggerholm, S., Zachariassen, H., Christensen, G., Olufsen, P., Clausen, V., & Pedersen, P. E. (1995). *Bygningers energibehov: Varmeisoleering. Konstruktionseksempler. Ventilation. Belysning* (SBI-anvisning 184). Hørsholm: Statens Byggeforskningsinstitut.

Brandt, E. (2001). *Vådrum* (By og Byg Anvisning 200). Hørsholm: Statens Byggeforskningsinstitut.

Høffding Knutsson, H. (1989). *Trådbindere til forankring af skalmure og hule mure* (SBI-anvisning 157). Hørsholm: Statens Byggeforskningsinstitut.

Lorentzen, C. A. (1999). *Glas i byggeriet* (SBI-anvisning 192). Hørsholm: Statens Byggeforskningsinstitut.

Statens Byggeforskningsinstitut. (1999). *Småhuse* (2. udg.) (SBI-anvisning 189). Hørsholm.

BYG-ERFA blade

Berthelsen, S., Brandt, E., & Bunch-Nielsen, T. (1997). *Dampspærrer i*

loft og ydervægge: Udførelse og detaljer (BYG-ERFA erfaringsblad 97 07 04). Hørsholm: BYG-ERFA.

Brandt, E., Kauffmann, I., Petri Godtkjær, M., & Nielsen, V. (2001).

Gennemføring af rør i vådrumsgulve og -vægge (BYG-ERFA erfaringsblad 01 09 28). Ballerup: BYG-ERFA.

Brandt, E., & Nielsen, V. *Gulvafløb og afløbsledninger i badeværelser* (BYG-ERFA erfaringsblad 02 09 20). Ballerup: BYG-ERFA.

Buhelt, M. (2001). *Stormskader på murede gavltrekanter* (BYG-ERFA erfaringsblad 01 10 03). Ballerup: BYG-ERFA.

Christensen, G., & Brandt, E. (1999). *Ventilation af tagkonstruktioner: Gitterspærtage, paralleltage/skråtage og hanebåndstage med udnyttet tagetage* (BYG-ERFA erfaringsblad 99 09 20). Ballerup: BYG-ERFA.

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

Andre

Brandt, E. (2001). *Trægulve 1: Lægning og reparation* (2. udg.) (TRÆ 41). Lyngby: Træbranchens Oplysningsråd.

Brandt, E., & Munch-Andersen, J. (2001). *Lægter på tage* (TRÆ BB26, afsnit 16). Lyngby: Træbranchens Oplysningsråd.

Buhelt, M., & Munch-Andersen, J. (2002). *Forslag til loftkonstruktion for småhuse*. Hørsholm: Statens Byggeforskningsinstitut. Lokaliseret på www.by-og-byg.dk.

Dansk forening af Fabrikanter af Varmeisoleringsmaterialer. (2000). *U-værdi 2000*. Hørsholm.

Elektricitetsrådet. (1993). *Elektriske installationer 1993: Stærkstrøms-bekendtgørelsen*. København.

Grau, K., & Aggerholm, S. (1999). *Bygningers varmebehov 98, Bv98: Pc-program til beregning af varmebehov og energiramme*. Hørsholm: Statens Byggeforskningsinstitut.

Murerfagets Oplysningsråd. (1999). *Oplægning af tegltage* (Tegl 36). København.

Efter udgivelsen af Tillæg 1 til Bygningsreglement for småhuse, 1998, er en række oplysninger i 'SBI-anvisning 189: Småhuse' ikke længere fyldestgørende. Først og fremmest stilles der nu krav til linietab, dvs. ekstra varmetab fx langs fundamenter og omkring vinduer. Dette tillæg til småhusanvisningen angiver værdier for linietab og redegør for de ændringer, der er sket i beregningen af varmebehovet ved brug af energirammen. På baggrund af ny viden anvises desuden bedre løsninger vedrørende indbygning af yderdøre, udførelse af vådrum og fastholdelse af murede gavltrekanter.