

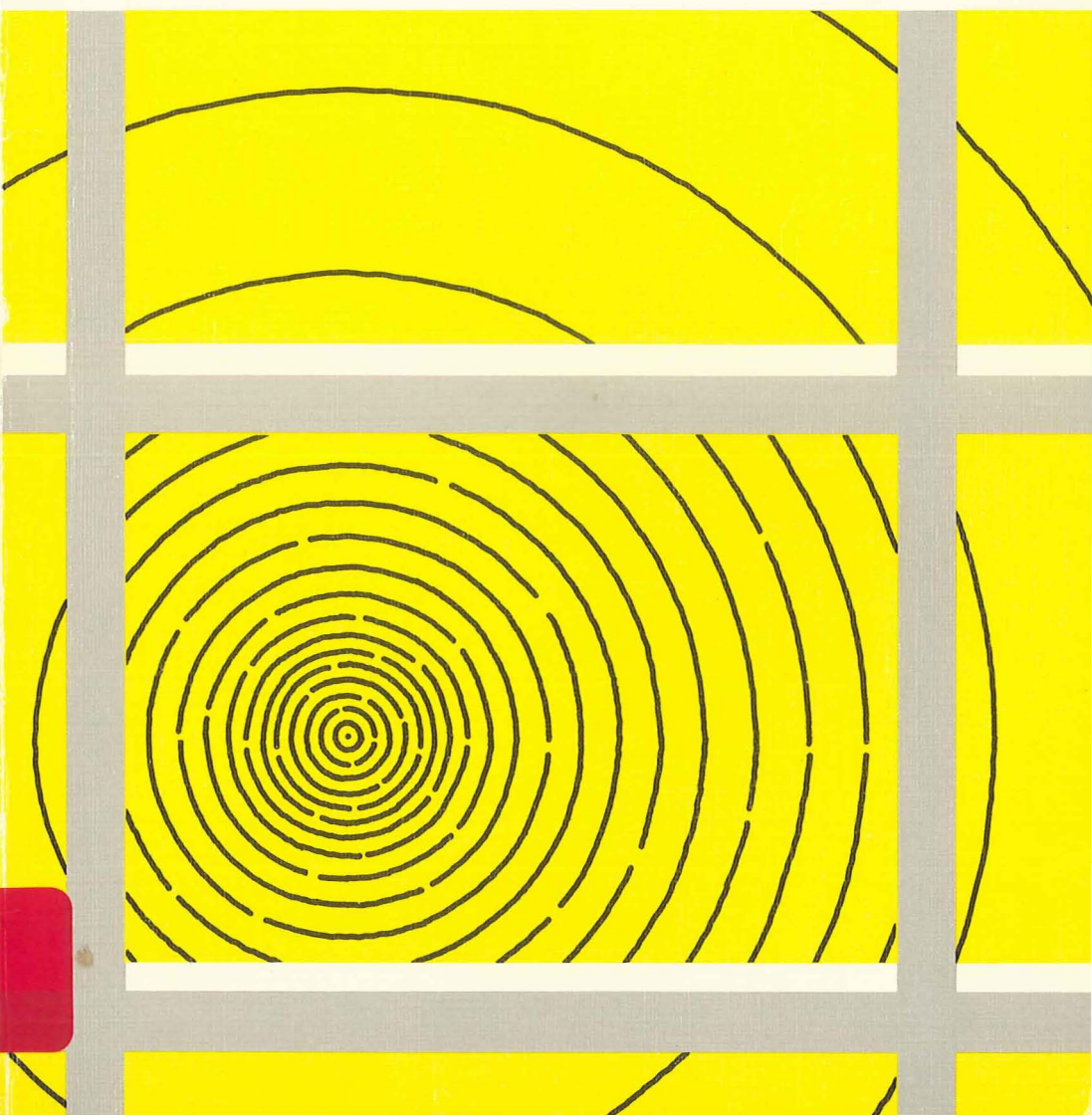
SBI-publik

Bygningers lydisolering



NYERE BYGNINGER

SBI-ANVISNING 172 · STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT 1992



BYGNINGERS LYDISOLERING

NYERE BYGNINGER

JØRGEN KRISTENSEN

STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT

U.3
26 JAN. 1992 00030 P



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

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 og publikationskatalog 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 87-563-0788-8.

ISSN 0106-6757.

Pris: Kr. 146,50 inkl. 22 pct. moms.

Oplag: 5000.

Tegninger: Grete Hartmann Petersen,
Nina Herløv og Annette Juul Muusfeldt.

Omslag: Henning Holmsted.

Tryk: Dyva Bogtryk, Glostrup.

Statens Byggeforskningsinstitut,
Postboks 119, 2970 Hørsholm.
Telefon 42 86 55 33.

Eftertryk i uddrag tilladt, men kun med kildeangivelsen:
SBI-anvisning 172: Bygningers lydisolering.
Nyere bygninger. 1992.

Indhold

Forord	7	Vægge med lydisolerende forsatsvæg	34
Terminologi og symbolik	9	Beton- og letkonstruktionsbeton ...	35
		Betondæk med lydisolerende underloft	36
Kapitel 1. Lovmæssige bestemmelser	10	Gulvkonstruktioner	38
Bygningsreglementer	10	Trægulve på strøer	39
Andre reglementer, bestemmelser og vejledninger	16	Svømmende betongulve	40
		Svømmende asfaltgulve	41
		Trinlyddæmpende gulvbelægninger	42
Kapitel 2. Vurdering af lydisolation	18	Ydervægge af mursten	43
Vægtning af luftlydisolation R'_{lv}	18	Ydervægge af beton	44
Vægtning af trinlydniveau $L'_{n,w}$	19	Ydervægge helt eller delvis af letbeton	45
Vægtning af trinlyddæmpning ΔL_w	20	Lette ydervægge	46
Trinlyddæmpning ΔL	20	Tagdæk og tagkonstruktioner af træ	47
Referencedæk	20	Søjler og bjælker	49
Referencegulvbelægning	22	Mærkningsordninger for døre og vinduer	50
Ækvivalent vægtet trinlydniveau	22	Døre	50
Konstruktioners isolationsværdier ..	25	Vinduer	51
Isolationsværdier for luftlydisolation	25		
Isolationsværdier for trinlydniveau	25	Kapitel 4. Samlinger	55
Vurdering af prøvningsresultater ...	25	Gulve, generelt	55
Subjektiv vurdering af lydisolation .	26	Fuger, generelt	57
		Enkeltvæg/fundament	59
Kapitel 3. Bygningsdele	27	Dobbeltvæg/fundament	60
Enkeltvægge af mursten	28	Indervæg/tung ydervæg	62
Enkeltvægge af beton	29	Indervæg/let ydervæg	66
Enkeltvægge af letbeton eller letkonstruktionsbeton	30	Enkeltvæg/dæk, sammenstøbt	70
Dobbeltvægge af mursten, beton, letbeton og letkonstruktionsbeton .	31	Dobbeltvæg/dæk, sammenstøbt ...	74
Enkelte og dobbelte stålskeletvægge	32	Indervæg/dæk, tilsluttet	76
		Træetageadskillelser i rækkehuse	78
		Indervæg/tagdæk	79

Indervæg/tagkonstruktion af træ	81	Elevatorer og affaldsskakte	122
Massiv indervæg/massiv indervæg	85	El- og antenneinstallationer	123
Stålskeletvæg/indervæg	88	Kapitel 7. Efterklangstid	124
Tung ydervæg/dæk	90	Trapperum og fællesgange	124
Let ydervæg/dæk	94	Undervisningsrum	126
Væg, forsatsvæg/dæk, underloft	95	Klasserum	126
Søjle/bjælke-systemer i beton	99	Klasserum til særundervisning	126
Søjle/bjælke-systemer i træ	102	Undervisningsområder - åben plan	127
Dør, vindue/indervæg, ydervæg ..	104	Sang- og musikrum	127
Kapitel 5. Isolering mod trinlyd ...	106	Gymnastiksale og svømmehaller	128
Trapper	106	Daginstitutioner	129
Indstøbte reposer og trappeløb ..	107	Arbejdsrum	130
Oplægning af svømmende trapper	107	Kontorrum	130
Trappehus uden for bygningskroppen	108	Produktionsrum	130
Trapper inde i boligen	108	Kapitel 8. Lydens udbredelse og måling	132
Altangange, altaner og terrasser ..	109	Luftlyd	133
Belægninger på trapper, altangange mv.	110	Koincidens	134
Bade- og wc-rum	111	Dobbeltvægge	135
Betondæk uden svømmende gulve	111	Dobbeltvægges resonans	136
Betondæk med svømmende gulve	111	Bygningslyd	137
Præfabrikerede baderum	113	Trinlyd	137
Afløb	114	Absorption	139
Kapitel 6. Installationer - lydtransmission og støj	115	Målemetoder	140
Radiatoranlæg	115	Litteratur	144
Lydtransmission gennem radiatorer og rør	116	Summary	147
Lydtransmission i rørgennemføringer	117		
Støj fra radiatorer og rør	117		
Vandforsyningsanlæg	118		
Ventilationsanlæg	119		
Lydtransmission i ventilationsanlæg	119		
Støj fra ventilationsanlæg	120		
Støj fra andre anlæg	121		

Forord

Kravene til bygningers lydforhold er primært anført i bygningsreglementerne: »Bygningsreglement 1982« (BR-82) og »Bygningsreglement for småhuse 85« (BR-S 85), men desuden findes sekundært i anden lovgivning en række bestemmelser med direkte eller indirekte krav, der har relation til bygningers lydforhold.

Erfaringer viser, at der ud over reglementernes bestemmelser er behov for eksempler på og detaljerede vejledninger i den lydæssige udførelse af bygningsdele og samlinger. SBI har derfor udarbejdet denne anvisning, der følger bestemmelserne i bygningsreglementerne og anvender den heri benyttede terminologi. Desuden refereres også til bestemmelser i anden lovgivning med relation til lydforhold.

Ved nyere bygninger forstås i denne anvisning primært bygninger, der er opført efter de gældende bygningsreglementer, men anvisningens indhold er også anvendelig ved renovering af såvel fleretages beboelsesbygninger som rækkehuse, skoler mv. opført med støbte dæk.

Indholdet i anvisningen er i vid udstrækning baseret på SBI's erfaringsmateriale. Dette omfatter blandt andet projektering og udførelse, og på denne baggrund advares der i anvisningen mod en række typiske lydæssige fejl i byggeriet.

Anvisningen er en revision af SBI-

anvisning 112: »Bygningers lydisolering. Nye bygninger«. I den reviderede udgave er der foretaget en række ændringer og udvidelser, navnlig i kapitel 2 og 4. Ordet lydklasse er erstattet med ordet isolationsværdi for ikke at skabe risiko for forveksling ved en eventuel anvendelse af ordet i forbindelse med EF's »Byggevedretning«.

I anvisningens kapitel 1 er i tabelform givet oversigter over gældende krav vedrørende lydforhold, og i tilknytning her til er anført eksempler på bygningsdele, der kan forventes at opfylde kravene.

Anvisningens kapitel 2 giver en kortfattet redegørelse for de metoder, der anvendes til at vurdere måleresultater i relation til de opstillede krav vedrørende lydforhold. Desuden omtales mere generelt hvordan vurdering af lydisolering kan udføres.

I kapitlerne 3 og 4 er foretaget en systematisk gennemgang af de lydæssige egenskaber ved en lang række typiske adskillende bygningsdele og af samlingerne mellem dem. Vurderingen af samlingers lydisolering for konstruktioner af letbeton, for så vidt de indgår i den bærende konstruktion eller er en del af ydervæggene, er foretaget ud fra den forudsætning, at samlingerne er udført som traditionelle samlinger.

I anvisningens kapitler 5 og 6 gives eksempler på, hvordan man ved bygningsmæssige foranstaltninger kan begrænse trinlyd fra trapper, altaner og

baderum og lydtransmission gennem installationer. Der gives kun i begrænset omfang anvisning på, hvorledes støj-dæmpning i installationer kan udføres.

I kapitel 7 omtales lyddæmpning af trapperum og lydregulering af undervisningslokaler, og endelig bringer kapitel 8 en kortfattet elementær fremstilling af lydets udbredelse i bygninger og af metoderne til begrænsning af lydgener i almindelighed.

De eksempler på bygningsdele og samlinger, der er omtalt i denne anvisning, kan kun forventes at have den anførte lydtekniske kvalitet, hvis udførelsen sker på teknisk og håndværksmæssig forsvarlig måde. Der er peget på nogle af de forhold ved udførelsen, der er særlig vigtige for, at en tilstrækkelig lydmæssig kvalitet kan opnås, fx tætning af fuger og samlinger og foranstaltninger mod flanketransmission.

Det er naturligvis også muligt at opfylde kravene til lydforhold ved hjælp af andre konstruktioner og samlinger end dem, der er omtalt her i anvisningen. Laboratoriemålinger af bygningsdeles

lydisolation kan være en hjælp ved bedømmelsen af bygningsdeles forventede lydisolation. Lydtransmissionsforholdene i et laboratorium er dog forskellige fra forholdene i praksis og vil almindeligvis give gunstigere måleresultater end dem, der kan opnås i det indflytningsfærdige byggeri.

Anvisningen henvender sig først og fremmest til projekterende teknikere, udførende og til offentlige myndigheder. Vi håber, den desuden kan være til nytte ved undervisningen af såvel studerende som håndværkere.

Rådgivende civilingeniør A. E. Wiuff har foretaget kritisk gennemlæsning af manuskriptet.

Med henblik på en eventuel senere revision af denne anvisning modtager SBI meget gerne forslag til ændringer og supplerende eksempler.

Statens Byggeforskningsinstitut
Afdelingen for Materialer og Konstruktioner, december 1991
Georg Christensen

Terminologi og symbolik

Generel betegnelse	Terminologi	Symbol	Enhed
Absorption	Ækvivalent lydabsorptionsareal	A	m^2
	Lydabsorptionskoefficient	α	
Areal	Areal	S	m^2
Frekvens	Frekvens	f	Hz
	Kritisk frekvens eller grænsefrekvens	f_c	Hz
	Resonansfrekvens	f_r	Hz
Luftlydisolation	Reduktionstal (laboratorium)	R	dB
	Vægtet reduktionstal (laboratorium) DS 2186, del 1	R_w	dB
	Reduktionstal (bygning)	R'	dB
	Vægtet reduktionstal (bygning) DS 2186, del 1	R'_w	dB
Støjniveau eller lydtrykniveau	A-vægtet lydtrykniveau	L_{pA}	dB
	Energiækvivalent A-vægtet lydtrykniveau	L_{AeqT}	dB
	Energiækvivalent A-vægtet lydtrykniveau korrigeret med eventuelt tillæg for ren tone eller impuls	L_r	dB
	Normeret A-vægtet lydtrykniveau for armaturer til vandforsyningsanlæg	L_{ap}	dB
Tid	Efterklangstid	T	s
	Måletidsrum (tidsenheden anføres, når der ikke benyttes timer)	T	h
Trinlydniveau	Trinlydniveau (laboratorium)	L_n	dB
	Vægtet trinlydniveau (laboratorium) DS 2186, del 2	$L_{n,w}$	dB
	Trinlydniveau (bygning)	L'_n	dB
	Vægtet trinlydniveau (bygning) DS 2186, del 2	$L'_{n,w}$	dB
Trinlyddæmpning	Trinlyddæmpning (laboratorier og bygninger)	ΔL	dB
	Vægtet trinlyddæmpning relateret til referencedæk	ΔL_w	dB

Den benyttede terminologi og symbolik er i det væsentlige beskrevet i de i DS 2188 »Akustik. Ordliste« nævnte standarder samt standarderne DS/ISO 31/VII »Fysiske størrelser og måleenheder. Akustik«, DS/ISO 3822/1 »Akustik. Laboratorieundersøgelser af støj fra armaturer og udstyr i brugsvandinstallationer. Del I. Målemetode«, og ISO 717/2 »Acoustics-Rating of sound insulation in buildings and building elements. Part 2: Impact sound insulation« samt NT ACOU 034: »Floor Coverings: Rating of impact sound improvement«.

Vedrørende lydisolering af ældre bygninger med træetageadskillelser henvises til SBI-anvisning 173: »Bygningers lydisolering. Ældre bygninger«.

Kapitel 1. Lovmæssige bestemmelser

Bygningslovgivningen omfatter foruden byggeloven en lang række andre love. I flere af disse love findes bestemmelser om lydforhold eller bestemmelser, som direkte har betydning for lydforhold. De væsentligste bestemmelser for beboelsesbygninger og bygninger til undervisningsformål findes imidlertid i bygningsreglementerne, som udgives af Boligministeriet i medfør af bygge-loven.

Bygningsreglementer

I »Bygningsreglement 1982« (BR-82) og »Bygningsreglement for småhuse 85« (BR-S 85) er kravene vedrørende lydforhold udtrykt i overensstemmelse med gældende ISO-normer.

Bygningsreglementernes bestemmelser om luftlydisolation, trinlydniveau, efterklangstid og støjniveau angiver det laveste acceptable kvalitetsniveau. Bygningsdele skal opfylde de i bygningsreglementerne specificerede krav, som er gengivet i omstående tabeller og nærmere beskrevet i de følgende kapitler.

Kravene til isolation mod trinlyd i beboelsesrum og undervisningsrum er udtrykt ved trinlydniveau pr. $\frac{1}{3}$ oktav.

Alle krav til efterklangstid er anført ved gennemsnitsværdier, hvilket gør det lettere at afgøre, om kravene er overholdt, og at anvise metoder til at overholde dem.

Kravene vedrørende tilladeligt støjni-

veau fra installationer i opholdsrum, undervisningsrum og på udendørs rekreative arealer er anført ved det energi-ækvivalente A -vægtede lydtrykniveau.

I bygningsreglementerne er indført en bestemmelse, hvorefter der, når det udendørs støjniveau fra trafik overstiger 55 dB ved bebyggelsers ydervægge, kan stilles krav i byggetilladelsen om, at støjniveauet, $L_{Aeq,24}$, ikke må overstige 30 dB i bygningens opholdsrum. I ydervægge med udeluftventiler i vægge eller vinduer gælder denne bestemmelse for åbne udeluftventiler.

I bygningsreglementerne stilles der ingen krav til lydisolationen mellem rum i en bolig. Imidlertid er der ofte i flerrumsboliger behov for en rimelig lydisolation mellem opholdsrummene. Bygherrer, der ønsker at indbygge en sådan kvalitet i deres boliger, bør mellem mindst ét rum og de øvrige opholdsrum i boligen kræve en luftlydisolation på $R'_w \geq 40$ dB og et trinlydniveau $L'_{n,w} \leq 65$ dB.

Mindste tilladelige luftlydisolation R'_w for vægge, etageadskillelser og døre ¹⁾ i:						
Beboelsesbygninger		Hoteller, plejehjem mv. Beboelsesenheder		Undervisningsbygninger Undervisningsrum		
Sammenbyggede enfamiliehuse	Etageboliger Hori-sontal retning	Vertikal retning	Hori-sontal retning	Vertikal retning	Hori-sontal retning	Vertikal retning
Mellem bolig og rum i om-liggende boliger, beboelsesenheder, trappe- og fællesrum	55 dB ²⁾	52 dB	53 dB	52 dB	53 dB	
Mellem bolig og rum til fælles service eller erhvervs-mæssig virksomhed ³⁾	60 dB	60 dB	60 dB	60 dB	60 dB	
Døre mellem boliger og fællesrum		32 dB		32 dB ⁴⁾		
Mellem undervisningsrum og mellem undervisningsrum og fællesrum					48 dB	51 dB
Mellem undervisningsrum og undervisningsrum til sang, musik, sløjd samt mellem undervisningsrum til sang, musik og sløjd indbyrdes					60 dB	60 dB
Døre mellem undervisningsrum					37 dB	
Døre mellem undervisningsrum og fællesgang					27 dB	

¹⁾ Kravene vil generelt kunne anses for opfyldt af døre i lydklasserne 30, 35 og 40 dB, jf. DS 1082, 3. udgave 1982.

²⁾ Ikke mellem to boliggarager og udhuse indbyrdes.

³⁾ Større luftlydisolation er nødvendig mellem fx et diskotek og en bolig for at nå ned på et støjniveau i boligen, som kan tilfredsstille kravene i Miljøstyrelsens vejledning nr. 5/1984, »Ekstern støj fra virksomheder«. Den mindste tilladelige luftlydisolation R'_w vil i dette tilfælde være ca. 75 dB.

⁴⁾ For døre til plejehjem dog kun 27 dB, når dørbredden er 1,0-1,2 m.

Tabel 1.1. Kravene til luftlydisolation i beboelsesbygninger mv. og i undervisningsbygninger i henhold til BR-82 og BR-S 85.

	Mindste tilladelige luftlydisolation R'_w			
	60 dB ¹⁾	55 dB	52 dB	48 dB
Enkeltvæg af:				
mursten i tykkelsen	1-sten + forsatsvæg	1 1/2-sten	1-sten	
kalksandstensblokke i tykkelsen		230 mm		190 mm ²⁾
beton i tykkelsen	150 mm + forsatsvæg		150 mm	120 mm
Dobbeltvæg af:				
mursten i tykkelsen	2 × 1/2-sten			
beton i tykkelsen	2 × 100 mm			
l. k. beton i tykkelsen	2 × 100 mm			
gipspladebeklædt stålskelet ³⁾				
i tykkelsen	230 mm med 2 × 3 plader	230 mm med 2 × 2 plader	145 mm med 2 × 2 plader	

¹⁾ For at opnå en luftlydisolation på 60 dB med massive vægge kræves en tykkelse på 350–400 mm for betonvægge og på 2–2 1/2-sten for murstensvægge.

²⁾ Forudsat ringe flanketransmission.

³⁾ Se tabel 3.6.

Tabel 1.2. Eksempler på vægge som kan forventes at opfylde bygningsreglementernes krav til luftlydisolation. Vedrørende udførelse og samlinger, se kapitlerne 3 og 4.

	Mindste tilladelige luftlydisolation R'_w			
	60 dB	55 dB	53 dB	51 dB
Svømmende gulv på:				
massiv betonplade i tykkelsen	150 mm + underloft	185 mm	150 mm	120 mm
betonhulplade i tykkelsen	185 mm + underloft		185 mm	
betonribbeplade med rumvægten	320 kg/m ² + underloft		320 kg/m ²	280 kg/m ²
Trinlyddæmpende belægning på:				
massiv betonplade i tykkelsen	185 mm + underloft	250 mm	185 mm	
betonhulplade med afretning med densiteten	430 kg/m ² + underloft		430 kg/m ²	

Tabel 1.3. Eksempler på etageadskillelser som kan forventes at opfylde bygningsreglementernes krav til luftlydisolation. Vedrørende udførelse og samlinger, se kapitlerne 3 og 4.

	Største tilladelige trinlydniveau $L'_{n,w}$ i:			
	Beboelsesbygninger		Hoteller, plejehjem mv.	Undervisningsbygninger
	Rum ¹⁾ i sammenbyggede enfamiliehuse	Rum ¹⁾ i etageboliger	Beboelsesrum, fælles opholdsrum	Undervisningsrum
Fra:				
Gulve i omliggende boliger ²⁾ , trapper, reposer, tagterrasser, altangange	53 dB	58 dB ³⁾	58 dB ³⁾	
Gulve i omliggende bade-, wc-, pulterrum og lign. over 2,5 m ²	58 dB			
Gulve i omliggende bade- og wc-rum samt altaner over 2,5 m ²		63 dB	63 dB	
Gulve i rum til fælles service eller erhvervmæssig virksomhed	48 dB	48 dB ⁴⁾	48 dB ⁴⁾	
Gulve i omliggende rum				63 dB
Gulve i omliggende undervisningsrum til sang, musik og sløjd				53 dB

¹⁾ Bade-, wc-, pulterrum og lign. dog undtaget.

²⁾ Bade-, wc-, pulterrum samt altaner under 2,5 m² dog undtaget.

³⁾ For køkkener ved altangange dog op til 63 dB.

⁴⁾ Lavere trinlydniveau er nødvendigt, fx fra et diskotek til en bolig, for at nå ned på et støjniveau i boligen, som kan tilfredsstille kravene i Miljøstyrelsens vejledning nr. 5/1984, »Ekstern støj fra virksomheder«. Det højeste tilladelige trinlydniveau, $L'_{n,w}$ vil i dette tilfælde være ca. 25 dB.

Tabel 1.4. Kravene til trinlydniveau i beboelsesbygninger mv. og undervisningsbygninger i henhold til BR-82 og BR-S 85.

	Største tilladelige trinlydniveau $L'_{n,w}$			
	48 dB	53 dB	58 dB	63 dB
Svømmende gulv på:				
massiv betonplade i tykkelsen		185 mm	150 mm	120 mm
betonhulplade i tykkelsen			185 mm	
betonribbeplade med rumvægten			320 kg/m ²	280 kg/m ²
Trinlyddæmpende belægning på:				
massiv betonplade i tykkelsen		250 mm	185 mm	
betonhulplade med afretning med densiteten			430 kg/m ²	

Tabel 1.5. Eksempler på etageadskillelser som kan forventes at opfylde bygningsreglementernes krav til trinlydniveau i direkte underliggende rum (modtagerum). I skråt underliggende rum, hvor den i et etagedæk frembragte lydenergi skal passere en bærende væg, før den fra etagedækkets underside udstråles i modtagerummet, vil trinlydniveauet være ca. 5 dB mindre. Kravet om et trinlydniveau $L'_{n,w}$ på højst 48 dB har normalt ikke relation til gulve i rum direkte under modtagerummet, men til gulve i rum over eller ved siden af modtagerummet.

Vedrørende udførelse og samlinger, se kapitlerne 3 og 4.

I:	Største tilladelige gennemsnitsværdi for efterklangstid T	
	Sekunder	Frekvensområde
Beboelsesbygninger, hoteller, plejehjem mv.:		
Trapperum fælles for flere end 4 boliger	1,3 s	500–3150 Hz
Gange fælles for flere end 2 boliger	0,9 s	500–3150 Hz
Bygninger til undervisning:		
Trapperum	1,3 s	500–3150 Hz
Fællesgange	0,9 s	500–3150 Hz
Klasserum ¹⁾	0,9 s	125–2000 Hz
Klasserum for særundervisning ¹⁾	0,6 s	125–2000 Hz
Gymnastiksale indtil 3500 m ³	1,6 s	125–2000 Hz
Svømmehaller indtil 1500 m ³	2,0 s	125–2000 Hz
Daginstitutioner:		
Opholdsrum	0,5 s	500–3150 Hz

¹⁾ Møblerede rum.

Tabel 1.6. Kravene til efterklangstid i henhold til BR-82.

Fra:	Højest tilladelige lydtrykniveau L_{Aeq} i:		
	Småhuse BR-S 85	Beboelsesbygninger, hoteller, plejehjem mv. BR-82	Undervisningsbygninger
		Beboelsesrum og fælles opholdsrum	Undervisningsrum ¹⁾
Fra:			
Fællesinstallationer (afløbs- og brugsvandsinstallationer, elevatorer, kompressorer, varmecentraler), installationer i vaske-, strygerum o.l.	35 dB	35 dB	
Radiatorer i fælles vandvarmeanlæg. Fælles ventilationsanlæg med indblæsning i opholdsrum	30 dB	30 dB	
Individuelle installationer i omliggende boliger		35 dB	
Individuelle, ikke-manuelt styrede (funktionsstyrede) installationer inden for boligen		35 dB	
Installationer i erhvervsvirksomheder i beboelsesbygninger, hoteller mv.		30 dB	
Tekniske installationer i undervisningsbygninger			35 dB
Varmeanlæg	35 dB		
Mekaniske ventilationsanlæg	35 dB		
Ventilationsmaskineri, varmecentraler, renovationsanlæg, varmeindvindings- eller genindvindingsanlæg mv.	40 dB		Rekreative arealer, herunder altaner, uderum, haver og lignende
		40 dB	

¹⁾ Møblerede rum.

Tabel 1.7. Kravene til støjniveau fra installationer i henhold til BR-82 og BR-S 85. De anførte lydtrykniveauer gælder for umøblerede rum (bortset fra undervisningsrum). Hvis lydtrykniveauet måles i møblerede beboelsesrum, reduceres det tilladelige lydtrykniveau med 3 dB. Støjniveauet måles som det energiekvivalente A -vægtede lydtrykniveau over et tidsrum, der normalt ikke bør være kortere end 2 min., men som ikke må overstige det tidsrum, hvori installationen er i drift. Støjen må ikke indeholde momentane lyde eller hørbare toner. Hvis dette er tilfældet, reduceres de tilladelige lydtrykniveauer med 5 dB.

Andre reglementer, bestemmelser og vejledninger

Også i medfør af anden lovgivning end byggeloven er der udsendt vejledninger og anvisninger med hensyn til grænser for støj i og omkring beboelsesbygninger samt i erhvervslokaler. Visse af disse bestemmelser skal omtales her.

I Miljøstyrelsens vejledning nr. 5/1984, »Ekstern støj fra virksomheder«, angives grænser for summen af ekstern støj fra virksomheder og for støj transmitteret fra en virksomhed til en bolig inden for samme bygning.

Begrebet erhvervsaktivitet kan i princippet fortolkes meget vidt. Støj fra såvel forretninger og værksteder som fra foreningslokaler, varmecentraler og lignende skal vurderes med udgangspunkt i de niveauer, der er anført i den nævnte vejledning. Dette gælder både ved etablering af nye virksomheder og ved bedømmelse af støjgener fra eksisterende virksomheder.

I Miljøstyrelsens vejledning nr. 3/1982, »Støj og lugt fra restaurationer«, behandles en række støjmæssige problemer ved etablering af restaurationer, der også har relation til tabellerne 1.8 og 1.9 samt fodnoterne til tabellerne 1.1 og 1.4.

I Miljøstyrelsens vejledning nr. 3/1984, »Trafikstøj i boligområder«, anføres, hvilke støjniveauer der ikke bør overskrides ved kommune- og lokalplanlægning samt ved projektering af boligbebyggelse.

Det anføres i vejledningen, at som en generel rammebestemmelse må boligområder ikke påføres støj fra vejtrafik, der overstiger $L_{Aeq,24} = 55$ dB, og kan dette ikke opnås, må der stilles særlige krav til udformningen af boligbebyggelsen. Der kan fx stilles krav om, at støj-

niveauet $L_{Aeq,24}$ på bebyggelsens primære opholdsarealer ikke overstiger 55 dB, og at det ved mindst en af bygnings facader ikke overstiger 55 dB. Miljøstyrelsen betragter udendørs støjniveauer på $L_{Aeq,24} = 65$ dB som den øvre grænse for acceptabel støjbelastning på facader ud for rum, der kun har vinduer i den støjeksponerede facade. Endvidere anføres, at erfaringer viser, at det i praksis er vanskeligt at overholde krav om et maksimalt støjniveau på $L_{Aeq,24} = 30$ dB indendørs, hvis det udendørs støjniveau overstiger 65 dB. I vejledningen anføres desuden, at indendørs støjniveauer $L_{Aeq,24}$ i kontorer, daginstitutioner og lignende ikke bør overstige 35 dB.

I medfør af såvel kommuneplanloven som boligstøtteleven kan der stilles betingelser til byggeri med hensyn til maksimalt tilladelig indendørs støj fra vejtrafik. Men kommunerne benytter i overvejende grad hjemmelen i bygningsreglementerne.

	Vejledende øvre grænser for støjniveauet L_r		
Tidsrum			
Hverdage: mandag-fredag	kl. 07-18	kl. 18-22	kl. 22-07
lørdag	kl. 07-14	kl. 14-22	kl. 22-07
Søn- og helligdage		kl. 07-22	kl. 22-07
Områder planlagt for:			
Blandet bolig- og erhvervsbebyggelse, centerområder (bykerner)	55 dB	45 dB	40 dB ¹⁾
Etagehusbebyggelse	50 dB	45 dB	40 dB ¹⁾
Åben og lav bebyggelse	45 dB	40 dB	35 dB ¹⁾
Måletidsrum T	arbejdstiden eller 8 timer	1 time	30 min.

¹⁾ Det maksimale lydtrykniveau $L_{A,max}$ målt med lydtrykmåleren i stilling »fast« må ikke overstige den anførte grænseværdi med mere end 15 dB.

Tabel 1.8. Vejledende grænser for støj i henhold til Miljøstyrelsens vejledning nr. 5/1984, »Ekstern støj fra virksomheder«.

Støjniveauet måles som det energiækvivalente A -vægtede lydtrykniveau $L_{Aeq,T}$. Hvis støjen hverken indeholder en ren tone eller lydimpulser er $L_r = L_{Aeq}$. Hvis den indeholder enten en ren tone eller lydimpulser eller eventuelt begge, adderes 5 dB til L_{Aeq} , dvs. $L_r = L_{Aeq} + 5$ dB. Inden for de respektive referencetidsrum vælges de måletidsrum, som giver det største lydtrykniveau.

	Vejledende øvre grænser for støj		
Tidsrum	Dag kl. 07-18	Aften 07-22	Nat 22-07
Måletidsrum	8 timer	1 time	30 min.
Støjniveau L_r korrigeret for efterklangstid			
Modtagerum:			
Beboelsesrum	30 dB	25 dB ¹⁾	
Kontorer	40 dB	40 dB	
Virksomheder (kontorer undtagne)	50 dB	50 dB	

¹⁾ Det maksimale lydtrykniveau $L_{A,max}$ målt med lydtrykmåleren i stilling »fast« må ikke overstige den anførte grænseværdi med mere end 15 dB.

Tabel 1.9. Vejledende grænser for støj transmitteret i en bygning henholdsvis mellem virksomheder indbyrdes og mellem kontorer (ikke kontorer i samme virksomhed) indbyrdes samt mellem virksomheder generelt og beboelsesrum i henhold til Miljøstyrelsens vejledning nr. 5/1984, »Ekstern støj fra virksomheder«.

Støjniveauet måles som det energiækvivalente A -vægtede lydtrykniveau L_{Aeq} . Hvis støjen hverken indeholder rene toner eller lydimpulser, er $L_r = L_{Aeq}$. Hvis den indeholder enten en ren tone eller lydimpulser eller eventuelt begge, adderes 5 dB til L_{Aeq} , dvs. $L_r = L_{Aeq} + 5$ dB.

Der vælges inden for de respektive tidsrum de måletidsrum, der giver de største lydtrykniveauer. Resultatet skal yderligere korrigeres til en referenceefterklangstid på 0,5, 0,8 og 1,0 sekund for henholdsvis beboelsesrum, kontorer og rum i virksomheder, dvs. at der til L_r skal adderes ($-10 \log (T/\text{referenceefterklangstiden})$), hvor T er rummets efterklangstid ved 500 Hz.

Kapitel 2. Vurdering af lydisolation

I BR-82 og BR-S 85 benyttes de i DS 2186, del 1 og 2 angivne regler for vurdering af luftlydisolation og trinlydniveau. Der benyttes symbolerne R'_w for luftlydisolation, $L'_{n,w}$ for trinlydniveau og ΔL_w for trinlyddæmpning, se afsnittet »Terminologi og symbolik«.

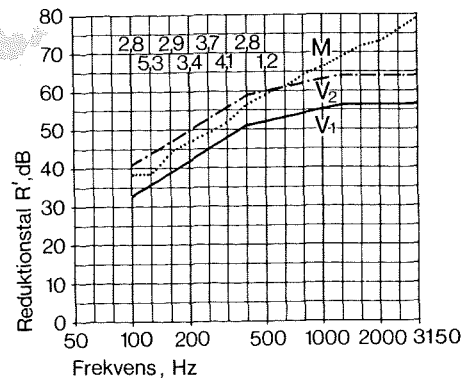
Vægtning af luftlydisolation R'_w

R'_w angiver med et enkelt tal luftlydisolationen mellem to rum, bestemt på grundlag af de tilsyneladende reduktionstal R' pr. $\frac{1}{3}$ oktav i frekvensområdet 100–3150 Hz, der indeholder seksten $\frac{1}{3}$ oktaver, som karakteriseres ved deres centerfrekvens. Målinger skal foretages ved alle $\frac{1}{3}$ oktaver i frekvensområdet og på grundlag af måleresultaterne beregnes reduktionstallet, fortrinsvis med 1 decimal, for hver af de seksten centerfrekvenser – her kaldet »Måleresultat«.

R'_w findes derefter ved at måleresultatet, dvs. reduktionstallet R' indtegnes i et diagram som funktion af frekvensen. Måleresultatet er betegnet M , se figur 2.1.

Dernæst indtegnes i samme diagram en standardiseret vurderingskurve V_1 , og som udgangsbegivenhed for denne er valgt et kurveforløb der har ordinatværdien 52 dB ved 500 Hz.

Så forskydes vurderingskurven parallelt med ordinataksen i trin på 1 dB til den beliggenhed V_2 , som er bestemt af,



Figur 2.1. Bestemmelse af luftlydisolationen R'_w . Kurve M angiver »Måleresultat«, dvs. reduktionstallet R' som funktion af frekvensen, fortrinsvis med 1 decimal. Kurve V_1 er en standardiseret vurderingskurve med ordinatværdien 52 dB ved 500 Hz. Kurve V_2 er den forskudte vurderingskurve, hvor summen af ugunstige afvigelser netop ikke overstiger 32,0 dB. Kurvens ordinatværdi ved 500 Hz angiver luftlydisolationen R'_w , som i eksemplet er 60 dB.

at summen af ugunstige afvigelser ikke må overstige 32,0 dB. Ved ugunstige afvigelser forstås måleresultater, der ligger under den forskudte vurderingskurve V_2 . Ifølge standarden skal ugunstige afvigelser større end 8 dB anføres i målerapporter.

Tallene foroven i figuren angiver ugunstige afvigelser, hvoraf den største i eksemplet er 5,3 dB, og summen af ugunstige afvigelser er i dette tilfælde

26,2 dB. Hvis kurven V_2 forskydes endnu et trin op, bliver summen af ugunstige afvigelser 34,7 dB, dvs. over det tilladte maksimum (32,0 dB).

Den aktuelle luftlydisolation R'_w aflæses nu som den forskudte vurderingskurves ordinatværdi ved frekvensen 500 Hz. Symbolet R'_w bruges for målinger i bygninger. For målinger i laboratorium benyttes symbolet R_w .

Vægtning af trinlydniveau $L'_{n,w}$

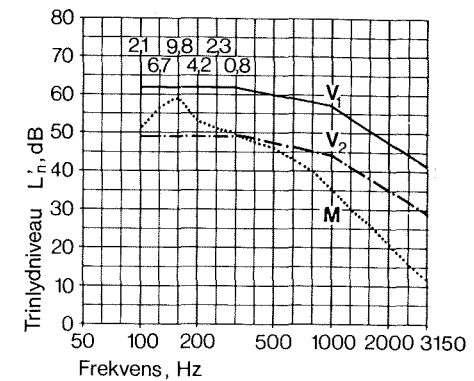
$L'_{n,w}$ angiver med et enkelt tal trinlydniveauet i et rum, bestemt på grundlag af trinlydniveauet L'_n for hver $\frac{1}{3}$ oktav i frekvensområdet 100–3150 Hz, der indeholder seksten $\frac{1}{3}$ oktaver, som karakteriseres ved deres centerfrekvens. Målingerne skal foretages ved alle $\frac{1}{3}$ oktaver i frekvensområdet og på grundlag af måleresultaterne beregnes trinlydniveauet, fortrinsvis med 1 decimal, for hver af de seksten centerfrekvenser – her kaldet »Måleresultat«.

$L'_{n,w}$ findes derefter ved at måleresultatet, dvs. trinlydniveauet L'_n i dB pr. $\frac{1}{3}$ oktav indtegnes i et diagram som funktion af frekvensen. Måleresultatet er betegnet M , se figur 2.2.

Dernæst indtegnes i samme diagram en standardiseret vurderingskurve V_1 , og som udgangsbegivenhed for denne er valgt et kurveforløb, der har ordinatværdien 60 dB ved 500 Hz.

Så forskydes vurderingskurven parallelt med ordinataksen i trin på 1 dB til den beliggenhed V_2 , som er bestemt af, at summen af ugunstige afvigelser ikke må overstige 32,0 dB. Trinlydniveauet $L'_{n,w}$ aflæses nu som den forskudte vurderingskurves ordinatværdi ved frekvensen 500 Hz.

Ved ugunstige afvigelser forstås måleresultater, der ligger over den forskudte



Figur 2.2. Bestemmelse af trinlydniveauet $L'_{n,w}$. Kurve M angiver »Måleresultat«, dvs. trinlydniveauet L'_n som funktion af frekvensen, fortrinsvis med 1 decimal. Kurve V_1 er den standardiserede vurderingskurve, der har ordinatværdien 60 dB ved 500 Hz, og kurve V_2 er den forskudte vurderingskurve, hvor summen af ugunstige afvigelser netop ikke overstiger 32,0 dB. Kurvens ordinatværdi ved 500 Hz angiver trinlydniveauet $L'_{n,w}$, som i eksemplet er 47 dB.

vurderingskurve V_2 . Ifølge standarden skal ugunstige afvigelser større end 8 dB anføres i målerapporter.

Tallene foroven i figuren angiver ugunstige afvigelser, hvoraf den største i eksemplet er 9,8 dB, og summen af ugunstige afvigelser er i dette tilfælde 25,9 dB. Hvis kurven V_2 forskydes endnu et trin ned, bliver summen af ugunstige afvigelser 32,1 dB, dvs. over det tilladte maksimum (32,0 dB).

Vægtning af trinlyddæmpning ΔL_w

Den vægtede trinlyddæmpning ΔL_w er en regnestørrelse, hvormed man under visse betingelser, ved hjælp af et enkelt tal, kan beregne trinlydniveauet for et støbt dæk, når dette tænkes forsynet med et gulv eller en gulvbelægning, hvis vægtede trinlyddæmpning ΔL_w kendes. Metoden er principielt udviklet til brug i forbindelse med bedømmelse af gulve eller gulvbelægnings forbedring af trinlydniveauer, når de udlægges på betondæk. En tilsvarende mulighed for bedømmelse af den forventede forbedring af trinlydniveau er også blevet aktuelt for gulvbelægninger udlagt på træetageadskillelser i forbindelse med renovering af ældre bygninger. Trinlyddæmpningen for den samme gulvbelægning er imidlertid afhængig af, om belægningen udlægges på støbte dæk eller træetageadskillelser. Derfor har det været nødvendigt, med udgangspunkt i metoden der er beskrevet i ISO 717 part 2, at fastlægge nogle specielle prøvningsbetingelser for måling af belægnings forbedring af trinlydniveauet for træetageadskillelser. Metoden og de relevante prøvningsbetingelser er beskrevet i NT ACOU 034. Den vægtede trinlyddæmpning for betondæk og træetageadskillelser er, hvor der kan opstå misforståelser, symboliseret ved henholdsvis $\Delta L_{w,c}$ og $\Delta L_{w,t}$. Indices c og t står for henholdsvis concrete og timber.

I det følgende omtales overvejende trinlyddæmpning for betondæk, mens der for træetageadskillelser vedkommende henvises til SBI-anvisning 173: »Bygningers lydisolering. Ældre bygninger«.

Beregning af den vægtede trinlyddæmpning $\Delta L_{w,c}$ for en gulvbelægning sker i forhold til et fastlagt trinlydniveau

for et fiktivt betondæk, der betegnes referencedækket.

Trinlyddæmpning ΔL

Betegnelsen ΔL angiver differencen pr. $\frac{1}{3}$ oktav mellem trinlydniveauerne med og uden gulvbelægning. Differencen er frekvensafhængig. Målingerne udføres normalt i laboratorium, men det er ofte en fordel at måle belægnings trinlyddæmpning på de dæk, hvorpå belægningerne skal udlægges. Der er som regel god overensstemmelse mellem resultater for samme type belægning målt i laboratorium og felt, forudsat at der anvendes tynde belægnings. Overensstemmelsen er mere tvivlsom, når det drejer sig om resultater af målinger på gulvkonstruktioner, hvis virkemåde er meget afhængig af arbejdsudførelsen, fx svømmende gulve af beton.

Ved målinger i laboratorium benyttes betondæk, hvis tykkelser normalt ligger mellem 100 og 160 mm.

Referencedæk

Til at symbolisere referencedækket er valgt et trinlydniveau L_n , der som funktion af frekvensen kan afbildes med to rette liniestykker, og hvis trinlydniveau stort set svarer til det, der normalt måles under et 150 mm betondæk. Trinlydniveauet for dækket uden gulvbelægning symboliseres ved $L_{n,r,0}$ og dets værdier pr. $\frac{1}{3}$ oktav er anført i tabel 2,1, hvor også værdien af det vægtede trinlydniveau $L_{n,w,r,0}$ er anført. Trinlydniveauet for dækket med den aktuelle gulvbelægning som funktion af frekvensen symboliseres ved $L_{n,r}$ og det vægtede trinlydniveau ved $L_{n,w,r}$. Mellem trinlyd-

Frekvens Hz	Trinlydniveau, $L_{n,r,0}$, for referencedæk af beton dB	Trinlyddæmpning, ΔL_r , for referencegulvbelægning dB
100	67,0	0
125	67,5	0
160	68,0	0
200	68,5	2
250	69,0	6
315	69,5	10
400	70,0	14
500	70,5	18
630	71,0	22
800	72,0	26
1000	72,0	30
1250	72,0	30
1600	72,0	30
2000	72,0	30
2500	72,0	30
3150	72,0	30
Vægtet værdi:	$L_{n,w,r,0} = 78$ dB	$\Delta L_{w,r} = 19$ dB

Tabel 2.1. Trinlydniveau og trinlyddæmpning for henholdsvis referencedæk af beton og referencegulvbelægning.

niveauet med og uden gulvbelægning består følgende sammenhæng:

$$L_{n,r} = L_{n,r,0} - \Delta L \quad (2.1)$$

For de vægtede trinlydniveauer fås:

$$L_{n,w,r} = L_{n,w,r,0} - \Delta L_w \quad (2.2)$$

Ved indsætning af værdien for referencedækkets vægtede trinlydniveau, der findes anført i tabel 2.1, fås:

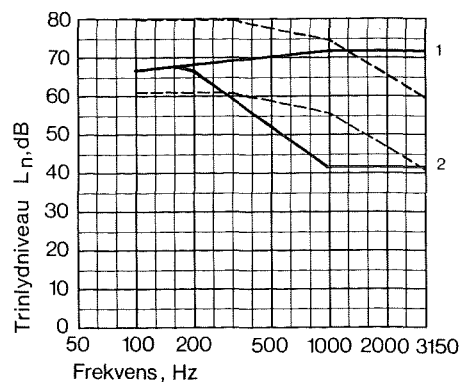
$$L_{n,w,r} = 78 - \Delta L_w \quad (2.2a)$$

Da målinger i laboratorier generelt sker på betondæk, hvis trinlydniveau som funktion af frekvensen ikke nødvendigvis er ens, må beregningen af det vægtede trinlydniveau for hver enkelt måling udføres som ovenfor anført. Det er derfor hensigtsmæssigt at indføre et såkaldt ækvivalent vægtet trinlyd-

niveau, der relaterer det vægtede trinlydniveau for det aktuelle dæk til det vægtede trinlydniveau for referencedækket. Formålet med at indføre disse hjælpe-størrelser er, at den vægtede trinlyddæmpning for en gulvbelægning derved kan beregnes direkte på grundlag af de vægtede værdier af prøvningsresultaterne fra det aktuelle dæk uden omregning via referencedækkets frekvensforløb for hver enkelt gulvbelægning. Ifølge ISO 717/2 anvendes hertil foruden et referencedæk også en referencegulvbelægning.

Referencegulvbelægning

Til at symbolisere referencegulvbelægningens trinlyddæmpning, ΔL_r , er valgt den trinlyddæmpning, der er anført i ISO 717/2 og som funktion af frekvensen kan afbildes med fire rette liniestykker. I praksis kunne den svare til trinlyddæmpningen for en tynd gulvbelægning med et elastisk underlag. Værdierne af trinlyddæmpningen pr. $\frac{1}{3}$ oktav er anført i tabel 2.1, hvor også værdien af den vægtede trinlyddæmpning $\Delta L_{w,r}$ er anført. Beregning af $\Delta L_{w,r}$ udføres ved hjælp af (2.1) og (2.2) og er vist grafisk i figur 2.3.



Figur 2.3. Bestemmelse af den vægtede trinlyddæmpning for referencegulvbelægningen.

Kurve 1: Trinlydniveauet $L_{n,r,0}$ for referencedækket uden gulvbelægning. Det vægtede trinlydniveau $L_{n,w,r,0}$ bestemmes, jf. figur 2.2, af den tilhørende vurderingskurves værdi ved 500 Hz, der er 78 dB.

Kurve 2: Trinlydniveauet $L_{n,r}$ for referencedækket med referencegulvbelægning. Det vægtede trinlydniveau $L_{n,w,r}$ bestemmes af den tilhørende vurderingskurves værdi ved 500 Hz, der er 59 dB.

Den vægtede trinlyddæmpning ΔL_w for referencegulvbelægningen er jf. (2.2) lig med differensen mellem de vægtede værdier for trinlydniveauet uden og med belægning, det vil sige 19 dB.

Ækvivalent vægtet trinlydniveau

Det ækvivalente vægtede trinlydniveau for et dæk er defineret som summen af det vægtede trinlydniveau for dækket forsynet med referencegulvbelægningen og den vægtede trinlyddæmpning for referencegulvbelægningen, se (2.3). Det ækvivalente vægtede trinlydniveau for et aktuelt dæk findes på følgende måde:

Trinlydniveauet for dækket uden gulvbelægning, $L_{n,0}$, måles som funktion af frekvensen og herefter subtraheres referencegulvbelægningens trinlyddæmpning som funktion af frekvensen, se tabel 2.1, fra de målte trinlydniveauer. Derefter vægtes trinlydniveauet for det aktuelle dæk med referencegulvbelægningen, som vist i figur 2.2. Den vægtede værdi betegnes her $L_{n,w,r}$ -belæg. Det ækvivalente vægtede trinlydniveau $L_{n,w,eq,0}$ for det aktuelle dæk findes af (2.2), idet forskellen mellem $L_{n,w,eq,0}$ og $L_{n,w,r}$ -belæg skal være lig med den vægtede trinlyddæmpning for referencegulvbelægningen. Det ækvivalente vægtede trinlydniveau bestemmes herefter af (2.3).

$$L_{n,w,eq,0} = L_{n,w,r}\text{-belæg} + \Delta L_{w,r} \quad (2.3)$$

Værdien af $\Delta L_{w,r}$ er i figur 2.3 fundet til 19 dB.

Fordelen ved det ækvivalente vægtede trinlydniveau er, at dette, enten umiddelbart eller efter en enkelt måling af trinlydniveauet og vægning af resultatet, kan beregnes for et givet støbt dæk, hvorefter trinlydniveauet for dækket med forskellige gulvbelægninger, hvis vægtede trinlyddæmpning kendes, umiddelbart kan beregnes ved en enkelt subtraktion. Enkelte laboratorier udleverer lister over den vægtede trinlyd-

dæmpning for en række målte gulve og gulvbelægninger.

Trinlydniveauet under det aktuelle dæk med forskellige gulvbelægninger, hvis vægtede trinlyddæmpning ΔL_w kendes, findes umiddelbart ved gentagne indsættelse i

$$L_{n,w} = L_{n,w,eq,0} - \Delta L_w$$

Normalt symboliseres trinlydniveauet med bogstavet L . For at angive at resultatet stammer fra målinger i bygninger og ikke fra laboratorier, angives trinlydniveauet ved L' . De ovennævnte målinger kunne i det store og hele lige så godt være udført i felt som i laboratorium. I det følgende, hvor der i overvejende grad er tale om undersøgelser, der udføres i felt, er trinlydniveauet derfor symboliseret ved L' .

Den nødvendige størrelse af den vægtede trinlyddæmpning, der skal til for at opfylde et givet krav udtrykt ved det vægtede trinlydniveau $T_{w,krav}$, findes af:

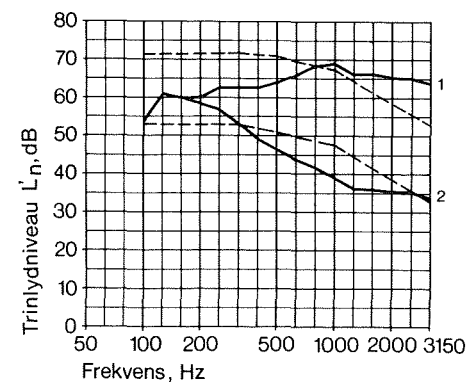
$$\Delta L_{w,nødv} \geq L'_{n,w,eq,0} - T_{w,krav} \quad (2.4)$$

Eksempel

Find den trinlyddæmpning, $\Delta L_{w,nødv}$, der er nødvendig for at trinlydniveauet $L'_{n,w}$ for et dæk ikke overstiger 53 dB, når trinlydniveauet for det aktuelle dæk uden belægning svarer til kurve 1 i figur 2.4.

Forsynes dækket med en gulvbelægning, hvis trinlyddæmpning svarer til referencegulvbelægningens, fås trinlydniveauet vist i figur 2.4 kurve 2, hvis vægtede trinlydniveau $L'_{n,w,r}$ -belæg er 51 dB. Af udtrykket (2.3) findes, idet referencegulvbelægningens vægtede trinlyddæmpning $\Delta L_{w,r}$ er 19 dB:

$$L'_{n,w,eq,0} = L'_{n,w,r}\text{-belæg} + \Delta L_{w,r} = 51 + 19 = 70 \text{ dB.}$$



Figur 2.4. Bestemmelse af det ækvivalente vægtede trinlydniveau for et dæk.

Kurve 1: Trinlydniveauet under et 180 mm betondæk målt i praksis, $L'_{n,0}$. Det vægtede trinlydniveau $L'_{n,w,0}$ bestemmes, jf. figur 2.2, af den tilhørende vurderingskurves værdi ved 500 Hz, der er 71 dB.

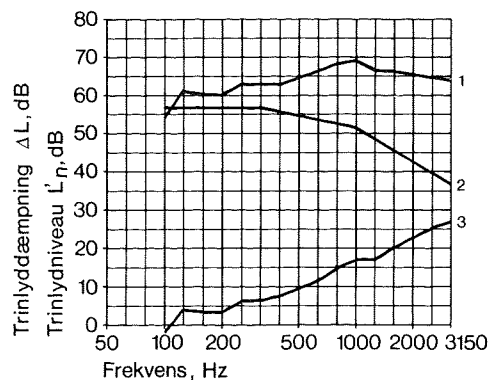
Kurve 2: Trinlydniveauet for betondækket, kurve 1, minus trinlyddæmpningen ΔL_r for referencegulvbelægningen. Det vægtede trinlydniveau $L'_{n,w,r}$ -belæg bestemmes af den tilhørende vurderingskurves værdi ved 500 Hz, der er 51 dB.

Den vægtede trinlyddæmpning ΔL_w for referencegulvbelægningen er jf. tabel 2.1 lig med 19 dB. Ifølge (2.3) er det ækvivalente vægtede trinlydniveau $L'_{n,w,eq,0}$ lig med $51 + 19 = 70$ dB.

Da det stillede krav er 53 dB, er mindsteværdien af $\Delta L_{w,nødv}$, jf. (2.4):

$$\Delta L_{w,nødv} \geq 70 - 53 = 17 \text{ dB}$$

En beregning af den nødvendige trinlyddæmpning ΔL som funktion af frekvensen kan imidlertid også udføres ved at benytte trinlydniveauet for det aktuelle dæk, figur 2.5 kurve 1, og et grænseforløb for trinlydniveauet, der svarer til den standardiserede vurderingskurves frekvensforløb, se figur 2.2, placeret således, at dette ligger 2 dB højere end vurderingskurven, der svarer til den vægtede værdi 53 dB. Trinlydniveauet er vist i figur 2.5 som kurve 2. Differensen mel-

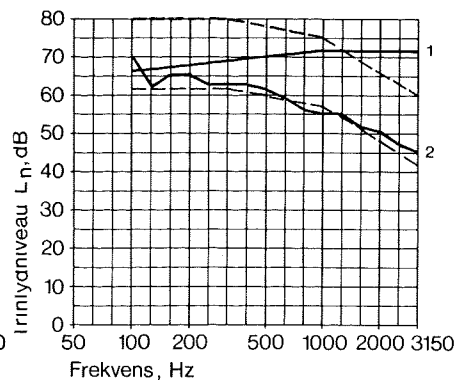


Figur 2.5. Bestemmelse af den nødvendige trinlyddæmpning ΔL .

Kurve 1: Trinlydniveauet under et 180 mm betondæk målt i praksis, $L'_{n,0}$.

Kurve 2: Det maksimalt acceptable trinlydniveau for dækket med gulvbelægning har et frekvensforløb, der svarer til den standardiserede vurderingskurves forløb, se figur 2.2. Da det vægtede trinlydniveau skal have værdien 53 dB, ligger trinlydniveauet som funktion af frekvensen 2 dB højere end vurderingskurven med værdien 53 dB ved 500 Hz.

Kurve 3: Trinlyddæmpningen ΔL for en belægning, hvis trinlyddæmpning svarer til differensen mellem trinlydniveauet for kurve 1 og 2.



Figur 2.6. Bestemmelse af det vægtede trinlydniveau $\Delta L_{w,nødv}$.

Kurve 1: Trinlydniveauet $L_{n,r,0}$ for referencedækket uden gulvbelægning. Det vægtede trinlydniveau $L_{n,w,r,0}$ bestemmes, jf. figur 2.2, af den tilhørende vurderingskurves værdi ved 500 Hz, der er 78 dB.

Kurve 2: Trinlydniveauet for referencedækket minus trinlyddæmpningen, figur 2.5 kurve 3. Det vægtede trinlydniveau $L_{n,w,r}$ er 60 dB.

Den vægtede trinlyddæmpning ΔL_w for gulvbelægningen, hvis trinlyddæmpning svarer til den nødvendige trinlyddæmpning er jf. (2.2) lig med differensen mellem de vægtede værdier for trinlydniveauet uden og med belægning, det vil sige 18 dB.

lem kurverne 1 og 2, der er vist som kurve 3, er den nødvendige trinlyddæmpning som funktion af frekvensen.

Den vægtede trinlyddæmpning $\Delta L_{w,nødv}$ findes ved hjælp af referencedækkets trinlydniveau, se (2.1) og (2.2), der er vist i figur 2.6 kurve 1, og hvis vægtede trinlydniveau, $L_{n,w,r,0}$, er 78 dB. Den nødvendige trinlyddæmpning, figur 2.5 kurve 3, subtraheres fra kurve 1; herved fås trinlydniveauet for referencedækket med en belægning, hvis trinlyddæmpning svarer til den nødvendige trinlyddæmpning, og hvis vægtede trin-

lyddæmpning, $L_{n,w,r}$, er 60 dB. Se figur 2.6 kurve 2.

Jf. (2.4) fås:

$$\Delta L_{w,nødv} = 78 - 60 = 18 \text{ dB}$$

De fundne værdier for ΔL_w ved de to beregningsmetoder ligger inden for den nøjagtighed, hvormed resultaterne kan angives, idet forskellen mellem de beregnede værdier altid vil have en usikkerhed på 1 dB, fordi målinger og beregninger normalt udføres med en decimal, mens de vægtede resultater skal angives i hele dB.

Konstruktioners isolationsværdier

I denne anvisning er de viste konstruktioners vægtede luftlydisolation og trinlydniveau for såvel separate bygningsdele som sammenbyggede vurderet i forhold til en række udvalgte isolationsværdier, hvoraf hovedparten har relation til krav for lydforhold, der stilles i bygningsreglementerne BR-82 og BR-S 85.

Isolationsværdier for luftlydisolation

Hvis en konstruktionens luftlydisolation R'_{w} er anført med værdien n dB, betyder dette, at luftlydisolationen forventes at kunne opfylde et krav på n dB, men ikke en højere værdi blandt de udvalgte isolationsværdier. Ved luftlydisolation er bygningsdelene delt i tre grupper: Indervægge, etageadskillelser og bygningens klimaskærm, der omfatter ydervægge, tage og vinduer samt eventuelle åbninger til luftindtag og -afkast. Isolationsværdierne for de tre grupper er anført i tabellerne 2.2 til 2.4.

	35 dB	40 dB	45 dB
48 dB	52 dB	55 dB	60 dB

Tabel 2.2. Isolationsværdier for indervægge. Værdierne under 48 dB er ikke indeholdt hverken i BR-82 eller BR-S 85. De benyttes her i anvisningen til vurdering af almindeligt anvendte tynde og lette vægge.

	40 dB	45 dB	48 dB
51 dB	53 dB	55 dB	60 dB

Tabel 2.3. Isolationsværdier for etageadskillelser. Værdierne under 51 dB er ikke indeholdt hverken i BR-82 eller BR-S 85. De benyttes her i anvisningen til vurdering af etageadskillelser, der ikke kan anvendes som adskillelser mellem boliger.

	25 dB	30 dB	35 dB
40 dB	45 dB	50 dB	55 dB

Tabel 2.4. Isolationsværdier for klimaskærm. Værdierne er anført i både BR-82 og BR-S 85 og finder anvendelse, hvor der stilles krav til isolation mod udendørs støj.

Isolationsværdier for trinlydniveau

Hvis en konstruktionens trinlydniveau $L'_{n,w}$ er anført med værdien n dB, betyder dette, at trinlydniveauet forventes at kunne opfylde et krav på n dB, men ikke en lavere værdi blandt de udvalgte niveauværdier, der er anført i tabel 2.5.

48 dB	53 dB	58 dB	63 dB	68 dB
-------	-------	-------	-------	-------

Tabel 2.5. Isolationsværdier for trinlydniveau. Værdien 68 dB er ikke indeholdt hverken i BR-82 eller BR-S 85. Værdier over 63 dB benyttes her i anvisningen til at vurdere etageadskillelser, der ikke kan anvendes som adskillelser mellem boliger.

Vurdering af prøvningsresultater

Resultater fra måling af lydforhold i bygninger kan i henhold til bygningsreglementerne bruges til at dokumentere lydkravenes overholdelse. De stillede krav er i princippet minimumskrav til den lydæssige kvalitet, det være sig luftlydisolation, trinlydniveau, støj eller efterklangstid. For de projekterende teknikere betyder dette, at alle prøvningsresultater vedrørende lydforhold skal opfylde de stillede krav, og at de projekterende derfor må forøge de aktuelle kravs værdi med den usikkerhed, hvormed prøvningsresultaterne er bestemt, for at være sikre på at opfylde de stillede krav. Hvis præcisionen på målingerne fx er ± 3 dB, betyder det, at man i praksis må projektere med et 3 dB skærpet krav. Det kan derfor blive omkostningskrævende at projektere med en kontrolinstans, der arbejder med for

lille målepræcision. Da prøvningsresultater angives ved vægtede værdier, der ifølge gældende standard skal angives i hele tal, er den største præcision på måleresultater ± 1 dB. Denne målepræcision kan foruden af de laboratorier, der af Dansk Akkrediterings Ordning er autoriserede til udførelse af teknisk prøvning inden for området bygningsakustik, feltmålinger, sandsynligvis også opnås af flere projekterende firmaers laboratorier.

Der foreligger ikke retningslinier for, hvordan kommunerne skal foretage vurderingen af prøvningsresultater, der af gives som dokumentation for opfyldelse af reglementernes krav til lydforhold. Vurdering af prøvningsresultater for luftlydisolation og trinlydniveau kan fx foretages efter følgende kriterier.

Luftlydisolation:

$$R'_w \geq \text{kravværdi} - 1 \text{ dB}$$

Middelværdi af målinger på ens bygningsdele

$$R'_{w,mid} \geq \text{kravværdi}$$

Trinlydniveau:

$$L'_{n,w} \leq \text{kravværdi} + 1 \text{ dB}$$

Middelværdi af målinger på ens bygningsdele

$$L'_{n,w,mid} \leq \text{kravværdi}$$

Anvendelse af dette kriterium bør medføre, at måleresultater, der er mere end 1 dB ringere end kravværdien, afvises og bygningsdelen kræves forbedret og genmålt. For projekterende i akustik er det ikke vanskeligt at leve op til dette regelsæt, forudsat kommunerne generelt håndhæver det. For kommunerne vil det største problem herefter være at vurdere, om de forelagte måleresultater er relevante og om målepræcisionen er tilstrækkelig.

Subjektiv vurdering af lydisolation

Udenlandske undersøgelser af beboeres holdning til lyd klimaet i deres boliger viser, at en meget stor del af beboerne kan høre de omkringboende, og at en betydelig del af de adspurgte beboere karakteriserede støjen fra naboerne som generende. På grundlag af resultaterne af objektive målinger af lydforholdene i de undersøgte boliger, kan der drages den konklusion, at hvis der ønskes en boligkvalitet, hvor mere end 85 pct. af beboerne ikke må føle sig generet af støj, vil det være nødvendigt at skærpe kravene til både luftlydisolationen, trinlydniveau og støjniveau.

Bygherrer, der ønsker at bygge huse med en mærkbar højere lyd kvalitet end fastlagt gennem bygningsreglementernes krav, bør mellem boliger regne med luftlydisolation $R'_w > 55$ dB, trinlydniveau $L'_{n,w} < 50$ dB, og inden for boligen mellem opholdsrum og soverum henholdsvis $R'_w > 45$ dB og $L'_{n,w} < 60$ dB. Desuden bør regnes med støjniveau fra installationer $L_{Aeq,2\text{ min}} \leq 25$ dB og støjniveau i den mest trafikerede time af myldretiden $L_{Aeq,1\text{ h}} \leq 30$ dB.

Kapitel 3. Bygningsdele

I dette kapitel redegøres for de akustiske egenskaber ved en række typiske adskilende bygningsdele.

Der er ikke her foretaget en opdeling i bærende og ikke-bærende vægge, idet denne opdeling er u hensigtsmæssig fra et akustisk synspunkt. En muret, ikke-bærende væg kan fx sluttes til undersiden af et dæk med en elastisk fuge, eller den kan sammenstøbes med dækket.

Trinlydniveauet vurderes kun på basis af måleresultater fra bygninger, idet der ikke er nogen entydig sammenhæng mellem måleresultater fra bygninger og fra laboratorier for ens etageadskillelser.

Stål- og træbjælkelag er ikke omtalt her, da de normalt ikke benyttes i etageadskillelser i nyere bygninger.

Et teglhulstensdæk belagt med trægulv på strøer på brikker af blødt materiale vil i almindelighed give både utilstrækkelig luftlydisolation og for højt trinlydniveau. Derfor anvendes denne type af etageadskillelse kun sjældent i fleretages beboelsesbygninger, men i rækkehusbyggeri kan den anvendes på linie med letbetondæk. Luftlydisolationen vil dog som oftest være større end for en etageadskillelse af letbeton.

For ydervægs- og tagkonstruktioner er luftlydisolationen skønnet, da der kun foreligger få målinger til belysning heraf.

For at opnå god beskyttelse mod støj udefra anvises loftsbeklædninger med to

lag plader for alle tagkonstruktioner af træ, selv om to lag plader kun i nogle tilfælde er nødvendige af hensyn til luftlydisolationen mellem boliger, se tabel 4.9.

Enkeltvægge af mursten

Ved murstensvægge forstås her vægge af tegl- eller kalksandsten i murstensformat og med en densitet på 1600 kg/m^3 , muret med fyldte fuger og derefter pudset eller fuget. For vægge med en tykkelse på 1-sten eller mere er forskellen i luftlydisolation mellem en pudset og en fuget væg mindre end 1 dB.

Udsparinger i væggene formindsker deres lydisolationsværdier, og kan føre til at den bliver mindre end angivet i tabel 3.1.

Ved at indmure bindere og udfylde fugen mellem to $1/2$ -stens vægge med mørtel opnås en lydisolationsværdi R'_w , som er noget mindre end lydisolationsværdien for en 1-stensvæg muret i forbandt. Isolationsværdien for konstruktionen er 48 dB.

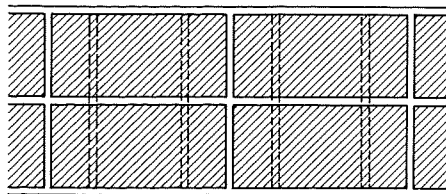
For $1\frac{1}{2}$ -stensvægge udført som tre $1/2$ -stensvægge, der er indbyrdes forbundet med bindere af stål eller plast er lydisolationsværdien mindre end for $1\frac{1}{2}$ -stensvægge muret i forbandt. Isolationsværdien for konstruktionen er 52 dB.

Vægges samlinger med omgivende bygningsdele har afgørende indvirkning på luftlydisolationen, se kapitel 4.

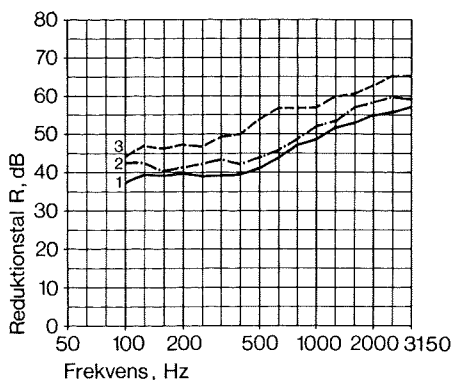
I fleretages beboelsesbygninger samt i hoteller, kollegier og plejehjem kan bygningsreglementets krav om en luftlydisolation R'_w på mindst 52 dB mellem to beboelsesenheder og mellem beboelsesenheder og andre rum opfyldes ved anvendelse af murstensvægge med en tykkelse på mindst 1-sten.

Mellem sammenbyggede enfamiliehus kan bygningsreglementets krav om en luftlydisolation R'_w på mindst 55 dB opfyldes ved anvendelse af murstensvægge med en tykkelse på $1\frac{1}{2}$ -sten.

Kravet om en luftlydisolation R'_w på mindst 48 dB mellem to undervisningsrum og mellem undervisningsrum og fællesrum kan derfor også opfyldes ved



Figur 3.1. 1-stens væg af normalsten i krydsforbandt. Vandret snit 1:10.



Figur 3.2. Laboratoriemålinger for vægtyperne 1, 2 og 3 i tabel 3.1.

Væg	1 $1/2$ -sten	2 168 mm sten	3 1-sten	4 $1\frac{1}{2}$ -sten
Masse ca.	200	290	370	570 kg/m^2
R_w	47	50	56	dB
R'_w	45	48	52	55 dB

Tabel 3.1. Luftlydisolation for enkeltvægge af mursten. R_w er angivet ved målte værdier, R'_w ved isolationsværdier.

anvendelse af murstensvægge med en tykkelse på 1-sten, eventuelt udført som to $1/2$ -stensvægge, hvis der ønskes upudsede overflader på begge sider.

Enkeltvægge af beton

Det forudsættes, at elementvægge har tætte samlinger, og at etagekryds udføres tætte. Ved vægtykkelser, der er større end to dækpladers nødvendige vederlag, dvs. større end 150 mm, bør mertykkelsen udnyttes til at forøge afstanden mellem dækpladernes knastender, så der opnås de bedst mulige betingelser for udstøbning og for at opnå den maksimale luftlydisolation.

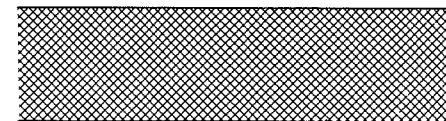
Udsparinger i væggene vil formindsker deres lydisolationsværdier, og kan føre til at den bliver mindre end angivet i tabel 3.2.

Det skal ved tynde, ikke-bærende betonvægge sikres, at dækkene ved nedbøjning ikke belaster væggene, hvilket vil øge flanketransmissionen og indelbære risiko for revnedannelser i væggene.

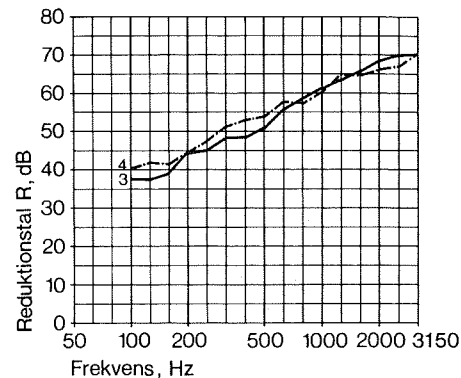
Vægges samlinger med omgivende bygningsdele har afgørende indvirkning på luftlydisolationen, se kapitel 4.

I fleretages beboelsesbygninger samt i hoteller, kollegier og plejehjem kan bygningsreglementets krav om en luftlydisolation R'_w på mindst 52 dB mellem to beboelsesenheder og mellem beboelsesenheder og andre rum opfyldes ved anvendelse af betonvægge med en tykkelse på mindst 150 mm.

Kravet om en luftlydisolation R'_w på mindst 48 dB mellem to undervisnings-



Figur 3.3. Enkeltvæg af 150 mm beton. Vandret snit 1:10.



Figur 3.4. Laboratoriemålinger for vægtyperne 3 og 4 i tabel 3.2.

rum og mellem undervisningsrum og fællesrum kan opfyldes ved anvendelse af betonvægge med en tykkelse på 120 mm, når flanketransmissionen er ringe.

Mellem sammenbyggede enfamiliehus kan bygningsreglementernes krav om en luftlydisolation R'_w på mindst 55 dB opfyldes ved anvendelse af betonvægge med en tykkelse på 250 mm.

Væg	1 60 mm beton	2 90 mm beton	3 120 mm beton	4 150 mm beton	5 180 mm beton	6 250 mm beton	
Masse ca.	140	210	280	350	420	580	kg/m^2
R_w			55	58			dB
R'_w	40	45	48	52	55	55	dB

Tabel 3.2. Luftlydisolation for enkeltvægge af beton. R_w er angivet ved målte værdier, R'_w ved isolationsværdier.

Enkeltvægge af letbeton eller letkonstruktionsbeton

Letbetonvægge anvendes almindeligvis i tykkelser fra 75 til 150 mm. De kan som andre tynde og stive vægge give flanketransmission, der især viser sig ved lodret transmission mellem boliger i bygninger med flere beboelseslag. Det bør sikres, at nedbøjede dæk ikke belaster letbetonvægge, idet dette vil medføre øget flanketransmission og risiko for revnedannelser, som vil nedsætte væggenes luftlydisolation.

Vægge af letbetonblokke forudsættes muret med fyldte fuger, og eventuelt overfladetætning fx ved pudning, spartling eller svumning.

Vægges samlinger med omgivende bygningsdele har afgørende indvirkning på luftlydisolationen, se kapitel 4.

Det forudsættes, at samlinger mellem vægelementer udføres således, at de forbliver tætte.

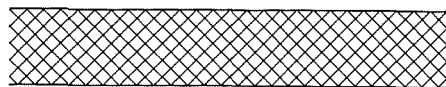
Enkeltvægge af letbeton kan anvendes som adskillelser mellem rum, hvor der ikke i bygningsreglementerne stilles krav om luftlydisolation.

Enkeltvægge af letkonstruktionsbeton med en densitet på 1600 kg/m^3 kan i princippet sammenlignes med teglvægge, men flanketransmissionen for konstruktioner med ens dimensioner er ikke ens for de to materialer, se tabel 3.4.

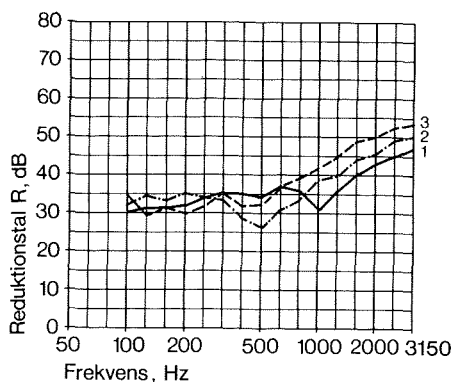
Alle isolationsværdier for letkonstruktionsbeton er i det følgende anført for densiteter på 1800 kg/m^3 . Anvendes elementer af letkonstruktionsbeton med mindre densitet, må tykkelsen, t , forøges til:

$$t = t_{1800} (1800/m)$$

hvor t_{1800} er tykkelsen af elementet med densitet 1800 kg/m^3 og hvor m er densiteten af den til elementet benyttede let-



Figur 3.5. Enkeltvæg af 100 mm letbeton. Vandret snit 1:10.



Figur 3.6. Laboratoriemålinger for vægtyperne 1, 2 og 3 i tabel 3.3.

Væg	1 75 mm letb.	2 100 mm letb.	3 150 mm letb.	
Masse ca.	60	80	120	kg/m^2
R_w	38	36	40	dB
R'_{w}	35	35	40	dB

Tabel 3.3. Luftlydisolation for enkeltvægge af letbeton. R_w er angivet ved målte værdier, R'_{w} ved isolationsværdier. Resultaterne for 75 og 100 mm vægge kan ved enkelte frekvenser afvige op til 10 dB fra vurderingskurven.

Væg	1	2	3	4
mm l.k.beton	100	150	200	300
Masse, kg/m^2	180	270	360	540
R_w dB	45	48	52	55

Tabel 3.4. Luftlydisolation for enkeltvægge af letkonstruktionsbeton. R_w er angivet ved isolationsværdier.

konstruktionsbeton. Forøges tykkelsen ikke, må der regnes med en reduktion af isolationsværdien svarende til:

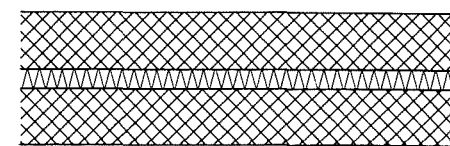
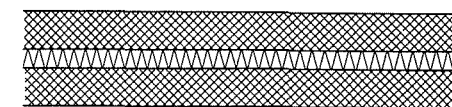
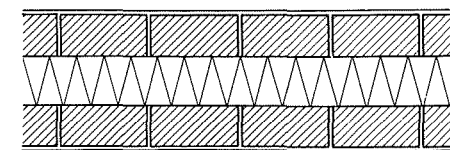
$$\Delta R \approx 16,6 \log (1800/m)$$

Dobbeltvægge af mursten, beton, letbeton og letkonstruktionsbeton

I BR-82 stilles krav om en luftlydisolation på R_w på mindst 60 dB mellem en beboelsesenhed og rum, der anvendes til fælles servicefunktioner eller til erhvervsmæssig virksomhed samt mellem to undervisningsrum for sang, musik eller sløjd og mellem et sådant og andre undervisningsrum.

Dobbeltvægge kan opfylde dette krav, forudsat at de to vægdele er fuldstændig adskilte, og at alle samlinger med omgivende bygningsdele udføres på en måde, som forhindrer flanketransmission gennem disse.

I praksis finder dobbeltvægge af mursten, beton, letbeton eller letkonstruktionsbeton især anvendelse som adskillelse mellem rækkehuse, dobbelt-huse mv. Ved anvendelse i huse med boligadskillende etageadskillelser medfører flanketransmission at væggene 1, 4 og 5 i tabel 3.5 ikke umiddelbart kan anvendes uden elastiske mellemlag i samlinger mellem vægelementer og etagedæk. Der henvises vedrørende sådanne løsningsdetaljer til fabrikanternes autoriserede anvisninger. Fuldstændig adskillelse mellem dobbeltvægges to vægdele forudsætter, at den konstruktionsmæssige stabilitet er sikret for hvert



Figur 3.7. Eksempler på dobbeltvægge. Vandret snit 1:20.

enkelt hus for sig. I mellemrummet mellem de to vægdele skal anbringes mineraluld, der ikke må sammenpresses. Tykkelsen af mineraluldslaget bør være mindst 5 mm mindre end hulrumstykkelsen. I vægge af mursten og af letbeton bør benyttes mineraluld med en luftstrømningsmodstand på ca. $15 \text{ kPa} \cdot \text{s/m}^2$.

Væggene forudsættes at have en tæt overflade, som fx kan være fuget, filset, spartlet eller pudset. Fuger skal være

Væg	1	2	3	4	5	
	350 mm	410 mm	260 mm	360 mm	310 mm	
	2×	2×	2×	2×	2×	
	1/2-sten	bredsten	100 mm beton	150 mm let.b	100 mm l.k.beton	
Masse ca.	360	570	460	250	360	kg/m^2
R_w	60	60	60	60	60	dB
$R'_{w,min}$	52	52	55	45	52	dB

Tabel 3.5. Luftlydisolation for dobbeltvægge af mursten, beton, letbeton og letkonstruktionsbeton. R_w er angivet ved isolationsværdier. Med korrekt udførte dobbeltvægge vil i praksis kunne opnås en lydisolation mellem 65 og 70 dB. $R'_{w,min}$ angiver den isolationsværdi, der er risiko for, at væggene hører til, hvis de ikke er udført korrekt.

fyldte, og alle samlinger mellem elementer skal være udstøbte. Der må ikke foretages udsparinger.

Densiteten af vægmateriale forudsættes at være ca. 800 kg/m^3 for letbeton, 1800 kg/m^3 for letkonstruktionsbeton og 1600 kg/m^3 for mursten. Det er en absolut forudsætning, at der ikke anvendes bindere, ledere, styreskinner eller andre faste forbindelser mellem en dobbeltvægs to vægdele, og at der under arbejdsudførelsen ikke efterlades mørtel eller andet materiale i mellemrummet. Flankerende bygningsdele må ikke sammenkoble de to vægdele.

I tabel 3.5 er vist lydisolationen for en række dobbeltvægge. Ofte udføres vægge af letbeton og letkonstruktionsbeton med 50 mm mindre hulrumsdybde end anført i tabellen. Der må regnes med, at væggenes isolationsværdi i sådanne tilfælde reduceres til 55 dB. Vedrørende anvendelse af vægge med mindre elementtykkelse end anført i denne anvisning henvises til fabrikanternes anvisninger.

Luftlydisolationen for en dobbeltvæg med stive forbindelser mellem vægdele kan blive mindre end for en enkeltvæg med samme masse pr. arealenhed. Jo lettere væggen er, desto større er risikoen for, at luftlydisolationen ikke når op til bygningsreglementets krav.

Dobbeltvægges samlinger med omgivende bygningsdele har afgørende indvirkning på luftlydisolationen, se kapitel 4.

Enkelte og dobbelte stålskeletvægge

I fleretages beboelsesbygninger samt i hoteller, kollegier og plejehjem kan kravet i BR-82 om en luftlydisolation R'_w på mindst 52 dB mellem to beboelseenheder eller mellem en beboelseenhed og andre rum opfyldes ved anvendelse af stålskeletvægge med delvis adskilte skeletter, to lag 13 mm gipsplader på hver side og en samlet vægtykkelse på mindst 145 mm.

Kravet om en luftlydisolation R'_w på mindst 48 dB mellem to undervisningsrum opfyldes selvsagt af den samme væg.

Mellem sammenbyggede enfamiliehuse, hvor der stilles krav om en luftlydisolation R'_w på mindst 55 dB, skal stålskeletterne være helt adskilte, der skal være to lag 13 mm gipsplader på hver side, og vægtykkelsen skal være mindst 230 mm.

Mellem to undervisningsrum til sang, musik eller sløjd og mellem et sådant rum og andre undervisningsrum, hvor der stilles krav om en luftlydisolation R'_w på mindst 60 dB, skal stålskeletterne være helt adskilte, der skal være tre lag 13 mm gipsplader på hver side, og vægtykkelsen skal være mindst 250 mm. Der skal i hver vægside indlægges mindst 50 mm mineraluld, som bør have en strømningsmodstand på ca. $15 \text{ kPa} \cdot \text{s/m}^2$.

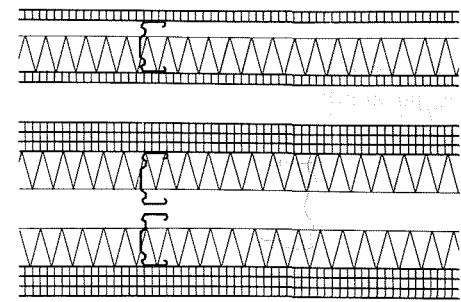
Hvor bygningsreglementerne ikke stiller krav til luftlydisolationen mellem to rum kan anvendes pladebeklædte stålskeletvægge med mindre tykkelse.

Monteringsvejledningerne for pladebeklædte vægge skal følges. Vedrørende anvendelse af fugemasser i samlinger til omgivende bygningsdele gælder generelt, at vægge med isolationsværdier på 45 og 48 dB tættes med fugemasse i den ene side, og at vægge med isolations-

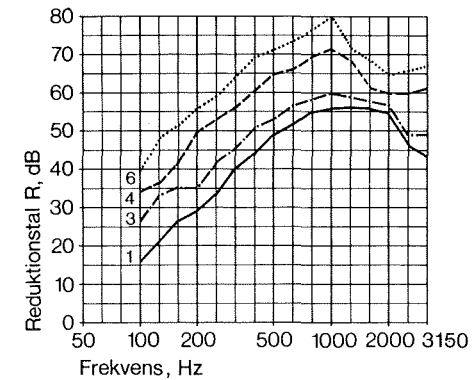
værdier større end 48 dB tættes med fugemasse i begge sider.

Der må ved projekteringen tages hensyn til væggenes tilslutning til omgivende bygningsdele, idet flanketransmission kan nedsætte lydisolationen betydeligt, se kapitel 4. De omgivende massive bygningsdeles reduktionstal for flanketransmission bør derfor ligge nogle dB over væggenes reduktionstal. For at opnå dette, kan det være nødvendigt at forsyne de omgivende bygningsdele med lydisolierende forsatsvægge, underlofter og svømmende gulve.

Der må ikke anbringes installationer i stålskeletvægge med lydisolation R'_w større end 52 dB.



Figur 3.8. Eksempler på stålskeletvægge. Vandret snit 1:10.



Figur 3.9. Laboratoriemålinger for vægtypene 1, 3, 4 og 6 i tabel 3.6.

Væg	1	2	3	4	5	6	
	95 mm	95 mm	120 mm	145 mm	230 mm	250 mm	
Stålskelet	1×70 mm	1×45 mm	1×70 mm	70/95 mm	2×70 mm	2×70 mm	
Gipsplader	2×1×13 mm	2×2×13 mm	2×2×13 mm	2×2×13 mm	2×2×13 mm	2×3×13 mm	
Mineraluld	50 mm	45 mm	50 mm	95 mm	100 mm	100 mm	
Masse ca.	25	45	45	48	50	70	kg/m^2
R_w	43		51	59		66	dB
R'_w	35	40	45	52	55	60	dB

Tabel 3.6. Luftlydisolation for stålskeletvægge. R_w er angivet ved målte værdier, R'_w ved isolationsværdier.

Vægge med lydisolierende forsatsvæg

BR-82 stiller krav om en luftlydisolation R'_w på mindst 60 dB mellem beboelsesenheder og rum, der anvendes til fælles servicefunktioner eller til erhvervs-mæssig virksomhed samt mellem to undervisningsrum for sang, musik eller sløjd og mellem et sådant rum og andre undervisningsrum.

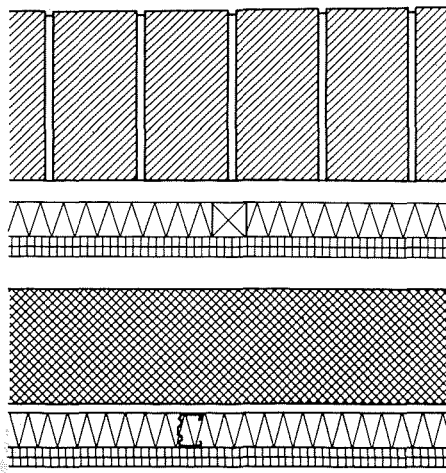
Denne luftlydisolation kan opnås ved anvendelse af murstensvægge med en tykkelse på 1-sten eller betonvægge med en tykkelse på 150 mm, når de i begge tilfælde forsynes med en lydisolierende forsatsvæg, og når de øvrige vægge og dæk i rum, hvori der frembringes høje lydtrykniveauer, forsynes med lydisolierende forsatsvægge og underlofter for at modvirke flanketransmission.

Afstanden mellem den tunge væg og forsatsvæggen bør være mindst 10 mm for stålskelet og mindst 30 mm for træskelet. Hulrum mellem væg og pladebeklædning udfyldes med en mineraluldstype, hvis strømningsmodstand er mindst $7 \text{ kPa} \cdot \text{s/m}^2$, således at der er 5–10 mm luft mellem mineraluld og væg.

Til forsatsvægge bør anvendes to lag beklædning i tykkelsen 10–13 mm. De benyttede plader skal opfylde de brandtekniske krav.

VVS-installationer bør ikke fastgøres til vægge med lydisolierende forsatsvægge.

Vægges samlinger med omgivende bygningsdele har afgørende indvirkning på luftlydisolationen, se kapitel 4.



Figur 3.10. Eksempler på massive vægge med forsatsvæg. Vandret snit 1:10.

Vægge med forsatsvæg	Vægge med forsatsvæg			kg/m ²
	1-sten	150 mm beton	200 mm l.k.beton	
Masse ca.	390	370	380	
R'_w	60	60	60	dB

Tabel 3.7. Luftlydisolation for vægge med lydisolierende forsatsvæg. R'_w er angivet ved isolationsværdier. De angivne værdier for luftlydisolation forudsætter, at forsatsvæggenes resonansfrekvens ligger under 90 Hz, se figur 8.5

Beton- og letkonstruktionsbetondæk

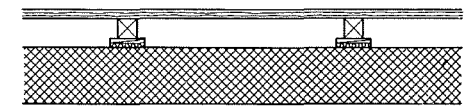
For fleretages beboelsesbygninger samt for hoteller, kollegier og plejehjem stiller BR-82 krav om en luftlydisolation R'_w på mindst 53 dB for etageadskillelsen mellem to beboelsesenheder og mellem beboelsesenheder og andre rum. I de samme bygningskategorier stilles der krav om et trinlydniveau $L'_{n,w}$ målt i en omliggende beboelsesenheds rum på højst 58 dB.

Disse krav kan opfyldes af følgende dæktyper: Massive betonplader med en tykkelse på mindst 150 mm, betonhulplader med en tykkelse på mindst 185 mm eller betonribbeplader med en masse på mindst 320 kg/m^2 , alt forudsat at dækkene forsynes med svømmende gulve af træ, beton eller asfalt. En anden mulighed er at benytte dæk med en samlet masse på ca. 430 kg/m^2 , bestående af enten massive betonplader eller betonhulplader med betonafretning, forudsat at der på disse dæk udlægges en trinlyddæmpende belægning.

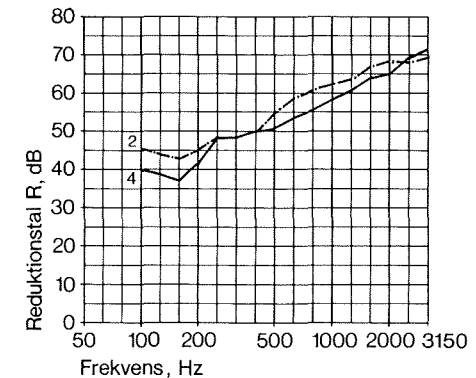
Mellem to undervisningsrum stiller BR-82 krav om en luftlydisolation R'_w på mindst 51 dB, og i et undervisningsrum kræves et trinlydniveau $L'_{n,w}$ på højst 63 dB. Disse krav kan opfyldes af alle de dæktyper, der er vist i tabel 3.8.

Dæk	1	2	3	4	5	6	7
	120 mm beton	150 mm beton	185 mm beton	185 mm beton-hulplade	215 mm beton-hulplade	beton-ribbeplade	200 mm l.k.beton
Masse kg/m ² , ca.	290	360	440	310	330	320	360
R'_w , dB		58		55			
$R'_{n,w}$, dB	51	53	55	53	53	53	53
$L'_{n,w}$, dB	63	58	53	58	58	58	58

Tabel 3.8. Luftlydisolation og trinlydniveau for beton- og letkonstruktionsbetondæk forsynet med trægulve på strøer. R'_w er angivet ved målte værdier, R'_w og $L'_{n,w}$ ved isolationsværdier.



Figur 3.11. Etageadskillelse bestående af et 150 mm betondæk med trægulv. Lodret snit 1:20.



Figur 3.12. Laboratoriemålinger for dæktyperne 2 og 4 i tabel 3.8.

Mellem sammenbyggede enfamilie-huse stiller BR-S 85 krav om en luftlydisolation R'_w på mindst 55 dB, og trinlydniveauet $L'_{n,w}$ målt i et nabo-hus må højst være 53 dB. For at opfylde disse krav kan eventuelle fælles etageadskillelser fx udføres af massive betonplader

med en tykkelse på mindst 185 mm og forsynet med trægulve på strøer.

I tilfælde, hvor de flankerende vægge har en større masse end 360 kg/m^2 , vil også etageadskillelser fra tabel 3.8, der har $R'_{w'} = 53 \text{ dB}$, kunne opfylde $R'_{w'} = 55 \text{ dB}$, når hulrum mellem strøer udfyldes med mineraluld, som har en strømningsmodstand på ca. $15 \text{ kPa} \cdot \text{s/m}^2$. Trinlydniveauet $L'_{n,w}$ vil i dette tilfælde ligge omkring 53 dB .

Bygningsreglementerne stiller ikke lyd-mæssige krav til adskillelser mellem rum inden for samme bolig. Som etageadskillelse kan her benyttes betondæk, letbetondæk eller træetageadskillelser.

De i tabel 3.8 angivne værdier for trinlydniveauet gælder ved måling i direkte underliggende rum. Ved målinger i skråt underliggende rum, hvor lyden under dens udbredelse i dækpladen skal passere en bærende væg, vil trinlydniveauet være ca. 5 dB lavere.

Installationsgennemføringer kan ned-sætte lydisolationen og bør derfor være få, tætte og rigtigt placeret. Gulve skal udlægges således, at der ikke dannes lydbroer mellem en svømmende gulvplade og det bærende dæk.

Samlingerne mellem en etageadskillelse og de omgivende bygningsdele har afgørende indvirkning på luftlydisolationen, se kapitel 4.

Betondæk med lydisolerende underloft

BR-82 stiller krav om en luftlydisolation $R'_{w'}$ på mindst 60 dB mellem boliger og rum, der anvendes til fælles service eller til erhvervs-mæssig virksomhed. Samme krav gælder mellem to undervisningsrum for sang, musik eller sløjd og mellem sådanne rum og andre undervisningsrum.

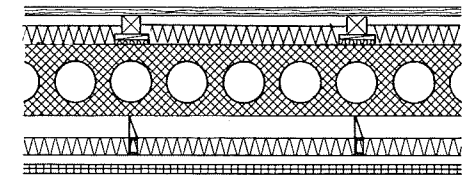
Kravet kan opfyldes ved brug af de etageadskillelser, som også kan benyttes mellem to boliger, se tabel 3.8, når der yderligere opsættes lydisolerende underlofter, og der desuden mellem gulvenes strøer udlægges mineraluld med en strømningsmodstand på ca. $15 \text{ kPa} \cdot \text{s/m}^2$, se tabel 3.9.

I bygninger, som rummer både boliger og erhvervs-virksomhed, kan der i medfør af anden lovgivning stilles krav vedrørende det maksimale støjniveau i boligerne, se tabel 1.9. Disse krav kan nødvendiggøre større luftlydisolation og lavere trinlydniveau end foreskrevet i bygningsreglementerne. Opfyldelsen af sådanne krav vil betinge underlofter med større nedhæng end vist i figurerne 3.13–3.15, idet der må regnes med ca. 300 mm nedhæng, mindst 100 mm mineraluld med en strømningsmodstand på ca. $15 \text{ kPa} \cdot \text{s/m}^2$ og en pladebeklædning med tre lag gipsplader. Kravet i BR-82 om luftlydisolation $R'_{w'}$ på mindst 60 dB vil næppe kunne opnås, hvis der er installationsgennemføringer i etageadskillelsen. Derfor bør installations-fremføringer ligge i skakt eller i flankerende rum.

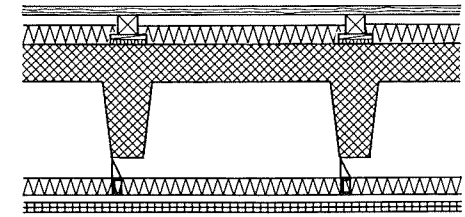
Ved brug af betondæk med lydsole-rende underloft må det påregnes, at flankerende vægge skal forsynes med lydisolerende forsatsvægge.

Samlingerne mellem etageadskillel-

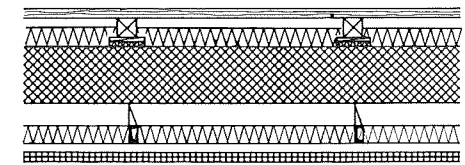
ser og omgivende bygningsdele har afgørende indvirkning på luftlydisolationen.



Figur 3.13. Etageadskillelse bestående af et 185 mm betonhulpladedæk med trægulv og underloft. Lodret snit 1:20.



Figur 3.14. Etageadskillelse bestående af et betonribbepladedæk, 320 kg/m^2 , med trægulv og underloft. Lodret snit 1:20.



Figur 3.15. Etageadskillelse bestående af et 150 mm betondæk med trægulv og underloft. Lodret snit 1:20.

Dæk	1	2	3	4
	150 mm beton	185 mm beton-hulplade	Beton-ribbe-plade	200 mm l.k.beton
Masse, kg/m^2 , ca.	360	310	320	360
$R'_{w'}$, dB	60	60	60	60
$L'_{n,w}$, dB	48	48	48	48

Tabel 3.9. Luftlydisolation $R'_{w'}$ og trinlydniveau $L'_{n,w}$ for betondæk og letkonstruktionsbetondæk med trægulv på strøer og lydisolerende underloft, angivet ved isolationsværdier. Det er en forudsætning for de angivne værdier, at underloftet har en afstand til dækundersiden, som giver en resonansfrekvens for loftsbeklædningen på under 90 Hz , se figur 8.5, og at der indlægges mineraluld imellem trægulves strøer.

Gulvkonstruktioner

Trinlydniveauet er højere under et dæk uden gulv end under samme dæk med gulv. Forskellen mellem trinlydniveauerne i de to tilfælde benævnes trinlyddæmpningen.

Et afretningslag, der udlægges på blødt underlag af fx mineraluld, og efter kortere tid opnår en tilstrækkelig stivhed til at kunne virke som en trykfordelende plade, benævnes et svømmende gulv, uanset om dette gulv er forsynet med en egentlig gulvbelægning eller ej.

Fra et lydteknisk synspunkt er det praktisk at benytte betegnelserne svømmende gulve og trinlyddæmpende gulvbelægninger. Svømmende gulve kan være asfalt- eller betongulve med eller uden gulvbelægning, eller de kan være trægulve på strøer, der er udlagt på brikker af blød træfiberplade. Gulvbelægninger på svømmende gulve vil normalt ikke give et resultat, der svarer til addition af det svømmende gulvs og belægningens trinlyddæmpning. I mange tilfælde vil en gulvbelægning udlagt på et svømmende gulv knap ændre det vægtede trinlydniveau for gulvet uden belægning.

Gulvbelægningens trinlyddæmpning må vurderes i forhold til trinlydniveauet for dækket med afretningslag, dvs. at afretningslaget i dette tilfælde skal betragtes som en del af dækket.

Hvis afretningslaget udlægges direkte på et dæk, er der ikke længere tale om et svømmende gulv, og den lydtekniske vurdering vil da være meget afhængig af gulvbelægningen. Nogle gulvbelægninger, fx klinker, forbedrer ikke trinlydniveauet, mens andre, fx tæpper, forbedrer det væsentligt.

Hvis man kender trinlydniveauet under et dæk uden gulvbelægning og til-

lige trinlyddæmpningen for et gulv eller en gulvbelægning, kan det resulterende trinlydniveau under den færdige etageadskillelse beregnes af (2.1) og vægtes som vist i figur 2.2. Det vægtede niveau vurderes derefter i forhold til bygningsreglementernes krav.

En tæppebelægning med stor trinlyddæmpning giver normalt en væsentlig forbedring af trinlydniveauet ved høje frekvenser og kun en ubetydelig forbedring ved lave frekvenser, når tæppet udlægges på et massivt dæk. Forbedringen ved høje frekvenser medfører normalt også en væsentlig forbedring af den vægtede trinlyddæmpning, se figur 2.3 til 2.6. Udlægges det samme tæppe på et svømmende gulv eller en træetageadskillelse, hvor behovet for trinlyddæmpning især opstår ved lave frekvenser, vil tæppets forbedring af trinlydniveauet ikke medføre nogen væsentlig forbedring af den vægtede trinlyddæmpning. Det skyldes, at forbedringen af trinlydniveauet ved høje frekvenser i dette tilfælde ikke influerer på den vægtede trinlyddæmpning. I nogle tilfælde medfører reduktionen af trinlydniveauet ved høje frekvenser ligefrem en negativ oplevelse af »forbedringen«, idet det kun lidt lavere lavfrekvente støjniveau høres tydeligere end før, fordi den maskerende virkning af støjniveauet ved højere frekvenser er forsvundet.

Trægulve på strøer

Trægulve anvendes i beboelsesbygninger, hoteller, kollegier, plejehjem og bygninger til undervisningsformål.

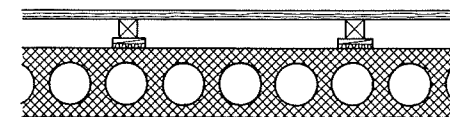
I beboelsesbygninger i flere etager kan trægulve anvendes på massive betondæk eller letkonstruktionsbetondæk med tykkelser på henholdsvis 150 og 200 mm, i undervisningsbygninger betondæk med tykkelser på 120 mm. Hulpladedæk af beton kan anvendes både i boliger og skoler med tykkelser på 185 mm.

Trægulve udlægges normalt på opklodsede strøer. Hvis gulvet er underkastet krav til trinlydniveauet, skal der under hver opklodsning udlægges en brik af blødt materiale, fx blød træfiberplade, i en tykkelse på mindst 12 mm, og med samme materialetykkelse under alle opklodsninger. Opklodsningerne bør fastholdes med stik søm, som dog ikke må berøre det bløde underlagsmateriale.

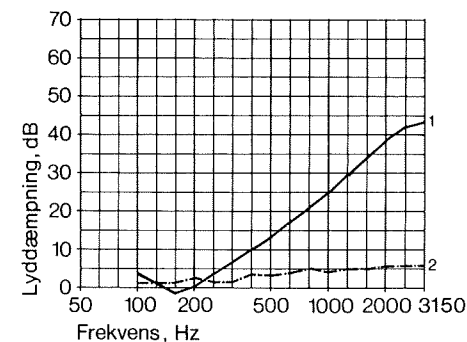
Hvis der i stedet for brikker af blød træfiberplade anvendes kileformede klodser af plast, øges trinlydniveauet 0-4 dB afhængigt af, om der er tale om en blød eller en hård plasttype.

Strøer og gulvbrætter skal lægges med en afstand af mindst 10 mm til omgivende vægge.

I stedet for gulvbrætter benyttes undertiden spånplader eller krydsfinerplader. Derved øges gulvpladens stivhed mærkbart. Dette medfører dels en større lydudstråling fra gulvfladen, dels en forøgelse af lydudbredelsen i gulvpladen. Kombineret med resonansmulighederne i hulrum mellem dæk og gulvplade betyder dette et noget højere trinlydniveau både i de omliggende rum og i det rum, hvori trinlyden frembringes. Lydtrykniveauet i sidstnævnte rum be-



Figur 3.16. Etageadskillelse bestående af et hulpladedæk med trægulv på strøer. Lodret snit 1:20.



Figur 3.17. Reduktion af trinlydniveau og forøgelse af luftlydisolation for et støbt dæk ved hjælp af trægulv på strøer på bløde brikker.

1. Trinlyddæmpning.
2. Dæmpning af luftlydstransmission.

tegnes også trommelydniveauet. Selv om gulvet forsynes med en tæppebelægning, vil det vægtede trinlydniveaus størrelse ikke reduceres væsentligt, idet trinlydniveauet for lette svømmende gulve i reglen bestemmes af niveauet ved lave frekvenser. Sådanne udførelser af gulve er ofte årsag til alvorlig gene både i boligens opholdsrum og i bygningens fællesgange eller gennemgangsrum.

Erfaringerne viser, at det er vanskeligt at nedsætte trommelydniveauet i rum med trægulve. Nogen reduktion kan dog opnås ved at anbringe mineraluld eller sand i hulrummet mellem strøerne. Anvendelsen af sand rummer dog en risiko for, at trinlydniveauet i omliggende rum vokser, medmindre sandet effektivt forhindres i med tiden at aflejres under strøerne, og der dannes lydbroer mellem gulvet og dækket.

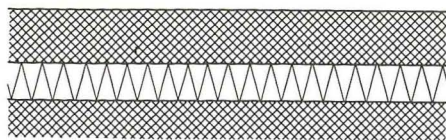
Svømmende betongulve

Svømmende betongulve anvendes overvejende i institutioner og kun i mindre omfang i boliger.

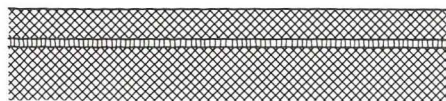
Lydisoleringslagets tykkelse, elasticitet og sammentrykkelighed har betydning for den opnåelige trinlyddæmpning. Stor materialetykkelse og stor sammentrykkelighed giver ringe dynamisk stivhed og dermed stor trinlyddæmpning. Ved belastning af gulvet begynder imidlertid samtidig en proces med modsat rettet effekt i form af en tidsafhængig sammentrykning af underlaget, der forøger underlagets stivhed, hvilket med tiden fører til en forringelse af den opnåede dæmpning. For at reducere dynamiske påvirkninger af underlaget fra en bevægelig nyttelast bør denne være lille i forhold til lasten fra den svømmende plade, dvs. svømmende plader skal være forholdsvis tunge.

Tyke isoleringslag kan være mineraluld eller polystyrenskum med en densitet afhængig af belastningen. Et isoleringslag på ca. 30 mm kan anvendes i undervisningsrum og boliger, mens lag på ca. 50 mm kan anvendes, hvor der stilles forøgede krav til trinlydniveauet i omliggende rum samt i gennemgangsrum med stor trafik, fx en fællesgang.

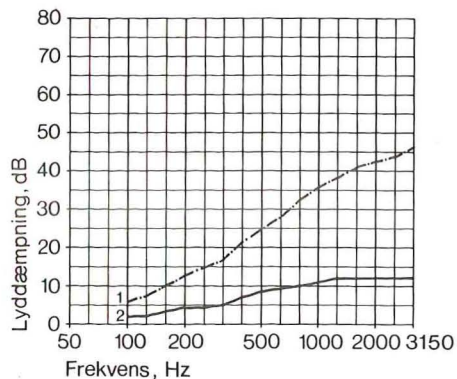
Brugen af tynde isoleringslag, dvs. under 10 mm, øger risikoen for lydbroer, der kan opstå ved at mørtel eller ujævnheder i dækoverflader trykkes ind i isoleringslaget. Plader af mineraluld eller polystyrenskum, der i små tykkelser erfaringsmæssigt ofte lider overlast under udlægning, må frarådes til brug som tynde isoleringslag. På en jævn betonoverflade kan nålefilt med opadvendt gummivrang eller overdækket med plastfolie anvendes som underlag for en betonplade i våde rum i boliger. Andre



Figur 3.18. Svømmende gulv af 50–70 mm beton på 50 mm mineraluld. Lodret snit 1:10.



Figur 3.19. Svømmende gulv af 30 mm beton på et isoleringslag, der i belastet tilstand er mindst 6 mm tykt. Lodret snit 1:10.



Figur 3.20. Reduktion af trinlydniveau og forøgelse af luftlydisolation for et støbt dæk ved hjælp af et svømmende betongulv af 50 mm beton på 30 mm mineraluld.

1. Trinlyddæmpning.
2. Dæmpning af luftlydtransmission.

materialer med tilsvarende egenskaber (rimelig trækstyrke og elastisk sammentrykkelighed), fx nålet geotekstil, kan også anvendes. Eventuelt kan mindre tykkelser benyttes, når der udlægges

flere lag, som i belastet tilstand har en samlet tykkelse på mindst 6 mm.

Svømmende betongulve bør, hvis de udstøbes i større, sammenhængende arealer, opdeles ved hjælp af adskillende fuger for hver ca. 30 m². Gulvene må ikke berøre de omgivende vægge.

Vægge med stor luftlydisolation bør ikke opstilles på svømmende betongulve, fordi flanketransmissionen da kan nedsætte væggenes luftlydisolation væsentligt. Under adskillende vægge med luftlydisolation R'_w større end 35 dB bør der være en fuger i gulvet.

Vægge med en luftlydisolation R'_w større end 48 dB skal opstilles på en bærende konstruktion.

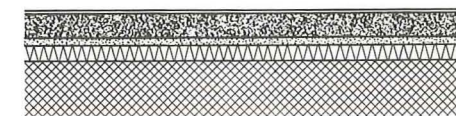
Svømmende gulves lyddæmpning er meget afhængig af udførelsen, hvorfor nøje tilsyn er nødvendig. Vedrørende svømmende betongulve i våde rum se kapitel 5, afsnittet om bade- og wc-rum.

Svømmende asfaltgulve

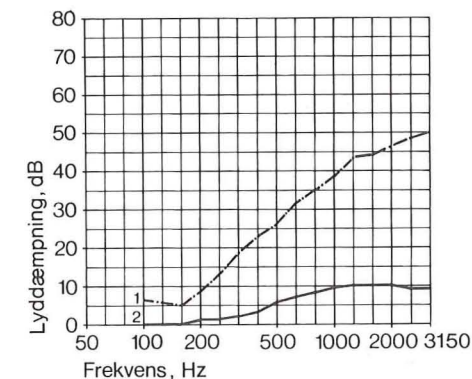
Svømmende asfaltgulve anvendes hovedsagelig i institutionsbyggeri. I bygninger til undervisningsformål kan de anvendes både i normale undervisningsrum og i undervisningsrum, for hvilke BR-82 stiller krav om forøget isolation mod trinlyd.

Vægge med stor luftlydisolation bør ikke opstilles på svømmende asfaltgulve, fordi flanketransmissionen kan nedsætte væggenes luftlydisolation væsentligt. Under adskillende vægge med luftlydisolation R'_w større end 45 dB bør der være en fuger i gulvet.

Vægge med en luftlydisolation R'_w større end 48 dB skal opstilles på den bærende konstruktion.



Figur 3.21. Svømmende asfaltgulv på mineraluld. Lodret snit 1:5.



Figur 3.22. Reduktion af trinlydniveau og forøgelse af luftlydisolation for et støbt dæk ved hjælp af et svømmende asfaltgulv.

1. Trinlyddæmpning.
2. Dæmpning af luftlydtransmission.

Trinlyddæmpende gulvbelægninger

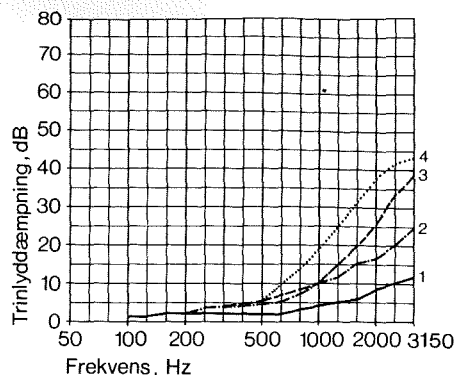
For fleretages beboelsesbygninger, hoteller, kollegier og plejehjem stilles i BR-82 krav om at trinlydniveaue $L'_{n,w}$ ikke må overstige 58 dB i beboelsesrum. Dette krav kan opfyldes med tilstrækkelig trinlyddæmpende belægninger. Men da også kravene til luftlydisolationen skal opfyldes, vil det derfor være nødvendigt at anvende dæk med en samlet masse på ca. 430 kg/m², se tabel 3.8. Massen af eventuelle afretningslag indgår i den samlede masse.

Trinlyddæmpende belægninger kan være linoleum på kork, vinyl på skumplast, filt eller kork, tæppebelægninger mv. Disse belægninger giver ingen forøgelse af luftlydisolationen.

Før udstøbning af et eventuelt afretningslag, som underlag for belægninger, skal betondæk renses for at sikre fuld vedhæftning mellem afretningslag og dæk, idet dårlig vedhæftning kan formindske luftlydisolationen og forøge trinlydniveaue.

Der bør kun anvendes gulvbelægninger, hvis akustiske egenskaber kan dokumenteres af leverandøren. Belægninger skal pålægges med de typer af klæbematerialer, som er anvendt ved afprøvning af gulvbelægningerne. Det bør sikres, at der er tale om egnede klæbemidler, som ikke trænger ind i det elastiske lag og derved nedsætter dets elasticitet. Belægninger af fx linoleum, vinyl eller kork, med eller uden trinlyddæmpende underlag, ændrer kun trinlydniveaue og luftlydisolationen ubetydeligt, når de udlægges på svømmende gulve.

Vedrørende trinlyddæmpende belægninger på trapper, altangange og altaner samt i fællesgange, se kapitel 5. Vedrørende trinlyddæmpning, se kapitel 2.



Figur 3.23. Trinlyddæmpningen som funktion af frekvensen for tynde gulvbelægninger.

1. Linoleum.
2. Linoleum + kork.
3. Vinyl + skumplast eller filt.
4. Tæppebelægning.

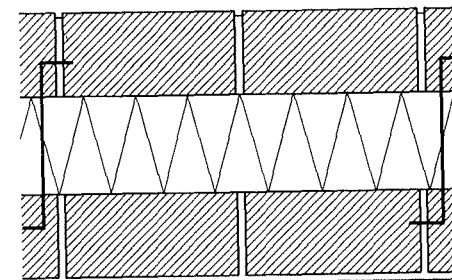
Ydervægge af mursten

En ydervæg af tegl- eller kalksandsten, hvor mellemrummet mellem for- og bagmur er udfyldt med et varmeisoleringsmateriale, kan i lydisoleringsmæssig henseende anvendes i alle bygningskategorier.

Dimensionerne på for- og bagmur bestemmes af de statiske krav, mens bredden af mellemrummet bestemmes af bl.a. de varmetekniske krav. Bagmure af 1/2-sten kan give problemer med flanke-transmission. I almindelighed yder murstensydervægge tilstrækkelig isolation mod ude fra kommende støj, se tabel 3.10.

Af lydmæssige grunde er det vigtigt, at samlinger mellem murværk og bygningsdele af andet materiale projekteres og udføres således, at de forbliver tætte, dvs., de skal kunne modstå normale temperatur- og fugtbetingede bevægelser i ydervæggene.

Det forudsættes, at murede vægge opføres med fyldte fuger.



Figur 3.24. 350 mm ydervæg af mursten. Vandret snit 1:10.

Væg	1	2	3
Vægtykkelse mm	350	410	470
Formur	1/2-sten	1/2-sten	1/2-sten
Bagmur	1/2-sten	168 mm	1 sten
Mellemrum mm, ca.	125	125	125
Masse, kg/m ² , ca.	370	460	550
Isolationsværdi, dB	55	60	60

Tabel 3.10. Luftlydisolation for ydervægge af mursten angivet ved isolationsværdier.

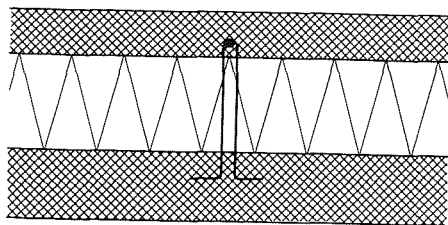
Ydervægge af beton

Sandwichelementer af beton kan anvendes til bærende og ikke-bærende ydervægge i alle bygningskategorier.

Dimensionerne på for- og bagstøbning bestemmes bl.a. af statiske krav, mens isoleringslagets tykkelse bestemmes af de varmetekniske krav.

Sandwichelementer med tynde bagstøbninger kan give anledning til betydelige problemer med flanketransmission ved samlinger, hvor indervægge sluttes til bagstøbninger. Sandwichelementer af beton yder i almindelighed tilstrækkelig isolation mod ude fra kommende støj, se tabel 3.11.

Af lydæssige grunde er det vigtigt, at samlingerne mellem betonelementer og andre bygningsdele projekteres og udføres således, at de forbliver tætte, dvs., de skal kunne modstå normale temperatur- og fugtbetingede bevægelser i ydervæggene.



Figur 3.25. 275 mm sandwich-ydervæg af beton. Vandret snit 1:10.

Væg	1	2	3
Vægtykkelse, mm	275	305	335
Forstøbning, mm	60	60	60
Bagstøbning, mm	90	120	150
Mellemrum, mm	125	125	125
Masse, kg/m ² , ca.	350	420	490
Isolationsværdi, dB	55	55	60

Tabel 3.11. Luftlydisolation for ydervægge af beton angivet ved isolationsværdier.

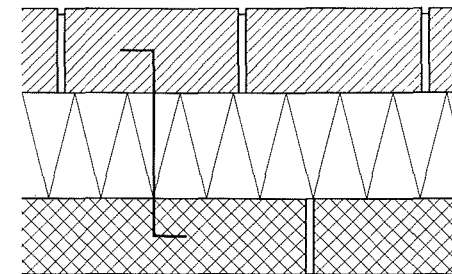
Ydervægge helt eller delvis af letbeton

Ydervægge med formur af mursten og bagvæg af letbeton eller letkonstruktionsbeton kan anvendes i lavt byggeri, herunder beboelsesbygninger, hoteller, kollegier, plejehjem og undervisningsbygninger.

For- og bagvæggenes dimensioner bestemmes af bl.a. statiske krav og isoleringstykkelsen af de varmetekniske krav.

En bagvæg af letbeton eller letkonstruktionsbeton med for ringe tykkelse kan give problemer med flanketransmission. Bagvæggen yder i almindelighed, når den er pudset eller spartlet, sammen med formuren tilstrækkelig isolation mod ude fra kommende støj, se tabel 3.12.

Det forudsættes, at fuger i letbetonvægge og fuger mellem disse og andre bygningsdele forbliver tætte, dvs. de skal kunne modstå normale temperatur- og fugtbetingede bevægelser i ydervæggene.



Figur 3.26. 350 mm ydervæg af tegl og letkonstruktionsbeton. Vandret snit 1:10.

Væg	1	2	3	4	5
Vægtykkelse, mm	350	350	410	410	470
Formur	1/2-sten	1/2-sten	1/2-sten	1/2-sten	1/2-sten
Bagvæg	100 mm l.k.beton	100 mm beton	150 mm beton	150 mm l.k.beton	200 mm l.k.beton
Mellemrum, mm	140	140	150	150	150
Masse kg/m ²	270	410	530	450	530
R' _w , dB	50	55	60	55	60

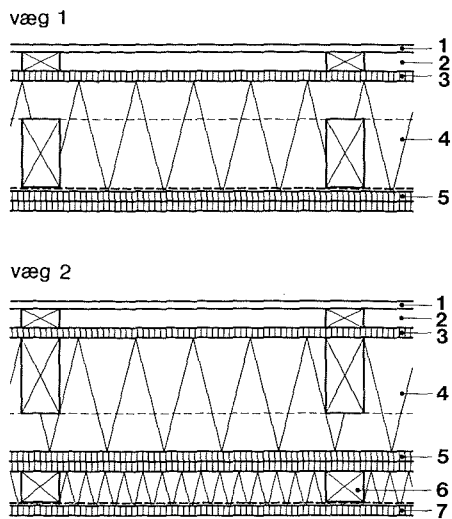
Tabel 3.12. Luftlydisolation for ydervægge med bagvæg af beton, letbeton og letkonstruktionsbeton angivet ved isolationsværdier.

Lette ydervægge

Lette vægge kan anvendes som ydervægge i alle bygningskategorier. De består normalt af en skeletkonstruktion beklædt med plader på begge sider og med varmeisoleringsmateriale i hulrummet, se figur 3.27. Der findes også lette ydervægselementer uden skeletkonstruktion, men foreløbig dog kun til anvendelse som ikke-bærende væg, og de har en luftlydisolation, som i en del situationer kan være uacceptabel.

I områder, hvor isolation er nødvendig mod ude fra kommende støj, skal ydervægges luftlydisolation være mindst 5 dB større end den lydisolation, som med den aktuelle beliggenhed er nødvendig for vinduerne, se tabel 3.15.

En forudsætning for at opnå en tilfredsstillende luftlydisolation mellem naborum i en bygning med lette ydervægge er, at dæk og tværvægge føres helt eller delvist ud gennem ydervægge.



Figur 3.27. Let pladebeklædt ydervæg med træskelet. Vandret snit 1:10.

Væg 1: Stolper ved mineraluldslagetets inderside, vandrette lægter ved dets yderside.

Væg 2: Stolper ved mineraluldslagetets yderside, vandrette lægter ved dets inderside, ved indvendig vægside en lydisolerende beklædning.

1. Udvendig pladebeklædning, masse 10-15 kg/m².
2. Udluftningshulrum, tykkelse ca. 25 mm.
3. Gipsplade, 1×13 mm.
4. Mineraluld 150 mm.
5. Gipsplade 13 mm, et eller to lag.
6. Lodrette lægter, afstand ≥ 400 mm.
7. Gipsplade, mindst 1×13 mm.

Træskeletvæg	1	2
Vægtykkelse mm, ca.	225	275
Masse, kg/m ² , ca.	50	65
R' _v , dB	40	45

Tabel 3.13. Luftlydisolation for lette ydervægge med træskelet angivet ved isolationsværdier, se figur 3.27.

Tagdæk og tagkonstruktioner af træ

Tagdæk af beton eller letbeton med tagbeklædning eller med overliggende ikke-bærende tagkonstruktion af træ anvendes oftest i fleretages bygninger.

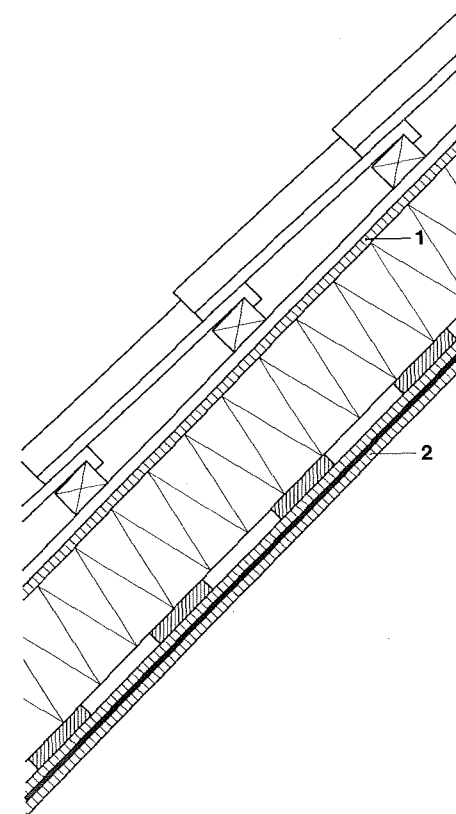
Bærende tagkonstruktioner af træ med loftsbeklædning på undersiden af gitterspær eller bjælker anvendes hovedsagelig i enkelte eller sammenbyggede enfamiliehuse.

I områder, hvor isolation mod ude fra kommende støj er nødvendig, bør loftsbeklædningen i begge tilfælde bestå af to lag gipsplader eller anden lydteknisk tilsvarende beklædning. Loftspladerne skal slutte tæt til alle vægge – også ydervæggene – og eventuelt forsegles med fugemasse for at give den i tabel 3.14 anførte lydisolation.

Med kun et enkelt lag tætsluttende gipsplader skønnes lydisolationen at ligge 5 dB under tabellens tal. De fleste tage beklædt med tagsten eller bølgeplader og med kun et lag loftsplader uden særlig tæt tilslutning til inder- og ydervægge vil have en isolationsværdi omkring 30 dB. Beklædninger af gipsfliser eller træfliser er ikke i sig selv tilstrækkelig tætte, og brugen af dem forudsætter derfor en overliggende tæt beklædning, fx gipsplader.

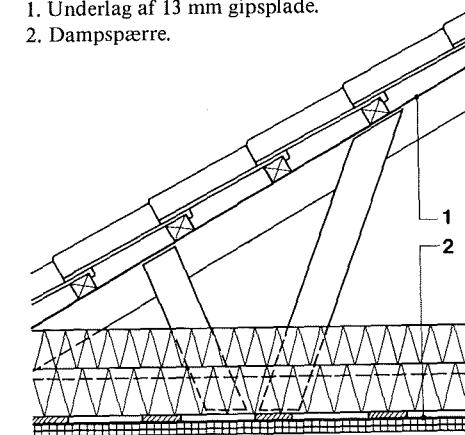
Tage med lille fri højde mellem tagbelægning og isoleringslag giver en stor dæmpning af lydets udbredelse i tagrummet, mens dæmpningen er ringe i tage med stor fri højde over isoleringslag.

Et tag med lav rejsning og tæt tagbelægning, fx brædder med sammensvejsede tagpaplag, har en luftlydisolation, som svarer omtrent til det flade tags, mens et tag med bølgeplader har en ringere luftlydisolation, omtrent som et tag med høj rejsning.



Figur 3.28. Tag med stor hældning og isoleret underside. Lodret snit 1:10.

1. Underlag af 13 mm gipsplade.
2. Dampspærre.



Figur 3.29. Tag med hældning. Lodret snit 1:20.

1. Vandafledende underlag.
2. Dampspærre.

I tagkonstruktioner af træ bør anvendes mineraluld med luftstrømningsmodstand større end $7 \text{ kPa} \cdot \text{s/m}^2$. Tagets luftlydisolation kan derved øges med 3–5 dB i forhold til værdierne i tabel 3.14.

Tagtype	Isolationsværdi, dB
Bærende tagdæk af beton, isolering, tagbelægning	55
Bærende tagdæk af l.k.beton isolering, tagbelægning	55
Tagkonstruktion af træ, med pladeloft på underside af spær	45
Tagkonstruktion af træ, lille hældning, bølgeplader	40
Tagkonstruktion af træ, stor hældning, tagsten	40

Tabel 3.14. Luftlydisolation for bærende tagdæk med belægning og for tagkonstruktioner af træ angivet ved isolationsværdier.

Søjler og bjælker

Søjle/bjælke-systemer og rammesystemer kan anvendes både til bolig-, erhvervs- og institutionsbyggeri.

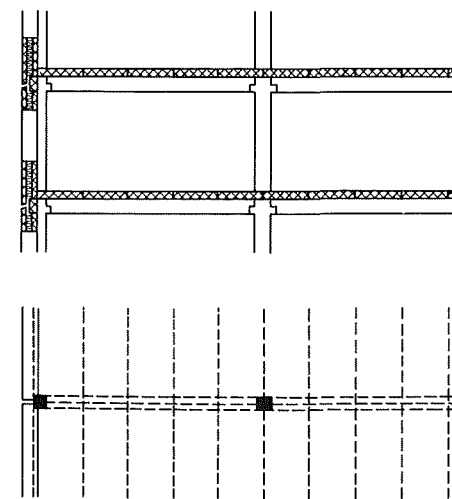
I fleretages bygninger, hvor der stilles krav om luftlydisolation mellem boliger, kan anvendes søjler og bjælker af beton med tykkelser på 200 mm eller derover. Et krav om forøget lydisolation nødvendiggør særlige foranstaltninger.

Konstruktioner med søjler og bjælker af træ i tykkelser på 200 mm eller derover kan anvendes i bygninger til undervisningsbrug, når træet højst udgør 10 pct. af vægarealet mellem normalklasserum, og når de anvendte vægges luftlydisolation R'_w er mindst 52 dB. Søjler og bjælker bør være mindst 10–20 mm tykkere end væggene i øvrigt.

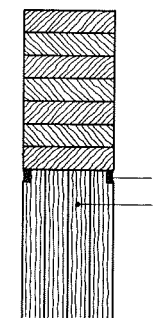
Luftlydisolationen mellem rum i en bygning med søjle/bjælke-konstruktion er bestemt af fugetæthed, flanke-transmission og vægtype. Rammesystemer har færre fuger og dermed færre lyd-mæssige svage punkter end søjle/bjælke-systemer.

I søjle/bjælke-systemer er det vigtigt at sikre vedvarende tæthed mellem bygningsdelene. Eventuelle knasfuger må vurderes nøje, idet produktions- og montageunøjagtigheder kan medføre utætheder. Planlægningen af fugegeometrien ud fra en beregning af konstruktionernes deformationer har stor betydning for den opnåelige luftlydisolation. Det er også nødvendigt at tage hensyn til produktionsteknikken, herunder udførelsen af fugearbejdet. Hvor der anvendes lejeplader i samlinger, må der træffes foranstaltninger til tætning med bundstopning og fugemasse.

Svind eller vindskævheder i trækonstruktioner kan påvirke den opnåelige tæthed i samlingerne. Hvor der påreg-



Figur 3.30. Bærende søjle/bjælke-system. Lodret og vandret snit 1:20.



Figur 3.31. Knasfuge mellem søjle og bjælke af limtræ. Lodret snit 1:20.

1. Fugeforsegling.

nes en lydisolation R'_w på 45 dB eller derover, er det nødvendigt at indlægge måludjævnende og lyddæmpende materiale i knasfugerne.

Mærkningsordninger for døre og vinduer

De danske mærkningsordninger for lydisolerede døre og vinduer (administreret af Dansk Standardiseringsråd) omfatter for tiden seks mærkningsklasser 25, 30, 35, 40, 45 og 50 dB. Dørenes, respektive vinduernes, lydisolations R_w bestemmes i laboratorium og skal for klasserne 30 dB og derover være mindst 3 dB højere end den klasse, hvori de mærkes. Mærkningsordningerne giver i princippet køberne sikkerhed for, at dørplade, respektive ruder, i karm eller ramme samt tætninger mellem dørplade og karm, henholdsvis mellem vinduesramme og karm, på købstidspunktet har den angivne lydisolationsværdi. Døre og vinduer skal monteres efter fabrikanstens anvisning, som er påklæbet døre, respektive vinduer, ved levering.

Døre

En dørs lydisolationsværdi afhænger af dørpladen og af tætningen dels mellem dørplade og karm, dels mellem karm og væg.

Tætningen mellem karm og dørplade (falstætningen) skal have en lyd-dæmpning svarende til dørpladens lydisolationsværdi, for at døren kan give maksimal lydisolationsværdi. Det kræver, at der anvendes tætningslister, som i reglen består af et eller to gummiprofiler. Det er vigtigt, at profilet slutter tæt overalt mellem dørplade og karm langs dørens kanter. Der må lægges vægt på tætningernes placering og tætningsmaterialets bestandighed.

Anslagstætningslister er at foretrække for slæbetætningslister, idet tætslutende slæbelister gør det svært at åbne og lukke døren, og de vil bevirke, at selv små trykdifferenser over døren kan frembringe luftbevægelser, der giver anledning til en pibende eller fløjtende lyd.

Døre uden karmunderstykke har mindre luftlydisolationsværdi end døre med understykke, selv om dørene forsynes med selvluukkende tætning, fx en sænkeskinne.

Der skal anvendes beslag som lukker døren tæt uden anvendelse af større kraft end normalt. Beslag med tilspænding i flere punkter er at foretrække for tilspænding i et punkt.

Døre skal kunne modstå klimatiske påvirkninger, dvs. varme, fugt og vand uden at lydisolationsværdien formindskes.

I fleretages beboelsesbygninger og hoteller, kollegier og plejehjem stilles i bygningsreglementet krav om, at entrédørens luftlydisolationsværdi R_w mindst skal være 32 dB, på plejehjem, hvor der af hensyn til sengetransport kræves brede døre, dog mindst 27 dB. Kravene kan

forventes opfyldt ved brug af døre i mærkningsklasserne 35 dB henholdsvis 30 dB.

For undervisningsbygninger stilles i bygningsreglementet krav om, at dørens luftlydisolationsværdi R_w mellem fællesgange og undervisningsrum mindst skal være 27 dB og mellem to normale undervisningsrum mindst 37 dB. Kravene kan forventes opfyldt ved brug af døre i mærkningsklasserne 30 dB henholdsvis 40 dB.

Døre i mærkningsklasserne 45 dB og 50 dB finder anvendelse i målerum, undersøgelsesrum, studierum og lignende, hvor der stilles ekstremt høje krav til luftlydisolationsværdien. For disse dørtyper kræves ofte specielle indbygningsbetingelser opfyldt, og i enkelte tilfælde stiller leverandøren krav om, at monteringen foretages af særligt uddannede montører.

Altandøre betragtes som vinduer med hensyn til lydtekniske krav.

Udvendige entrédøre vil i nogle situationer indirekte blive udsat for strengere krav end gældende for indvendige entrédøre. Sådanne situationer forekommer, hvor der stilles krav til vinduers lydisolationsværdi mod trafikstøj, og hvor der samtidig er åben forbindelse mellem et af boligens opholdsrum og entreen, og hvor entrédøren desuden findes i den støjeksponerede del af bygningens klimaskærm.

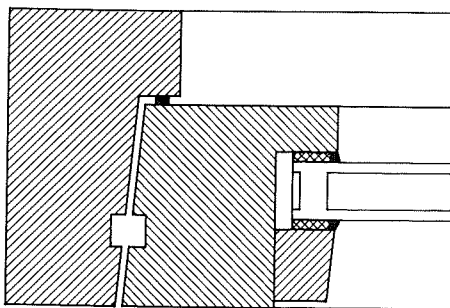
Vinduer

Et vindues lydisolationsværdi afhænger af ruderens lydisolationsværdi og af tætheden mellem ramme og karm henholdsvis mellem karm og væg.

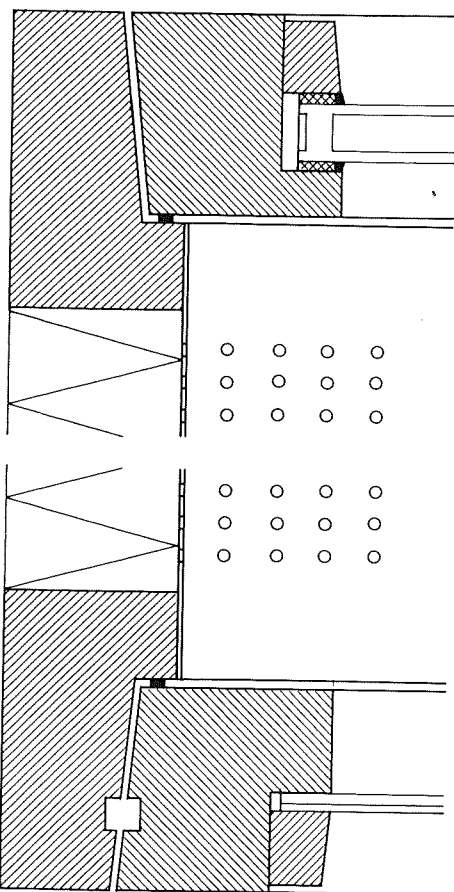
Lydisolationsværdien vokser, når afstanden mellem glassene øges, og de mekaniske forbindelser mellem de to glas eller ruder formindskes. Derfor giver en to-karmløsning som vist i figur 3.34 langt bedre lydisolationsværdi end udførelser svarende til løsningerne i figur 3.32 og 3.33. Det bedste resultat opnås med adskilte karme og stor afstand mellem ruderne (mindst 200 mm).

Der findes specielle termoruder, hvor det ene glaslag er lamineret. Herved nedsættes glassets bøjningsstivhed, og der opnås ca. 5 dB større lydisolationsværdi end med almindelige termoruder. Større lydisolationsværdi kan også opnås ved, at der i stedet for atmosfærisk luft mellem glassene er en neutral luftart med enten større eller mindre masse end atmosfærisk luft. Hvis der opstår en i øvrigt ikke mærkbar eller synlig utæthed i en sådan rude, tabes alligevel ret hurtigt den forøgede lydisolationsværdi. Det er generelt en fordel at anvende en asymmetrisk opbygning af vinduesruder både med hensyn til glastykkelse, glassdensitet, de enkelte glaslags bøjningsstivhed og, hvis der indgår mere end to lag glas i rudens konstruktion (eventuelle laminerede glaslag regnes som et lag), også hulrumdybder og gastyper i hulrum, fx atmosfærisk luft contra svovlhexafluorid (SF_6).

Vinduer med flere lag glas, der ikke er udført som termoruder, giver risiko for kondens mellem glassene, hvorfor det ydre glasmellemrum må udluftes. Det bør af hensyn til lydisolationsværdien ske gennem 6 mm cirkulære huller pr. 200 mm

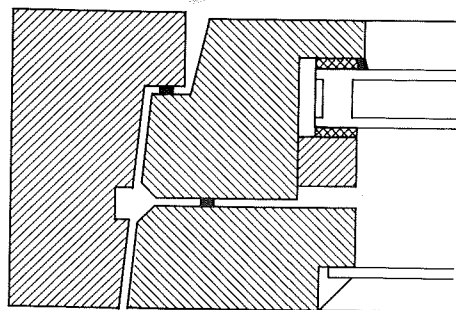


Figur 3.32. Enkelt vinduesramme med termorude. Vandret snit 1:2. Vinduer af denne type, forsynet med effektive tætningslister, ligger normalt i klasserne 25 og 30 dB, og forsynet med såkaldte termolrudrude i klasserne 30 og 35 dB.



Figur 3.34. Dobbelte rammer i adskilte karme, glasafstand over 200 mm. Vandret snit 1:2.

Vinduer af denne type, forsynet med effektive tætningslister, med lamineret enkeltrude i udvendig karm, en termorude i selvstændig indvendig karm og lydabsorberende materiale mellem karmene, kan forventes af ligge i klasse 45 dB eller 50 dB. Det forudsættes, at de monteres i en massiv væg af tegl med tykkelse på mindst 350 mm, eller monteres i henholdsvis for- og bagvæg i en ydervæg med lydisolations større end 50 dB.



Figur 3.33. Koblede rammer, glasafstand 40 mm. Vandret snit 1:2. Vinduer af denne type, forsynet med effektive tætningslister, ligger normalt i klasserne 30 og 35 dB, og forsynet med såkaldte termolrudrude i klasserne 35 og 40 dB.

i vinduesrammens understykke. Større huller eller spalter vil nedsætte lydisolationen.

Vinduer med koblede rammer bør forsynes med tætningslister mellem de to rammer. Udluftning kan ske gennem huller i de koblede rammers understykker eller i tætningslisterne ved understykkerne. Herved reduceres tillige tilsmudsningen pr. tidsenhed af hulrummets glasoverflader.

Vinduesbeslag med tilspænding i flere punkter er at foretrække for beslag med tilspænding i kun to punkter. Der må lægges stor vægt på placeringen af tætningerne og på tætningsmaterialets holdbarhed.

I bygningsreglementerne stilles ikke direkte krav til vinduers lydisolations, men i en række situationer stilles der krav om, at støjniveauet $L_{Aeq,24}$ indendørs ikke må overstige 30 dB. I BR-82, bilag 3 er anført en vurderingsmetode, der er baseret på det udendørs lydtrykniveau $L_{Aeq,24}$ og på vinduers og ydervægges lydisolations. Når denne vurderingsmetode efterleves, anses kravet til det indendørs støjniveau for overholdt, og der kræves ikke yderligere dokumentation.

Det udendørs lydtrykniveau $L_{Aeq,24}$ foran facaden udtrykt ved den såkaldte fritfeltsværdi bestemmes på grundlag af den forventede trafikintensitet i henhold til »Beregningsmodel for vejtrafikstøj«, rapport nr. 93 – revideret 1989 – fra Vejdatalaboratoriet.

I nogle kommuner opgiver de stedlige myndigheder det forventede lydtrykniveau. Med det udendørs lydtrykniveau $L_{Aeq,24}$ og det valgte eller krævede indendørs lydtrykniveau $L_{Aeq,24}$ som udgangspunkt, kan den nødvendige mærkningsklasse for vinduernes lydisolations herefter findes i tabel 3.15. Yder-

Udendørs lydtrykniveau, fritfeltsværdi $L_{Aeq(24)}$	Indendørs lydtrykniveau $L_{Aeq,24}$ dB			
	25	30	35	40
55	30	25	25	25
56-60	35	30	25	25
61-65	40	35	30	25
66-70	45	40	35	30
71-75	50	45	40	35
76-80	-	50	45	40
80	-	-	50	45

Tabel 3.15. Nødvendig lydisolations R'_w eller klasseværdi efter DS 1084 for vinduer angivet ved mærkningsklasser i afhængighed af det ønskede indendørs støjniveau og det forventede udendørs støjniveau. Støjniveauet måles ved det energi-ækvivalente A-vægtede lydtrykniveau over et døgn. Når der anvendes vinduer, hvis DS-mærkningsklasse svarer til de i tabellen under indendørs lydtrykniveauet 30 dB anførte isolationsværdier, anses eventuelle krav om, at lydtrykniveauet $L_{Aeq,24}$ i boliger, plejehjem mv. ikke må overstige 30 dB, for opfyldt. Det er forudsat, at ydervæggenes lydisolations ligger mindst 5 dB over vinduernes, at der ikke er andre væsentlige lydtransmissionsveje end vinduerne, og at forholdet mellem vinduesarealet og rummets ækvivalente lydabsorptionsareal ikke afviger væsentligt fra det normale i traditionelle beboelsesrum.

vægges og tages lydisolations skal være mindst 5 dB større end vinduernes. DS-mærkede vinduer i den relevante mærkningsklasse eller vinduer med lydisolations R'_w svarende til værdien i tabel 3.15 for de dimensionsgivende støjniveauer vil normalt blive anset for at overholde de stillede krav til støjniveauet. Det forudsættes dog, at vinduerne isat mindst har den i tabellen anførte luftlydisolations. Laboratoriemålte vinduers lydisolations R_w skal mindst svare til, hvad der i DS 1084 kræves, for at vinduet kan certificeres og DS-mærkes i den pågældende klasse.

Hvis vinduesarealet er større end 25 pct. af gulvarealet, bør vinduernes lyd-

isolation ligge en klasse højere end anført i tabel 3.15.

I denne tabel er desuden vejledende anført andre indendørs lydtrykniveauer end 30 dB og den til disse hørende nødvendige lydisolations. I tabel 3.16 er anført vejledende værdier for indendørs lydtrykniveau afhængig af rummets funktion og beliggenhed.

I områder med støj fra flytrafik kan alle facader, gavle og tage være lige udsatte for støj, mens støj fra vejtrafik normalt kun generer væsentligt på bygningens ene side. I bebyggelser i flere etager som ligger langs en gade er lydtrykniveauet væsentligt lavere ved tagvinduerne end ved vinduer på 1. og 2. etage. I karré- og længebebyggelser er udendørsstøjniveauet væsentlig lavere ved bygningernes bagside end ved forsiden. Forskellen mellem støjniveauet ved for- og bagside kan være 10–25 dB afhængig af bygningernes højde. Hvor det er muligt, bør randbebyggelsers skærmende effekt mod veje eller jernbaner med stor trafikintensitet derfor udnyttes.

Ved lydisolering af vinduer bør man være opmærksom på, at med en større lydisolations øges vinduets lufttæthed, og dette kan for vinduer af træ forøge risikoen for fugtskader. Desuden stiger muligheden for indeklimaproblemer, hvis ventilationen ikke er tilstrækkelig.

Det bør desuden iagttages, at indtag for friskluft skal lydisoleres og i stærkt trafikerede gader ligge mindst 5 m over gadeniveau af hensyn til afgangsræs-ter mv.

Sygehuse (sengestuer)	25 dB
Boliger (opholdsrum)	24–30 dB
Skoler (klasserum)	30–35 dB
Kontorer	35–40 dB

Tabel 3.16. Vejledende værdier for indendørs lydtrykniveau. De laveste værdier benyttes i stille områder. Laveste værdi for kontorer bør også benyttes i områder med højere støjniveau, når der er tale om kontorer for kun 1 eller 2 personer.

Kapitel 4. Samlinger

Samlingerne mellem en adskillende bygningsdel og tilstødende bygningsdele vil altid påvirke adskillelsens luftlydisolation, idet der kan ske en lydtransmission dels gennem de flankerende bygningsdele og dels gennem eventuelle utætheder i samlingerne. I dette kapitel er foretaget en vurdering af den lydtekniske kvalitet af en række adskillende bygningsdele med tilhørende samlinger. Ved vurderingerne er forudsat, at samlingerne udføres lydteknisk korrekt. De angivne løsninger viser samlinger, hvor flanketransmissionen er begrænset mest muligt.

En samlings lydisolations kan ikke måles direkte, men der kan foretages et skøn over luftlydisolationen for en bygningsdel med en given samling.

Som et eksempel på problemstillingen kan nævnes dobbeltvægge af massive vægdele anvendt som adskillelse mellem rækkehuse. De statiske betingelser for stabilitet skal være opfyldt for hvert enkelt hus i rækken. Dette gælder også længdeafstivningen, der af lyd-mæssige grunde ikke må være gennemgående over flere huse.

En korrekt udført dobbeltvæg kan i praksis give en luftlydisolation R'_{w} på 65–70 dB, hvor kravet kun er 55 dB. Men hvis væggen ikke udføres med adskilte vægdele og med samlinger, der er tætte og har mindst mulig flanketransmission, vil luftlydisolationen blive betydeligt lavere.

En korrekt udført tung enkeltvæg, fx 250 mm beton eller 350 mm tegl, kan i praksis give en luftlydisolation R'_{w} på 57 og 59 dB, når alle flankerende bygningsdele har en masse på over 350 kg/m². Med trægulv på strøer på brikker af 12 mm blød træfiberplade på et 220 mm betonhulpladedæk og med mineraluld mellem strøerne kan trinlydniveauet $L'_{n,w}$ i vandret retning blive under 45 dB. Mineralulden bør have strømningsmodstand på mindst 7 kPa·s/m².

I teksten er der for nogle samlingers vedkommende oplyst om ofte forekommende fejl. Ydervæggene er vist med varmeisoleringslag, hvis tykkelser opfylder kravene i bygningsreglementerne. De viste lette ydervægge er kun angivet skitse-mæssigt, og aktuelle løsninger må undersøges nærmere.

Gulve, generelt

Tynde elastiske gulvbelægninger af linoleum eller plast, eventuelt med 2–3 mm underlag af filt, kork, opskummet plast eller lignende, bidrager normalt ikke hverken til forbedring af luftlydisolationen eller til forøgelse af flanketransmissionen.

Afretningslag, der er fast forbundet med dækkonstruktionen, virker lydteknisk som en forøgelse af dækkonstruktionens masse og giver derved et mindre, men ofte ubetydeligt bidrag til forbedring af både luftlydisolation og trinlyd-

niveau. Ligger afretningslaget ikke fast til dækkonstruktionen, forsætligt eller uforsætligt, vil normalt både luftlydisolation og trinlydniveau forringes i en begrænset del af frekvensområdet, mens flanketransmissionen især i afretningslag udlagt på fx et lag plast forøges.

Svømmende gulve, dvs. gulve med en trykfordelende plade med tilstrækkelig bøjningsstivhed udlagt på et underlag, hvis dynamiske stivhed er tilstrækkelig til at bære den påførte last, giver normalt en forbedring af både luftlydisolation og trinlydniveau. Den opnåelige forbedring afhænger af underlagets tykkelse, dets dynamiske stivhed og af den svømmende plades masse. Eventuelle stive forbindelser, såkaldte lydbroer, mellem den svømmende plade og dækkonstruktion eller omgivende vægge, navnlig massive vægge, forringer den forbedring af trinlydniveauet, der kunne være opnået med sådanne gulve. Virkningen af lydbroer er tydeligt hørbar under måling af trinlydniveauet, og de er derfor forholdsvis lette at påvise. I mange tilfælde, formentlig i de fleste, findes ikke lydbroer, der danner stive forbindelser, men kun stedvise forringelser af isolationen mellem den svømmende plade og de omgivende konstruktioner. Forringelserne skyldes stedvis større sammentrykning af underlaget eller mellemlaget, som medfører en forøget lydtransmission. Sådanne stedvise sammentrykninger er utvivlsomt meget udbredte men vanskelige at påvise, fordi det mellemliggende ekstra sammenpressede materiale trods alt giver nogen trinlyddæmpning, navnlig ved højere frekvenser, hvilket er årsag til, at en lidt forøget lydtransmission via partielle dele af gulvet er vanskelig at høre. Ved at undersøge en række ens gulve udlagt af de samme personer under

bygningsmæssige identiske betingelser viser det sig ofte, at resultaternes variationsområde er større end forventet ud fra resultater fra målinger af trinlydniveauet for gulve af samme type under laboratorielignende betingelser. Over for luftlyd virker svømmende gulve som en lydisolerende forsatsbeklædning eller forsatsvæg, men egentlige lydbroer har ikke den samme ødelæggende virkning for luftlydisolationen som for trinlydniveauet.

Svømmende gulve reducerer flanketransmissionen via dækket til underliggende rum. Reduktionens størrelse afhænger af den svømmende gulvplades masse pr. arealenhed, underlagets tykkelse og dynamiske stivhed. I bygninger, hvor lette vægge, fx pladebeklædte skeltevægge, opstilles oven på det svømmende gulv, vil flanketransmissionen mellem to naborum normalt være større gennem den svømmende plade end gennem dækket uden svømmende gulv. Flanketransmissionen gennem den svømmende gulvplade kan dog reduceres ved hjælp af en fuge under den rumadskillende væg. Den største reduktion af flanketransmissionen mellem to naborum, der kan opnås med et svømmende gulv, fremkommer, når gulvet er afbrudt ved vægge, hvilket almindeligvis er tilfældet i bygninger med massive vægge. I bygninger med tunge, massive vægge og dæk er gulvenes reduktion af flanketransmissionen normalt ikke afgørende for luftlydisolationen mellem naborum i relation til bygningsreglementernes bestemmelser. Dette kan dog godt være tilfældet i bygninger med lette, massive konstruktioner, og det kan ikke udelukkes, at en mindre forringelse af trinlyddæmpningen kan have en mærkbar negativ virkning på luftlydisolationen. Der kendes flere eksempler

fra praksis, hvor lydisolationen i bygninger med lette, massive konstruktioner er 3–4 dB mindre end forventet i forhold til bygninger med tunge, massive konstruktioner. For at mindske risikoen for en forøget flanketransmission bør lette, massive vægges masse pr. arealenhed være større end 200 kg/m^2 , eller der bør indlægges tilstrækkeligt lyddæmpende mellemlag mellem væg og dæk.

Svømmende gulves trinlydniveau vokser desuden med belastningen, og der sker, afhængig af belastningsvarigheden, en ændring af underlagets trinlyddæmpende egenskaber. Enkelte underlagstyper genvinder disse egenskaber, når gulvene aflastes. De fleste gulve får dog med tiden en varig reduktion af trinlyddæmpningen på mellem 1 dB og 3 dB. Da de i bygningsreglementerne anførte øvre værdier for tilladeligt trinlydniveau gælder både for nye gulve og for gulve, som har ligget i adskillige år, bør man i praksis projektere med svømmende gulve, hvis trinlydniveau er mindst 3 dB lavere end krævet i bygningsreglementerne.

Fuger, generelt

Ud over selve bygningskomponenterne indgår i langt de fleste samlinger også fuger af forskellig form og med forskelligt formål. Fugerne skal have mindst samme lydisolation som de bygningskomponenter, der omgiver dem, og skal derfor enten udføres af samme materiale som disse komponenter – eksempelvis udstøbte fuger mellem betonelementer – eller af materialer, som i det aktuelle tilfælde giver samme eller bedre lydisolation.

Et vigtigt krav til lydisolerende fuger er, at de skal være tætte. I praksis kan det være vanskeligt at opnå tilstrækkelig

tæthed, fordi der ofte sker vedvarende deformationer i byggematerialer. Kravet om tæthed kan kun anses for opfyldt, når tætheden er vedvarende.

Fuger og deres forseglinger bør dimensioneres, og der må ved denne dimensionering tages hensyn både til geometriens direkte betydning for lyd-dæmpningen i fugerne og til målkravene for de eventuelle plastiske eller elastiske materialer, som skal forsegle fugerne og holde dem tætte.

Lydtransmissionen gennem en fuge afhænger både af fugens bredde og dybde og af lyddæmpningen i et eventuelt udfyldningsmateriale. Forholdet mellem fugedybde og fugebredde skal være så stort som muligt. Mellem to komponenter med stor lydisolation, men relativ ringe tykkelse, er det vanskeligt at etablere en fuge med tilstrækkelig lyddæmpning. Fugesamlinger mellem komponenter, hvor forholdet mellem fugedybde og fugebredde overstiger ca. 300, kan i princippet tætnes tilstrækkeligt ved hjælp af tape med tæt overflade. Men større sikkerhed for tæthed opnås ved at etablere mulighed for en forsegling med fugemasse.

Ligger dybde-breddeforholdet væsentligt under 100, er det nødvendigt at udfylde hele fugen. Det kan ske med mineraluld, tæt stoppet eller sammenklemmt, eller med andet materiale med tilsvarende lydtekniske egenskaber. Det kan yderligere være nødvendigt at forsegle med fugemasse. Fugers dybde-breddeforhold bør være større end 8 og fugetykkelsen mindst 5 mm og højst 15 mm. I praksis er denne betingelse sjældent opfyldt, fx er stopningsdybden ofte mindre end fem gange dybde-breddeforholdet, hvilket medfører en meget ringe sikkerhed for at kunne opnå en tilfredsstillende lyddæmpning.

Fugeforseglingen skal udføres med deformerbare fugematerialer, som kan være plastiske eller elastiske, og forseglingen skal ske på fugeunderlag.

I samlinger mellem væg- og dækkonstruktioner forekommer der ofte utætheder, og da samlingsfugerne i reglen er vanskeligt tilgængelige efter bygningens færdiggørelse, må sådanne fuger ofres speciel opmærksomhed. I montagebyggeri udføres en del af disse fuger som knasfuger eller selvforskallende udstøbningsfuger, som ikke kan forventes at blive tætte uden særlige foranstaltninger, som fx forsegling.

I et traditionelt etagekryds med 185 mm dæk- og 150 mm vægelementer af beton forekommer det ofte, at samlingsmålafvigelse, fx ved forskydning i længderetningen og små vindskævheder i dæk eller vederlag, fører til revner med stor lydgenngang i fugen mellem dækunderside og væg.

Andre kilder til utætheder er svindrevner og deformationer i øvrigt. Svind i fugebetonen og i de omgivende elementer kan begrænset ved korrekt udførte betonblandinger med passende lave vandcementtal. Det er vigtigt at overholde den foreskrevne lagringstid for elementerne inden montage og sammenstøbning.

Enkeltvæg/fundament

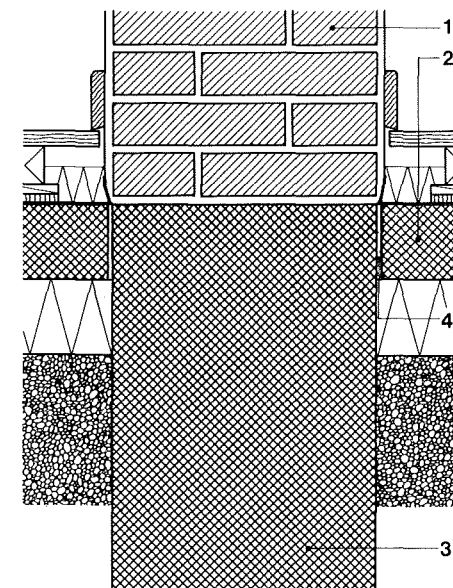
Enkeltvægge kan udføres af mursten, beton eller letkonstruktionsbeton. Nogle isolationsværdier for sådanne vægge er anført i tabel 4.1.

Det forudsættes, at den del af væggen, som ligger under gulvoverfladen, er udført med samme grad af tæthed, som den der ligger over. Murede vægge skal fuges, pudses, berappes, filttes eller svummes helt til terrændæk. Betonvægge skal have tætte understopninger.

Fundamenter bør afsluttes ved terrændækkets overside med en 5-10 mm fuge mellem fundamentet og terrændæk som vist i figur 4.1.

Udstøbes terrændækket sammenhængende over fundamentoverside, vil transmissionen af trinlyd øges væsentligt. Hvis der ikke anvendes svømmende gulve, er andre lyd-dæmpende foranstaltninger nødvendige for at opfylde bygningsreglementernes krav til trinlydniveauet, se tabel 1.4.

I rækkehuses beboelsesrum kan kravene til luftlydisolation og trinlydniveau opfyldes med trinlyddæmpende belægninger på terrændæk med en betontykkelse på mindst 150 mm. Vedrørende trinlyddæmpende gulvbelægninger se kapitel 3.



Figur 4.1. Samling mellem enkeltvæg og fundament. Lodret snit 1:10.

1. Indervæg, 1 1/2-sten.
2. 100 mm beton.
3. Fundament.
4. Fuge 5-10 mm.

Enkeltvæg af	R'_w , dB
180 mm bredsten	48
1-sten	52
1 1/2-sten	55
120 mm beton	48
150 mm beton	52
180 mm beton	52
250 mm beton	55
150 mm l.k.beton	48
200 mm l.k.beton	52
300 mm l.k.beton	55

Tabel 4.1. Luftlydisolation for enkeltvægge samlet med fundament som vist i figur 4.1. Det forudsættes, at væggenes samlinger med øvrige omgivende bygningsdele er vurderet til samme luftlydisolation.

R'_w er angivet ved isolationsværdier.

Dobbeltvæg/fundament

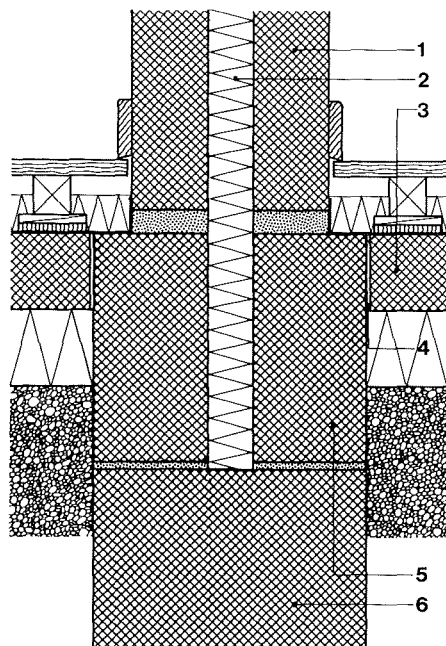
Dobbeltvægge kan udføres af mursten, beton, letbeton, letkonstruktionsbeton eller som pladebeklædte skeletvægge. Nogle isolationsværdier er anført i tabel 4.2. Det forudsættes, at den del af væggenes overflader, der ligger under færdig gulvoverflade, er udført med samme grad af tæthed som den, der ligger over. Murede vægge skal fuges, pudses, be-rappes, filttes eller svummes helt ned til oversiden af terrændækket. Elementvægge skal være tæt understoppet.

Understopningen må imidlertid ikke medføre en stiv forbindelse mellem de to vægdele. I vægge af beton eller letbeton skal derfor i mellemrummet mellem fundamentsblokke og mindst 0,2 m over terrændækkets overside indlægges mineraluld, hvis sammentrykning for en belastning på 10 kN/m^2 ikke overstiger ca. 8 mm.

Imellem de to vægdele i øvrigt bør anvendes mineraluldsindlæg som anført i kapitel 3 i afsnittene om dobbeltvægge.

Fundamenter kan afsluttes med et terrændæk som vist i figur 4.2 eller med to skifter af fundamentsblokke mellem fundamentets overside og en dobbeltvægs underside. Afstanden mellem de to rækker af fundamentsblokke bør være ca. 60 mm, og fundamentsblokkes underside bør ligge mindst 0,3 m under et terrændæks overside.

Samlinger mellem dobbeltvægge, ydervægge og fundamenter bør udføres således, at adskillelsen mellem dobbeltvægges to delfundamenter enten fortsætter gennem ydervægsfundament med en 20 mm bred fuge eller afsluttes som vist i figur 4.3 med en mindst 0,5 m lang og 60 mm bred adskillelse midt i ydervægsfundamentet.



Figur 4.2. Samling mellem dobbeltvæg og fundament. Lodret snit 1:10.

1. Indervæg, 2×100 mm beton.
2. Mineraluld, 50 mm, hulrumsdybde 60 mm.
3. Terrændæk, 100 mm beton.
4. Fuge 5–10 mm.
5. Fundamentsblokke, 150 mm beton.
6. Betonfundament.

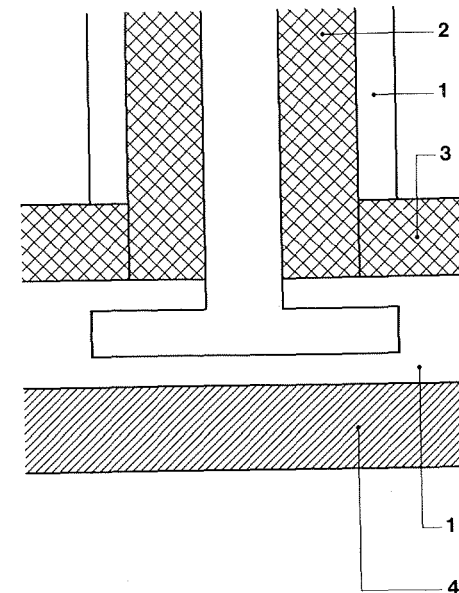
Hvis en dobbeltvæg opstilles på et terrændæk uden fundament, skal terrændækket være afbrudt under dobbeltvæggen med en mindst 30 mm bred fuge, der fortsættes som en mindst 5 mm bred fuge gennem underliggende varmeisoleringslag.

Når fundamenter udføres med den beskrevne adskillelse mellem fundamentsblokke, vil det ikke være nødvendigt at træffe særlige foranstaltninger for at forhindre transmission af trinlyd fra baderum eller andre rum med hård belægning, som er placeret direkte på et terrændæk.

Dobbeltvæg	R'_w , dB
350 mm, $2 \times 1/2$ -sten	60
410 mm, 2×168 mm bredsten	60
260 mm, 2×100 mm beton	60
360 mm, 2×150 mm l.k.beton	60
310 mm, 2×100 mm l.k.beton	60
250 mm, dobbelt stålskelet med 2×3 lag gipsplade	60
230 mm, dobbelt stålskelet med 2×2 lag gipsplade	55

Tabel 4.2. Luftlydisolation for dobbeltvægge samlet med fundament som vist i figur 4.2. Det forudsættes, at væggenes samlinger med øvrige omgivende bygningsdele er vurderet til samme luftlydisolation.

R'_w er angivet ved isolationsværdier.



Figur 4.3. Samling mellem dobbeltvæg, ydervæg og fundament. Vandret snit 1:10.

1. Blokstensfundament med 100 mm adskillelse mellem delfundamenter for dobbeltvæg og en 60 mm bred og ca. 0,5 m lang adskillelse i fundament for ydervæg.
2. Boligadskillende dobbeltvæg af 2×100 mm letkonstruktionsbeton.
3. Bagvæg, 100 mm letkonstruktionsbeton.
4. Formur $1/2$ -sten.

Indervæg/tung ydervæg

Indervægge kan være enkelte eller dobbelte, men har i begge tilfælde kun samlinger til ydervæggens bagmure.

Gennem indervægges samlinger med tunge ydervægge kan der forekomme betydelig flanketransmission. Bestemmende for størrelsen af denne er ikke blot bagvæggen, men også en række andre detaljer i konstruktionen, fx tykkelsen af for- og bagvæg, det mellemliggende isoleringsmateriales art og fastgørelsesmåde samt størrelse og placeringer af eventuelle vinduer eller døre i ydervægge. For at opnå mindst mulig flanketransmission bør for- og bagvægges koincidensfrekvens, se kapitel 8, ligge uden for det kritiske område, vægges indbyrdes kobling være så slap som mulig, afstanden mellem væggene være størst mulig, isoleringsmaterialets tykkelse lidt mindre end hulrummets og kun fastgjort til én side, isoleringsmaterialets stivhed bør være ringe, og eventuelle vinduer eller altandøre ikke anbragt for langt fra indervægge. Sidstnævnte medfører, at den aktive del af flankerende vægge reduceres, men samtidig øges risikoen for gener på grund af transmission via vinduer og altaner.

Lydtransmissionen gennem en flankerende ydervæg, hvor en relativ tynd bagvæg samles mod en indervæg ført gennem bagvæggen, sker hyppigst ved, at lydenergi transmitteres fra bagvæggen på den ene side af indervæggen via bindere og isolering til forvæggen, herefter forbi indervæggen og via bindere og isolering tilbage til bagvæggen på den anden side af indervæggen. I nogle tilfælde er flanketransmissionen så stor, at det er nødvendigt at indlægge lodrette fuger i ydervæggens forvæg ud for indervæggene. Dette drejer sig især om

ydervægge med bagvægge af 1/2-sten, letbeton eller letkonstruktionsbeton. I ydervægge udført af betonelementer eller beton/tegl-elementer vil sådanne fuger normalt være der i forvejen.

Fuger i forvægge skal stoppes og forsegles med fugemasse eller forsynes med regnskærm og bagved liggende tætning.

I murede ydervægge kan fuger i muren ud for murede enkeltvægge undgås, hvis formurene forsynes med frem-spring eller vinger ud for indervæggene.

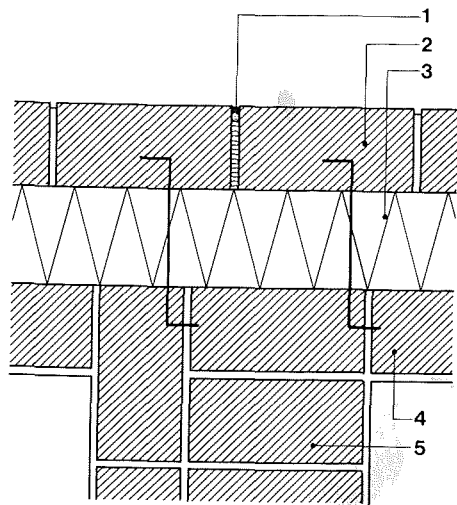
I samlinger mellem dobbelte indervægge og tunge ydervægge er det en generel forudsætning, at der indlægges fuger i ydervæggen i såvel forvæg som bagvæg ud for indervæggens hulrum. Undlades fugerne, kan man ikke forvente at opnå de isoleringsværdier for luftlyd, der er anført i tabel 4.3.

Indervæg	Bagvæg eller bagstøbning i ydervæg										
	Mursten			Beton		L.k.beton		Beton bagstøbning			Letbeton
	1/2-sten	168 mm	1-sten	120 mm	150 mm	150 mm	200 mm	90 mm	120 mm	150 mm	100 mm
Massiv indervæg											
1/2-sten	40	45	45								40
168 mm bredsten	48	48	48								45
1-sten	52	52	52					52	52	52	48
1 1/2-sten	55	55	55					55	55	55	52
120 mm beton	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	45
150 mm beton	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	48
180 mm beton	52	52	55	52	55	52	55	52	52	55	52
250 mm beton	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	52
150 mm l.k.beton	45	48	48	48	48	48	48	48	48	48	45
200 mm l.k.beton	48	52	52	52	52	52	52	52	52	52	48
300 mm l.k.beton	52	55	55	55	55	55	55	55	55	55	52
75-100 mm letbeton	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35
Dobbeltvæg											
350 mm, 2×1/2-sten	60	60	60								
410 mm, 2×168 mm sten	60	60	60								
260 mm, 2×100 mm beton				60	60	60	60	60	60	60	60
360 mm, 2×150 mm letbeton	60	60	60								
310 mm, 2×100 mm l.k.beton				60	60	60	60	60	60	60	60
Skeletvæg											
230 mm dobbelt stål-skelet, 2×2×13 mm gipsplade											
Uden fuger i bagvæg eller bagstøbning	45	48	52	48	52	48	52	48	48	52	40
Med 20 mm fuger i bagvæg eller bagstøbning ud for adskillelsen mellem stål-skeletter	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	52

Tabel 4.3. Luftlydisolation R_{wv} dB for indervægge samlet med tunge ydervægge som vist i figurerne 4.4-4.9.

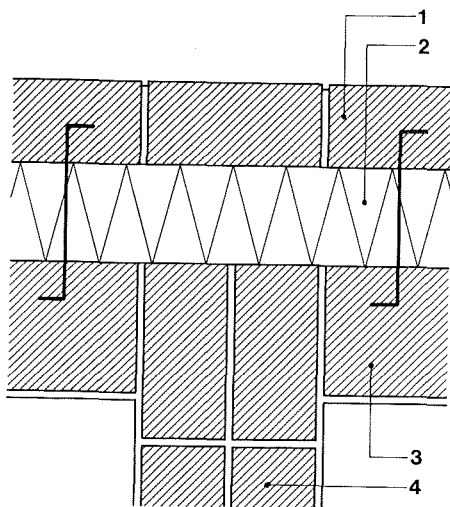
For bagvægge af letbeton og 1/2-sten er det ofte nødvendigt foruden at reducere flanketransmissionen gennem bagvæggen også at reducere den gennem forvæggen, hvorved isolationsværdierne på 48 og 52 dB kan øges til henholdsvis 52 og 55 dB. Ud for dobbelte indervægge er en fuger i forvæggen altid nødvendig for at opnå den maksimale lydisolationsværdier.

R_{wv} er angivet ved isolationsværdier.



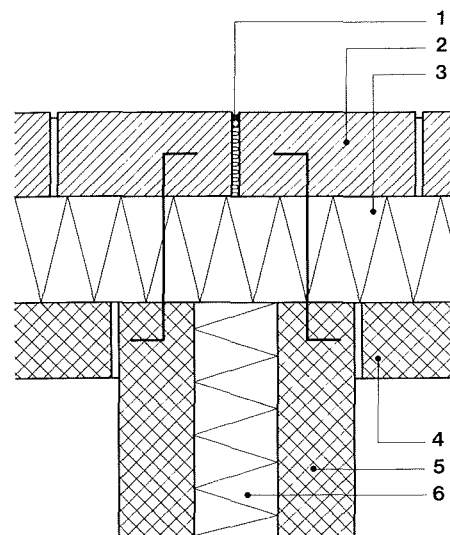
Figur 4.4. Samling mellem 1 1/2-stens væg og murstensydervæg. Vandret snit 1:10.

1. Elastisk fuge.
2. Formur, 1/2-sten.
3. Varmeisolering.
4. Bagmur, 1/2-sten.
5. Indervæg, 1 1/2-sten.



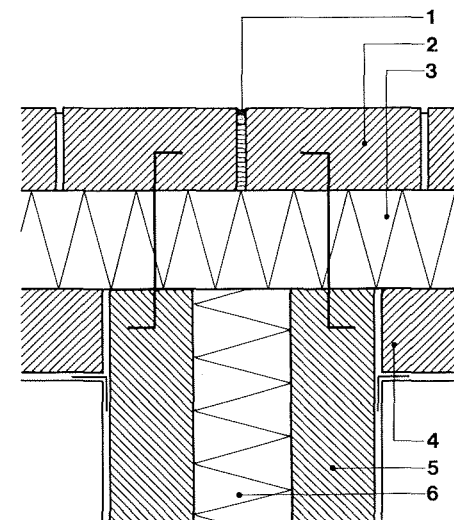
Figur 4.5. Samling mellem 1-stens væg og murstensydervæg. Vandret snit 1:10.

1. Formur, 1/2-sten.
2. Varmeisolering.
3. Bagmur, 168 mm bredsten.
4. Indervæg, 1-sten.



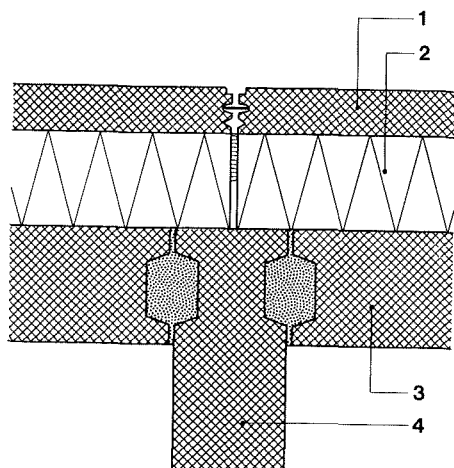
Figur 4.7. Samling mellem dobbeltvæg af letkonstruktionsbeton og ydervæg af mursten og letkonstruktionsbeton. Vandret snit 1:10.

1. Elastisk fuge.
2. Formur, 1/2-sten.
3. Varmeisolering.
4. Bagvæg af 100 mm letkonstruktionsbeton.
5. Indervæg, 2 x 100 mm letkonstruktionsbeton.
6. Hulrumsdybde 110 mm, 100 mm mineraluld, luftstrømningsmodstand mindst 7 kPa · s/m².



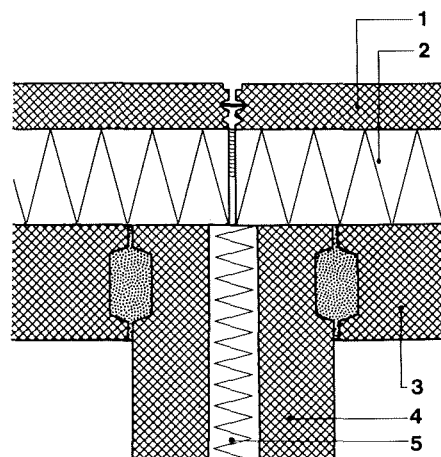
Figur 4.9. Samling mellem dobbelt murstensvæg og ydervæg af mursten. Vandret snit 1:10.

1. Elastisk fuge.
2. Formur, 1/2-sten.
3. Varmeisolering.
4. Bagmur, 1/2-sten.
5. Indervæg, 2 x 1/2-sten.
6. 125 mm mineraluld, luftstrømningsmodstand mindst 7 kPa · s/m².



Figur 4.6. Samling mellem betonvæg og ydervæg af beton. Vandret snit 1:10.

1. Forstøbning, 60 mm beton.
2. Varmeisolering.
3. Bagstøbning, 150 mm beton.
4. Indervæg, 150 mm beton.



Figur 4.8. Samling mellem dobbelt betonvæg og ydervæg af beton. Vandret snit 1:10.

1. Forstøbning, 60 mm beton.
2. Varmeisolering.
3. Bagstøbning, 150 mm beton.
4. Indervæg, 2 x 100 mm beton.
5. Hulrumsdybde 60 mm, 50 mm mineraluld.

Indervæg/let ydervæg

En indervæg kan være enkelt eller dobbelt og kan samles med en let ydervæg på tre forskellige måder: Den kan føres ud gennem ydervæggen med fremspringende søjler eller udragende vinger, den kan føres delvis ud gennem ydervæggen, eller den kan tilsluttes ydervæggens inderside, se figur 4.10–4.16. Nogle isolationsværdier for vægge er anført i tabel 4.4.

En massiv indervæg af beton med fremspringende søjler eller udragende vinger vil i de fleste tilfælde have et varmeisoleringslag på 30–50 mm mellem indervæg og fremspring. Isoleringen skal være anbragt nær facadens yderside.

En dobbelt indervæg med udragende vinge skal udføres således, at vingen ikke forbinder væggen to vægdele, dvs. at vingen kun må fastgøres til dobbeltvæggens ene vægdel. Når dobbeltvægge fortsætter i vinger, må overdækningen på vingen ikke sammenkoble de to vægdele. Derfor må overdækningen kun fastgøres til den ene del af den udragende vinge, og der skal være en elastisk fuge mellem overdækningen og den anden del.

Udragende vingers stabilitet skal vurderes, og om nødvendigt må de sikres ved forankring i fundamentene.

Der må i hvert enkelt tilfælde vurderes, om murede indervægge kan anses for uvæsentlige kuldebroer og føres gennem ydervæggen uden varmeisoleringslag. Det er uden betydning for indervæggens lydisolation, om udragende vinger er af samme materiale som indervæggen.

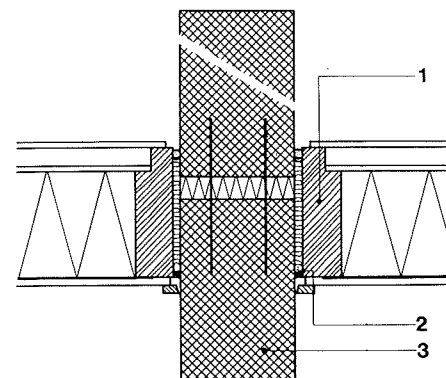
Indervægge, der føres delvis ud i ydervæggene, men ikke gennem disse, skal føres så langt ud, at der kan skabes til-

fredsstillende tæthed mellem inder- og ydervægge.

Den nødvendige lyd-dæmpning gennem samlingerne afhænger af væggenes luftlydisolation. Er denne 48 dB eller derover, bør de to fuger mellem indervæg og ydervæg have en dybde på mindst 100 mm, fugebredden bør i princippet højst være 10 mm, og større bredder end 15 mm bør ikke accepteres. Fugerne stoppes tæt med mineraluld i en dybde mellem 20 og 100 mm, hvorefter de forsynes med bundstop og forsegles med fugemasse. Fugedybden måles afhængig af konstruktionen fra den indvendige side af ydervæggen til henholdsvis indervæggens forkant, den indvendige side af varmeisoleringslaget, eller ca. 30 mm fra den udvendige side af ydervæggen eller en af dens komponenter. Fuger med et dybde-breddeforhold mindre end 5 bør generelt ikke accepteres.

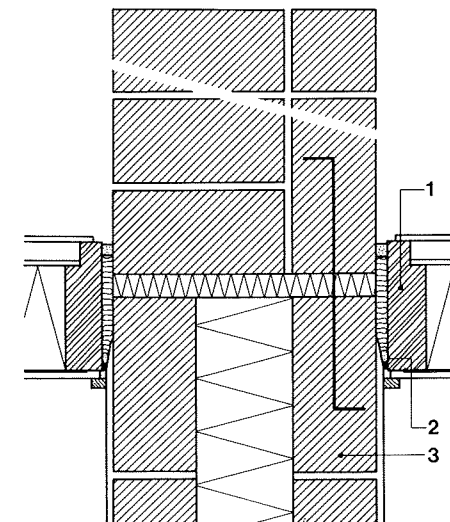
Hvor ydervæggen afbrydes ud for indervæggen, udføres almindeligvis en pladebeklædning, der bør have mindst mulig stivhed for påvirkning med et bøjningsmoment omkring en lodret akse. Fx kan pladebeklædningens bagside forsynes med en eller flere lodrette riller af størst mulig dybde.

En direkte tilslutning mellem en indervæg og en let ydervæg vil som regel kun forekomme, når også indervæggen er af let konstruktion. Hvor indervægge med stor luftlydisolation tilsluttes på denne måde, vil flanketransmissionen gennem ydervæggen i reglen betyde, at indervæggens resulterende luftlydisolation R'_w ikke kan forventes at blive større end 45 dB.



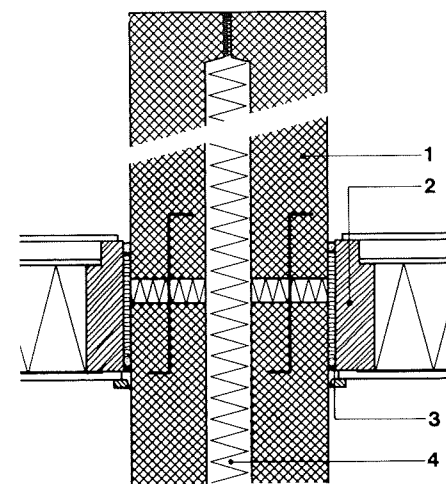
Figur 4.10. Samling mellem betonvæg med udragende vinge og let ydervæg. Vandret snit 1:10.

1. Let ydervægskomponent.
2. Fugeforsegling.
3. Indervæg, 150 mm beton.



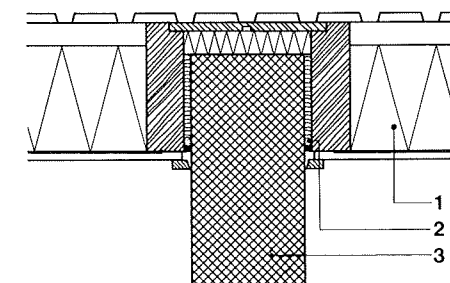
Figur 4.12. Samling mellem dobbelt murstensvæg med udragende vinge og let ydervæg. Vandret snit 1:10.

1. Let ydervægskomponent.
2. Fugeforsegling.
3. Indervæg, 2 x 1/2-sten.



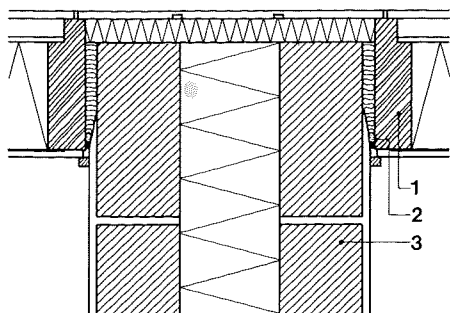
Figur 4.11. Samling mellem dobbelt betonvæg med udragende vinge og let ydervæg. Vandret snit 1:10.

1. Indervæg, 2 x 100 mm beton.
2. Let ydervægskomponent.
3. Fugeforsegling.
4. Hulrumsdybde 60 mm, mineraluld 50 mm.



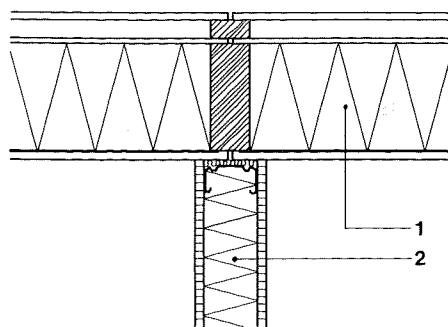
Figur 4.13. Samling mellem tilbagetrukket betonvæg og let ydervæg. Vandret snit 1:10.

1. Let ydervægskomponent.
2. Fugeforsegling.
3. Indervæg, 150 mm beton.



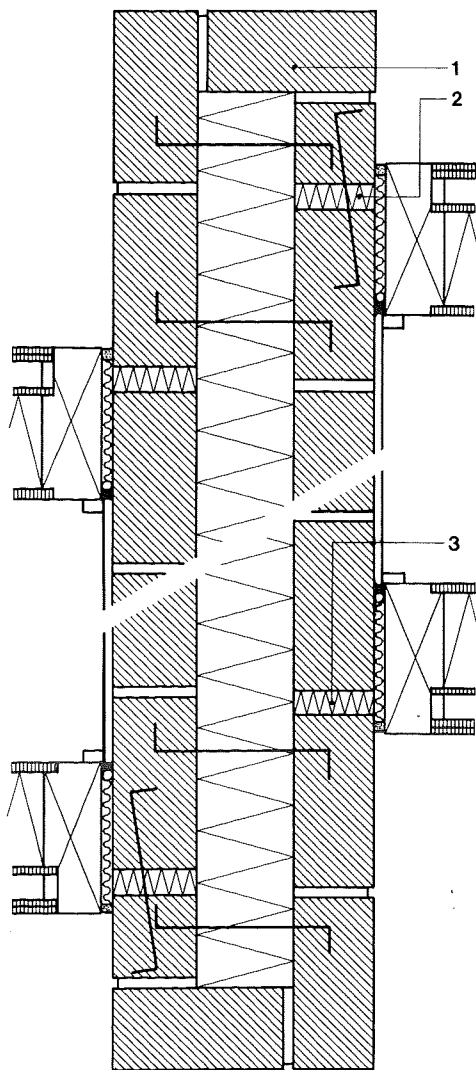
Figur 4.14. Samling mellem tilbagetrukket murstensvæg og let ydervæg. Vandret snit 1:10.

1. Let ydervægskomponent.
2. Fugeforsegling.
3. Indervæg, 2 x 1/2-sten.



Figur 4.15. Samling mellem tilsluttet let væg og let ydervæg. Vandret snit 1:10.

1. Let ydervægskomponent.
2. 95 mm stålskeletvæg.



Figur 4.16. Samling mellem dobbelt murstensvæg og let ydervæg ved facadespring. Vandret snit 1:10.

1. Dobbeltvæg, 2 x 1/2-sten.
2. Varmeisolerende fuge med vægstabiliserende bindere.
3. Lyd- og varmeisolerende fuge.

Indervæg	Indervæg samlet med flankerende let ydervæg ved:	
	udragende vinge	dækbræt i indv. tilslutning facade
Massiv enkeltvæg		
1/2-sten		45
168 mm bredsten		48
1-sten	52	52
1 1/2-sten	55	55
120 mm beton	48	48
150 mm beton	52	52
180 mm beton	55	52
250 mm beton	55	55
150 mm l.k.beton		48
200 mm l.k.beton		52
300 mm l.k.beton		55
75-100 mm letbeton		35
Dobbeltvæg		
350 mm, 2 x 1/2-sten	60*	60
410 mm, 2 x bredsten	60*	60
260 mm, 2 x 100 mm beton	60*	60
360 mm, 2 x 150 mm letbeton	60*	60
310 mm, 2 x 100 mm l.k.beton	60*	60
Skeletvæg		
95 mm enk. stålskelet, 2 x 1 x 13 mm gipsplade	35	35
95 mm enk. stålskelet, 2 x 2 x 13 mm gipsplade	40	40
120 mm enk. stålskelet, 2 x 2 x 13 mm gipsplade	45	45
145 mm dob. stålskelet, 2 x 2 x 13 mm gipsplade	52	45
230 mm dob. stålskelet, 2 x 2 x 13 mm gipsplade	55	45

Tabel 4.4. Luftlydisolation R'_w dB for indervægge samlet med lette ydervægge som vist i figurerne 4.10-4.16.

De angivne værdier forudsætter, at væggenes samlinger med øvrige omgivende bygningsdele er vurderet til samme luftlydisolation.

De med * mærkede værdier forudsætter, at overdækningen af vingerne ikke danner lydbroer mellem dobbeltvæggens to delvægge.

R'_w er angivet ved isolationsværdier.

Enkeltvæg/dæk, sammenstøbt

Støbte samlinger mellem væg og dæk forekommer, hvor tunge vægge sammenstøbes i etagekryds, og hvor ikke-bærende vægge opstilles på et underliggende dæk og tilsluttes et overliggende. I lydteknisk henseende vil disse to løsninger imidlertid fremvise væsensforskellige tæthedsp problemer, se figur 4.17-4.23.

Etagekryds bør projekteres med størst mulig afstand mellem dækpladernes ender og udstøbes uden utætheder. Dette er en forudsætning for at opnå de i tabel 4.5 angivne isolationsværdier for luftlydisolation.

I samlinger mellem væg og etagedæk af elementer forekommer meget ofte utætheder både ved dækundersider og ved dækoversider. Derfor bør samlinger såvel i etagekryds som mellem væg og opstillet på etagedæk kontrolleres for utætheder og eventuelt eftertættes. Det gælder også understopningerne ved betonelementvægge.

Samlinger mellem væg og etagedæk af letbeton byder i reglen på et ekstra problem med hensyn til flanketransmission. Der benyttes i almindelighed konstruktionstykkelser for vægelementer, hvor koincidensfrekvensen ligger i det ugunstige frekvensområde, se figur 8.3, hvilket er en væsentlig årsag til den forholdsvis større flanketransmission gennem letbeton end gennem betonelementer med samme tykkelse som letbetonelementerne. Lyddæmpende mellemlag i samlinger mellem væg og etagedæk er i reglen nødvendige for at sikre en tilstrækkelig lav flanketransmission.

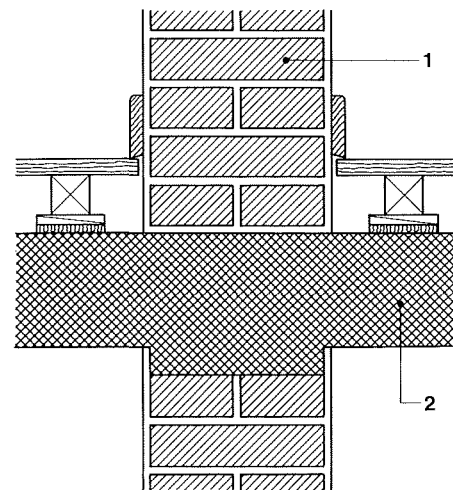
Det er en forudsætning for at opnå de angivne isolationer, at alle samlinger er helt tætte.

Desuden er der regnet med, at dækkene er forsynet med svømmende trægulve på strøer. Svømmende gulve af beton eller asfalt kan dog også anvendes.

Hvis de i tabellen anførte dæk benyttes uden overliggende svømmende gulv, må der regnes med 2-3 dB mindre luftlydisolation. Under trinlyddæmpende belægninger skal anvendes 30-50 mm betonafretning for at opnå de i tabellen angivne værdier. En lydisolation R_w vertikalt på 53 dB, som er nødvendig mellem etageboliger, kræver, at dæk med trinlyddæmpende belægninger har en masse på ca. 430 kg/m².

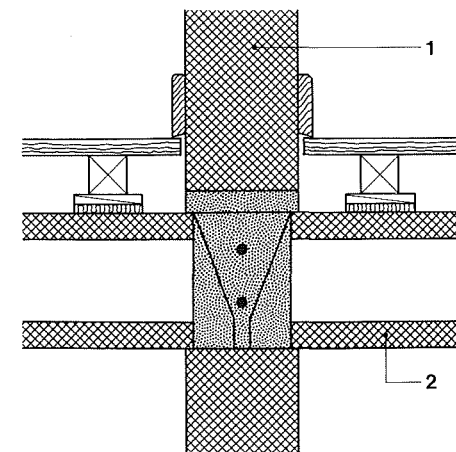
Afretningslaget skal have god vedhæftning over hele dækoverfladen, idet en dårlig vedhæftning mellem dæk og afretning kan formindske luftlydisolationen og øge trinlydniveauet.

I praksis findes meget ofte huller i væggene ved dækoversiderne, også i murede og in situ støbte vægge. Disse huller, såvel som huller til installationsgennemføringer skal udmures, udstøbes eller på anden måde tættes effektivt, før gulvene udlægges. Væggene skal pudses, berappes, filtses, fuges, spartles eller svummes fra dæk til dæk, også hvor overfladerne ikke forbliver synlige i det færdige byggeri.



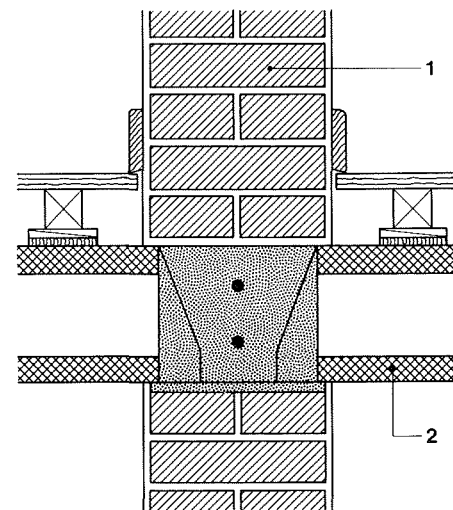
Figur 4.17. Samling mellem betondæk og 1-stensvæg. Lodret snit 1:10.

1. Indervæg, 1-sten.
2. Dæk, 150 mm beton.



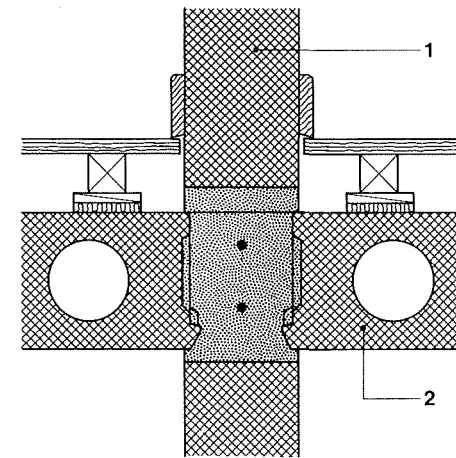
Figur 4.19. Samling mellem betonhulpladedæk og bærende betonvæg. Lodret snit 1:10.

1. Indervæg, 150 mm beton.
2. Dæk, 185 mm betonhulplade.



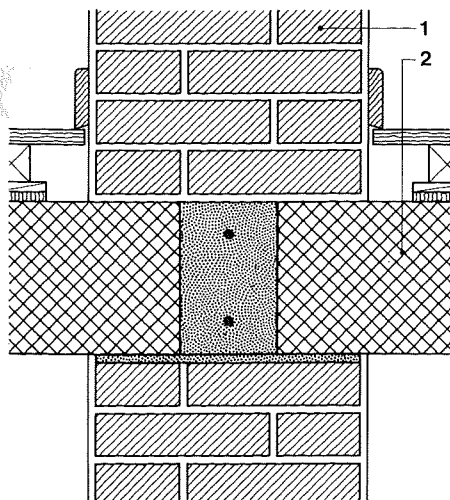
Figur 4.18. Samling mellem betonhulpladedæk og 1-stensvæg. Lodret snit 1:10.

1. Indervæg, 1-sten.
2. Dæk, 185 mm betonhulplade.



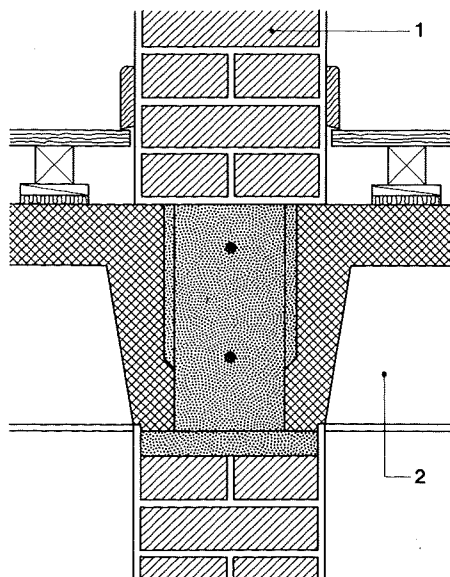
Figur 4.20. Samling mellem betonhulpladedæk og ikke-bærende betonvæg. Lodret snit 1:10.

1. Indervæg, 150 mm beton.
2. Dæk, 185 mm betonhulplade.



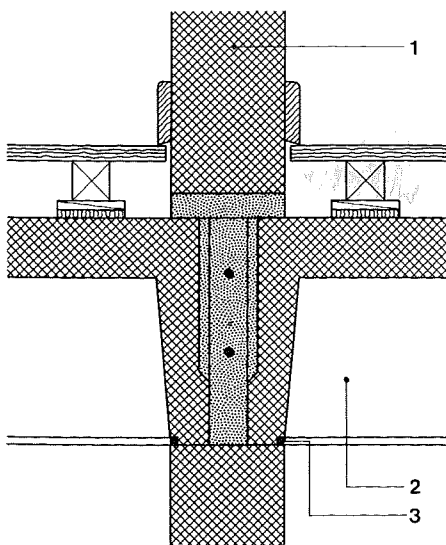
Figur 4.21. Samling mellem letkonstruktionsbetondæk og 1 1/2-stensvæg. Lodret snit 1:10.

1. Indervæg, 1 1/2-sten.
2. Dæk, 200 mm letkonstruktionsbeton.



Figur 4.23. Samling mellem betonribbedæk og 1-stensvæg. Lodret snit 1:10.

1. Indervæg, 1-sten.
2. Dæk, 300 mm betonribbeplade.



Figur 4.22. Samling mellem betonribbedæk og betolvæg. Lodret snit 1:10.

1. Indervæg, 150 mm beton.
2. Dæk, 300 mm betonribbeplade.
3. Fugeforsegling.

Enkeltvæg sammenstøbt med dæk	Dæk med trægulv på strøer						
	Massiv betonplade			Betonhulplade		Betonribbeplade	L.k.betonplade
	120 mm	150 mm	185 mm	185 mm	220 mm	320 kg Masse/m ²	200 mm
168 mm bredsten	48/51	48/53	48/53	48/53	48/53		48/53
1-sten	48/51	52/53	52/55	52/53	52/53	52/53	52/53
1 1/2-sten	55/51	55/53	55/55	55/53	55/53	55/53	55/53
120 mm beton	48/51	48/53	48/53	48/53	48/53	48/53	48/53
150 mm beton	52/51	52/53	55/55	52/53	52/53	52/53	52/53
180 mm beton	52/51	52/53	55/55	52/53	52/53	52/53	52/53
250 mm beton	55/51	55/53	55/55	55/53	55/53	55/53	55/53
150 mm l.k.beton	48/51	48/53	48/53	48/53	48/53	48/53	48/53
200 mm l.k.beton	52/51	52/53	52/53	52/53	52/53	52/53	52/53
300 mm l.k.beton	55/51	55/53	55/55	55/53	55/53	55/53	55/53

Tabel 4.5. Luftlydisolation R'_{w} dB for enkeltvægge og etageadskillelser sammenstøbt i etagekryds som vist i figurerne 4.17–4.23.

De angivne værdier forudsætter, at vægges og etageadskillelser samlinger med øvrige omgivende bygningsdele er vurderet til samme luftlydisolation.

Værdier foran skråstregen gælder for vægge, værdier efter skråstregen for etageadskillelser. R'_{w} er angivet ved isolationsværdier.

Dobbeltvæg/dæk, sammenstøbt

I samlinger mellem dobbeltvægge og etagedæk er det helt afgørende for væggenes luftlydisolation, at sammenstøbningen sker på en måde, der sikrer fuldstændig adskillelse mellem de to vægdele, figur 4.24–4.26. I kapitel 3 i afsnittet om dobbeltvægge er anført, hvilke mineraluldstyper, der bør anvendes i dobbeltvægge af mursten og letbeton.

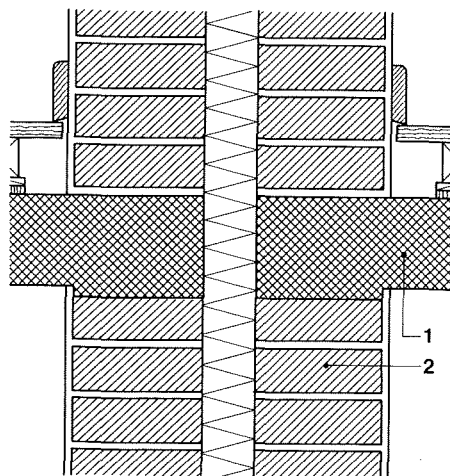
Da understopningen af betonvægge ikke kan udføres med normalt modhold, må der skabes et sådant i dobbeltvæggens hulrum for at hindre, at den indstoppede mørtel danner stive forbindelser mellem de to vægdele. Dette kan fx ske ved hjælp af mineraluld, hvis sammentrykning for en belastning på 10 kN/m² ikke overstiger ca. 8 mm.

Væggene skal pudses, berappes, filttes, fuges, spartles eller svømmes fra dæk til loft, også hvor overfladerne ikke forbliver synlige i det færdige byggeri.

De i tabel 4.6 angivne værdier for luftlydisolation gælder for korrekt udførte vægge og med tilstødende dæk forsynet med svømmende trægulve på strøer. Svømmende gulve af beton eller asfalt kan dog også anvendes.

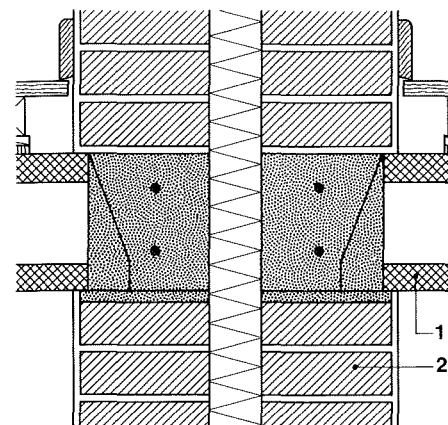
Hvis de i tabellen anførte dæk benyttes uden svømmende gulv, må der regnes med 2 til 3 dB mindre luftlydisolation. Under trinlyddæmpende belægninger skal anvendes 30–50 mm betonafretning for at opnå de i tabellen angivne værdier.

Er dobbeltvægges adskillelse ikke udført lydteknisk korrekt, kan luftlydisolationen nedsættes betydeligt, se tabel 3.5.



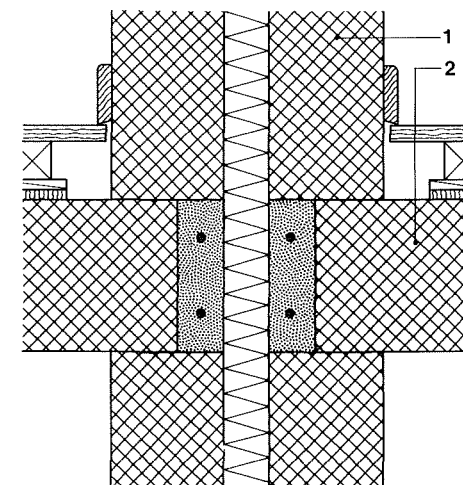
Figur 4.24. Samling mellem betondæk og dobbelt murstensvæg. Lodret snit 1:10.

1. Dæk, 150 mm beton.
2. Indervæg 410 mm, 2×168 mm bredsten.



Figur 4.25. Samling mellem betonhulpladedæk og dobbelt murstensvæg. Lodret snit 1:10.

1. Dæk, 185 mm betonhulplade.
2. Indervæg 410 mm, 2×168 mm bredsten.



Figur 4.26. Samling mellem letkonstruktionsbetondæk og dobbelt letbetonvæg. Lodret snit 1:10.

1. Indervæg 360 mm, 2×150 mm l.k.beton.
2. Dæk, 200 mm letkonstruktionsbeton.

	Dæk med trægulv på strøer					
	Massiv betonplade		Betonhulplade		L.k.betonplade	
Dobbeltvæg	120 mm	150 mm	185 mm	185 mm	220 mm	200 mm
410 mm, 2×168 mm sten	60/51	60/53	60/55	60/53	60/53	60/53
260 mm, 2×100 mm beton	60/51	60/53	60/53	60/53	60/53	60/53
360 mm, 2×150 mm l.k.beton	60/51	60/53	60/53	60/53	60/53	60/53
310 mm, 2×100 mm l.k.beton	60/51	60/51	60/51	60/51	60/51	60/51

Tabel 4.6. Luftlydisolation R'_v dB for dobbeltvægge og etageadskillelser, samlet som vist i figurerne 4.24–4.26.

De angivne værdier forudsætter, at vægges og etageadskillelser samlinger med øvrige omgivende bygningsdele er vurderet til samme luftlydisolation.

Værdier foran skråstregen gælder for indervægge, værdier efter skråstregen for etageadskillelser. R'_v er angivet ved isolationsværdier.

Indervæg/dæk, tilsluttet

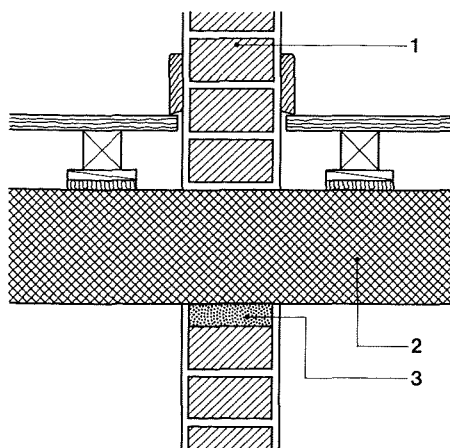
En ikke-bærende indervæg opført på et underliggende dæk og tilsluttet et overliggende kan være en massiv væg eller en enkelt eller dobbelt stålskeletvæg, se figur 4.27–4.29.

Flanketransmission i vægge og dæk kan forringe lydisolationen. Samlingen mellem en ikke-bærende tilsluttet væg og et dæk kan i reglen udføres således, at der i forhold til en samling mellem en bærende væg og et dæk opnås en positiv effekt for flanketransmission i vægge. Til gengæld opnås i de fleste tilfælde en negativ effekt med hensyn til flanketransmission i dæk.

Murede vægge, der føres op til undersiden af et overliggende dæk, giver almindeligvis en række tæthedsproblemer. Disse kan løses ved, at fugerne stoppes med mineraluld og forsegles med fugemasse. Vægge med isolationsværdier på 45 og 48 dB tættes med fugemasse i en side, vægge med isolationsværdi på 52 dB og derover tættes i begge sider. Utætte mørtelfuger udkradses ved dækunderside, og der forsegles med fugemasse i begge sider. Når samlingerne til dækunderside er tætte, kan tilsluttede vægge i princippet give samme luftlydisolation som murede vægge med støbt etagekryds. Dog kan flanketransmission gennem dækket i nogle tilfælde påvirke, at der opnås mindre luftlydisolation.

Betonvægge kan give de samme tætheds- og flanketransmissionsproblemer som murede vægge, og det er også her nødvendigt at anvende fugemasse for at opnå en rimelig fugetæthed.

Letbetonvægges samlinger til dækundersider kan give for stor flanketransmission, og det er i almindelighed nødvendigt at anvende elastiske mellemlag



Figur 4.27. Samling mellem betondæk og tilsluttet 1/2-stensvæg. Lodret snit 1:10.

1. Indervæg, 1/2-sten.
2. Dæk, 150 mm beton.
3. Mørtel.

med tykkelser på mindst 10 mm mellem vægge af letbetonelementer og dæk. Forsegling med fugemasse er normalt ikke nødvendigt. Tilsvarende forhold gælder for andre tynde elementvægge, fx 60 mm betonavægge.

Pladebeklædte stålskeletvægge, der tilsluttes et betondæk, kan give problemer med hensyn til tæthed. Flanketransmissionen i vertikal retning giver ingen problemer, men derimod kan flankeskillelser nedsætte luftlydisolationen.

Flanketransmission for vægge opstillet som vist i figur 4.29 på et 185 mm hulpladedæk parallelt med hulretningen svarer stort set til transmissionen i et 185 mm betondæk, men opstillet vinkelret på hulretningen svarer den

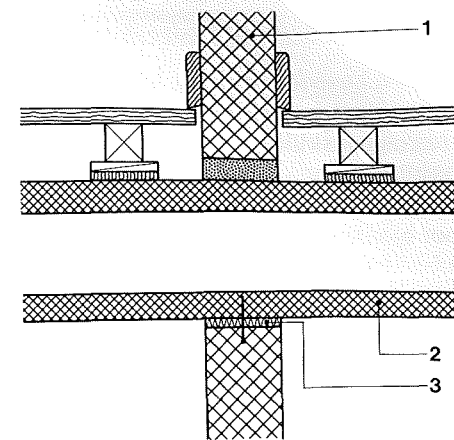
mere til transmissionen i et betondæk med mindre tykkelse end 120 mm.

Opstilles en stålskeletvæg på et svømmende gulv vil luftlydisolationen R'_{w} ligge mellem 30 og 45 dB, afhængigt af gulvenes tykkelse og af underlagets art og tykkelse. Over ca. 30 dB vil lydisolationen kun afhænge af gulvet, og stålskeletvæggens opbygning vil være uden betydning. Den største luftlydisolation fås ved opstilling af væggen på et svømmende gulv af 70–100 mm beton og den mindste ved opstilling af trægulv på strøer. Værdierne i tabel 4.7 forudsætter, at stålskeletvæggene opstilles på dækplader.

Pladebeklædte stålskeletvægge skal sluttes tæt til både under- og overliggende dæk. I alle vægge tilhørende isolationsværdierne 35 og 40 dB skal anbringes et tæt sammenklemt materiale, fx mineraluld, mellem skelet og dæk. For vægge med en luftlydisolation R'_{w} på 45 dB eller derover bør altid forsegles med fugemasse, se kapitel 3 om enkelte og dobbelte stålskeletvægge, men også i vægge med mindre luftlydisolation kan forsegling være nødvendig, hvis tilslutningsfladerne er ujævne.

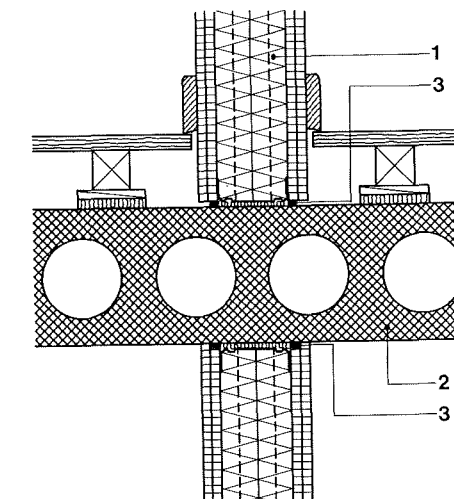
Det er en forudsætning for at opnå de i tabel 4.7 angivne værdier, at dækkene har svømmende trægulve på strøer. Svømmende gulve af beton eller asfalt kan dog også anvendes.

Hvis de i tabellen anførte dæk benyttes uden svømmende gulv, må der regnes med 2 til 3 dB mindre luftlydisolation. Under trinlyddæmpende belægnings skal anvendes 30–50 mm betonafretning for at opnå de i tabellen angivne værdier. For at etageadskillelsen kan give den luftlydisolation R'_{w} på 53 dB, som er nødvendig mellem etageboliger, skal dæk med trinlyddæmpende belægning have en masse på ca. 430 kg/m².



Figur 4.28. Samling mellem betonhulpladedæk og tilsluttet letbetonvæg. Lodret snit 1:10.

1. Indervæg, 100 mm letbeton.
2. Dæk, 185 mm betonhulplade.
3. Elastisk materiale.



Figur 4.29. Samling mellem betonhulpladedæk og tilsluttet stålskeletvæg. Lodret snit 1:10.

1. 145 mm stålskeletvæg.
2. Dæk, 185 mm betonhulplade.
3. Fugeforsegling.

Træetageadskillelser i rækkehuse

I rækkehuse forekommer hyppigt samlinger mellem massive enkeltvægge og træetageadskillelser. Erfaringer viser imidlertid, at der ofte er utætheder i væggene ud for bjælkelagene. Derfor bør bjælker ligge parallelt med de boligadskillende vægge. Bjælker vinkelret på adskillende vægge bør forsættes med mindst 1-sten for hinanden. Vederlag bør være højst 1/2-sten. Der skal mures

helt ud omkring bjælkeenderne og eventuelt forsegles med fugemasse omkring dem. Den del af den adskillende væg, der ligger ud for bjælkelaget, må ikke have huller, og overfladebehandlingen skal være den samme som for den øvrige del af væggen.

Træetageadskillelsen bør sikre en rimelig lydisolations mellem boligens rum. Erfaringer viser, at der hyppigt klages over for ringe lydisolations inden for boligen.

Indervæg/tagdæk

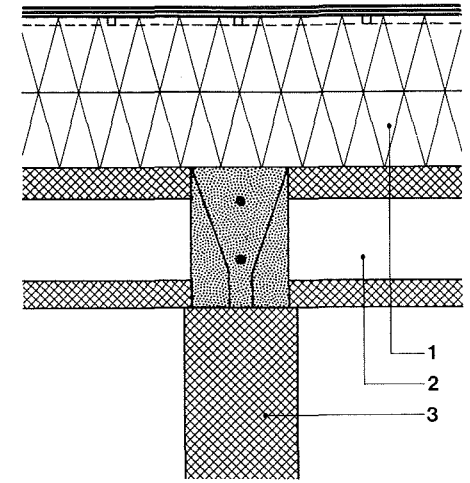
Det er vanskeligere at opnå lydteknisk tilfredsstillende sammenstøbninger mellem tagdæk og vægge end mellem etagedæk og vægge, se figur 4.30–4.32. Udstøbningen af samlinger mellem tagdæk og massive enkeltvægge skal derfor foretages særlig omhyggeligt, idet der ellers er betydelig risiko for, at der opstår sprækker mellem væg og tagdæk. Herved vokser risikoen for forøget transmission dels af luftlyd gennem sprækkerne, dels af flanketransmission gennem tagdækpladerne.

De i tabel 4.8 angivne værdier for luftlydisolation må betragtes som maksimumværdier, og sikkerheden for at opnå de anførte værdier for luftlydisolation er mindre end for tilsvarende samlinger i etagekryds.

Det tilrådes at projektører med størst mulig afstand mellem dækpladernes ender eller knastender. Der kan opnås fra 50 til 120 mm afstande mellem betondækelementernes knastender på vægge af 180 mm beton, 230 mm mursten, 250 mm beton eller 1/2-sten. Med letbetondæk kan der opnås 70 mm afstand på en 1-stens væg. På vægge med mindre tykkelse kan der ikke opnås en lydteknisk tilfredsstillende udstøbning.

Når indervægge ikke sammenstøbes med, men tilsluttes et overliggende tagdæk, udføres samlingerne som beskrevet i det foregående afsnit om indervæg/dæk, tilsluttet.

Hvor dobbelte vægge samles med et tagdæk er det en forudsætning for at opnå de angivne luftlydisolationer, at dobbeltvæggens mellemrum fortsætter gennem dækpladerne. Det er tilrådeligt at benytte mineraluld med stor tæthed for at sikre, at udstøbninger kan ske på tilfredsstillende måde.



Figur 4.30. Samling mellem betonvæg og tagdæk af betonhulplader. Lodret snit 1:10.

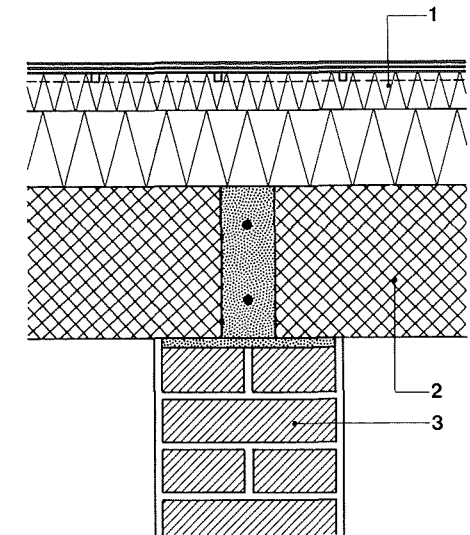
1. Tagisolering.
2. Tagdæk, 185 mm betonhulplade.
3. Indervæg, 150 mm beton.

	Dæk med trægulv på strøer							
	Massiv betonplade			Betonhulplade 185 og 220 mm		Betonribbeplade 320 kg/m ²		L.k.-betonplade
	120 mm	150 mm	185 mm	Væg ⊥ huller	Væg ≠ huller	Væg ⊥ ribber	Væg ≠ ribber	
Indervæg, fuget mod dæk								200 mm
Massiv enkeltvæg								
1/2-sten	45/51	45/53	45/53	45/53	45/53	40/53	45/53	45/53
168 mm bredsten	48/51	48/53	48/55	48/53	48/53	40/53	48/53	48/53
60 mm beton	40/51	40/53	40/55	40/53	40/53	40/53	40/53	
90 mm beton	45/51	45/53	45/55	45/53	45/53	45/53	45/53	
75–100 mm letbeton	35/51	35/53	35/55	35/53	35/53	35/53	35/53	35/53
Skeletvæg								
95 mm enk. stålskelet								
2×1×3 mm gipspl.	35/51	35/53	35/55	35/53	35/53	35/53	35/53	35/53
2×2×13 mm gipspl.	40/51	40/53	40/55	40/53	40/53	40/53	40/53	40/53
120 mm enk. stålskelet								
2×2×13 mm gipspl.	45/51	45/53	45/55	45/53	45/53	45/53	45/53	45/53
145 mm dob. stålskelet								
2×2×13 mm gipspl.	48/51	52/53	52/55	48/53	52/53	48/53	52/53	52/53
230 mm dob. stålskelet								
2×2×13 mm gipspl.	48/51	52/53	55/55	48/53	52/53	48/53	52/53	52/53

Tabel 4.7. Luftlydisolation R_{lv} dB for indervægge og etageadskillelser, samlet som vist i figurerne 4.27–4.29.

De angivne værdier forudsætter, at vægges og etageadskillelsers samlinger med øvrige omgivende bygningsdele er vurderet til samme luftlydisolation.

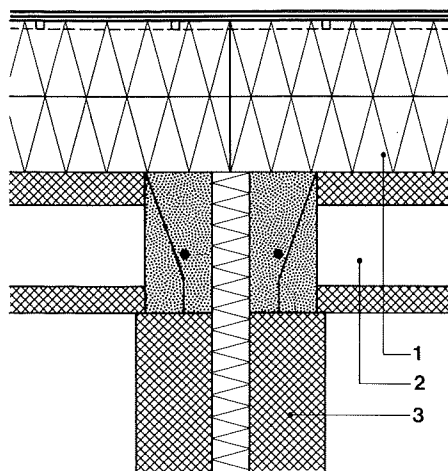
Værdier foran skråstregen gælder for indervægge, værdier efter skråstregen for etageadskillelser. R_{lv} er angivet ved isolationsværdier.



Figur 4.31. Samling mellem 1-stens væg og tagdæk af letkonstruktionsbeton. Lodret snit 1:10.

1. Tagisolering.
2. Tagdæk, 200 mm letkonstruktionsbeton.
3. Indervæg, 1-sten.

I kapitel 3 i afsnittet om dobbeltvægge er angivet, hvilke mineraluldstyper der skal anvendes i dobbeltvægge af mursten eller letbeton.



Figur 4.32. Samling mellem dobbelt betonvæg og tagdæk af betonhulplade. Lodret snit 1:10.
1. Tagisolering.
2. Tagdæk, 185 mm betonhulplade.
3. Indervæg, 2×100 mm beton.

Indervæg sammenstøbt med tagdæk	Tagdæk af: Massiv betonplade			Betonhulplade		L.k.betonplade 200 mm
	120 mm	150 mm	185 mm	185 mm	220 mm	
Massiv enkeltvæg						
168 mm bredsten	48	48		48	48	48
1-sten	48	52	52	52	52	52
1½-sten	55	55	55	55	55	55
150 mm beton	48	52	52	52	52	52
180 mm beton	52	52	52	52	52	52
250 mm beton	55	55	55	55	55	55
200 mm l.k.beton	48	52	52	52	52	52
300 mm l.k.beton	55	55	55	55	55	55
Dobbeltvæg						
410 mm, 2×168 mm sten	60	60	60	60	60	60
260 mm, 2×100 mm beton	60	60	60	60	60	60
360 mm, 2×150 mm letbeton	60	60	60	60	60	60

Tabel 4.8. Luftlydisolation R'_w , dB for indervægge sammenstøbt med tagdæk som vist i figurene 4.30–4.32. Vedrørende vægge som fuges mod tagdæk, se tabel 4.7.

De angivne værdier forudsætter, at vægges samlinger med øvrige omgivende bygningsdele er vurderet til samme luftlydisolation.

R'_w er angivet ved isolationsværdier.

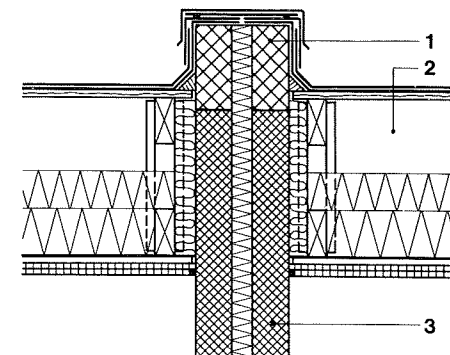
Indervæg/tagkonstruktion af træ

Indervægge kan samles med bærende tagkonstruktioner af træ på fire måder, der i lydteknisk henseende er forskellige: indervæggen kan føres op over tagfladen, op til undersiden af tagfladen, op over loftsfladen eller sluttes til loftet. Erfaringerne viser, at der særlig hyppigt forekommer utætheder i forbindelse med vægge, der ikke føres gennem loftet. I tabel 4.9 er anført isolationsværdier for en række indervægge ved forskellige samlinger mod loft.

Loftsbeklædningen er i figurene 4.33–4.38 vist med to lag gipsplader. Denne beklædning giver sammen med et tag med en tæt beklædning en tilfredsstillende isolation mod støj udefra, hvis der ikke kræves en større isolationsværdi end 45 dB.

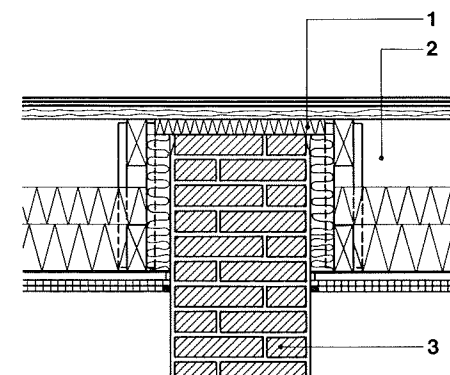
Når indervægge føres op over tag og afsluttes med brandkamme, giver tagkonstruktionen ikke anledning til flanketransmission. For dobbelte vægge kan udførelsen af brandkamme imidlertid volde problemer i forbindelse med overdækningen. Hvis denne forbinder dobbeltvæggens to vægdele, formindskes lydisolationen. Overdækningen kan udføres lydteknisk tilfredsstillende med plastprofiler eller tynde metalplader. Murede eller støbte overdækninger må kun forankres i den ene vægdel og skal have en elastisk fuge som underlag over den anden vægdel.

Når indervægge afsluttes ved undersiden af tagfladen, bør afstanden mellem væg og tagbeklædning ikke være større end 30 mm, og hulrummet skal udfyldes med mineraluld, hvis luftstrømningsmodstand er større end 7 kPa · s/m². Afstanden mellem overside væg og underside loft bør være mindst 350 mm.



Figur 4.33. Samling mellem tagkonstruktion af træ og dobbelt betonvæg, ført op over tagfladen. Lodret snit 1:20.

1. Brandkam.
2. Tagrum.
3. Indervæg, 2×100 mm beton.



Figur 4.34. Samling mellem tagkonstruktion af træ og 1½-stensvæg ført op til undersiden af tagfladen. Lodret snit 1:20.

1. Lydisolering, maksimal tykkelse 30 mm.
2. Tagrum.
3. Indervæg, 1½-sten.

Indervæg	Samling mellem indervæg og bærende tagkonstruktion af træ			
	over tagflade	mod tagflade	over loftsflade	mod loftsflade
Massiv enkeltvæg				
1/2-sten		45		45
168 mm bredsten		48		48
1-sten	52	52		52
1 1/2-sten	55	55		
120 mm beton		48		48
150 mm beton	52	52		52
180 mm beton	52	52		52
250 mm beton	55	55		52
150 mm l.k.beton		48		48
200 mm l.k.beton		52		52
300 mm l.k.beton		55		52
75-100 mm letbeton				35
Dobbeltvæg				
350 mm, 2 × 1/2-sten	60	60		52
410 mm, 2 × 168 mm sten	60	60		52
260 mm, 2 × 100 mm beton	60	60		52
360 mm, 2 × 150 mm letbeton	60	60		52
310 mm, 2 × 100 mm l.k.beton		60		52
Skeletvæg				
95 mm enk. stålskelet, 2 × 1 × 13 mm gipsplade				35
2 × 2 × 13 mm gipsplade				40
120 mm enk. stålskelet, 2 × 1 × 13 mm gipsplade			45	40
145 mm dob. stålskelet, 2 × 2 × 13 mm gipsplade			52	45
230 mm dob. stålskelet, 2 × 2 × 13 mm gipsplade		55		

Tabel 4.9. Luftlydisolation R_w , dB for indervægge samlet med bærende tagkonstruktion af træ som vist i figurerne 4.33-4.38.

De angivne værdier forudsætter, at væggenes samlinger med øvrige omgivende bygningsdele er vurderet til samme luftlydisolation.

Samlinger ført over loftsflade forudsætter, at indervæggen er ført mindst 200 mm op over loftsbeklædningens underside, og at der anvendes to lag loftsplader.

R_w er angivet ved isolationsværdier.

I sammenbyggede småhuse med uudnyttede tagrum, der på et senere tidspunkt forventes ombygget og inddraget i beboelsesarealet, kan en eventuel flanketransmission gennem tagkonstruktionen medføre, at ombygningsomkostningerne bliver meget betydelige i forhold til merprisen ved at udføre de nødvendige lydisoleringsforanstaltninger allerede ved bygningens opførelse.

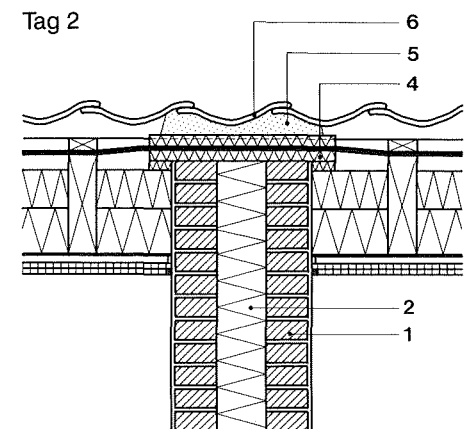
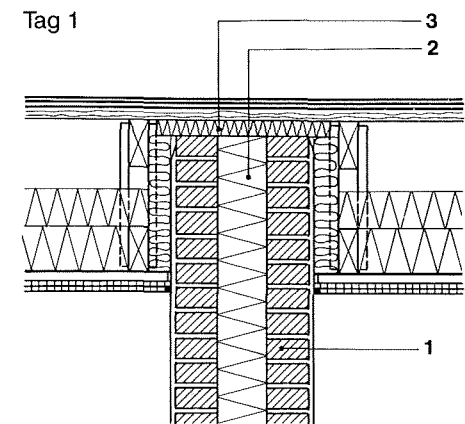
Hvor en indervæg, som afsluttes ved undersiden af tagfladen, danner brandvæg, er det desuden nødvendigt at brandsikre tagkonstruktionen langs begge sider af væggen.

Hvor der på grund af terrænhældninger forekommer spring i tagniveauet, og hvor der samtidigt er anvendt dobbeltvægge, som er ført op til undersiden af tagfladen, må der udføres elastisk fuge mellem tagfladen og den ene af dobbeltvæggens vægdele, dvs., at taget kun må fastgøres til den ene vægdel.

Indervægge, som føres op i loftsrummet, men ikke til tagfladen, skal, når de adskiller etageboliger eller undervisningsrum, afsluttes mindst 200 mm over loftsbeklædningens underside. Fuger mellem loft og skillevægge forsegles med fugemasse. Den samme løsning kan imidlertid ikke anvendes mellem rækkehuse.

Hvor en indervæg føres op til undersiden af en loftsforsskalling, kan det være vanskeligt at opnå tilfredsstillende tæthed. Når der anvendes vægelementer, skal disse være fuldkantede ved opsætningen, og beskadigede kanter må i givet fald repareres før opsætning af loftsplader. Også ved denne løsning forsegles fugerne mellem loft og vægge.

Hvor indervægge tilsluttes loftsundersider, forudsættes tætte fuger mellem lofter og vægge. Fugetykkelsen må derfor ikke være for stor, og det er nød-

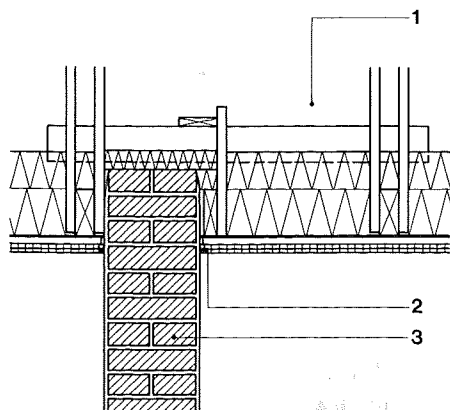


Figur 4.35. Samling mellem tagkonstruktion og dobbelt murstensvæg ført til underside af tag. Lodret snit 1:20.

Tag 1: Tagbelægning på træunderlag.

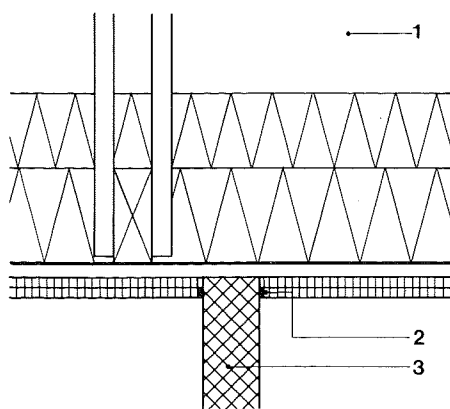
Tag 2: Tagsten på lægter.

1. Indervæg, 2 × 1/2-sten.
2. Mineraluld med luftstrømningsmodstand $15 \text{ kPa} \cdot \text{s/m}^2$, 125 mm.
3. Mineraluld sammentrykket til maksimaltykkelse 30 mm.
4. 2 × 30 mm trykfast mineraluld.
5. Mørtel.
6. Tagsten.



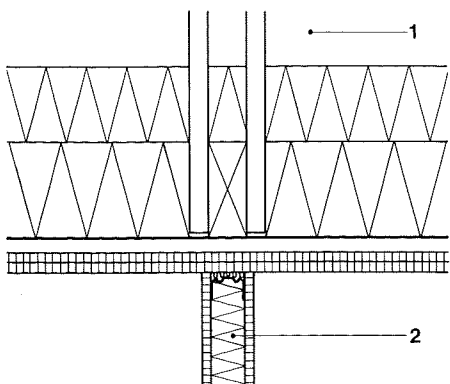
Figur 4.36. Samling mellem tagkonstruktion af træ og 1-stensvæg ført op over loftsfladen. Lodret snit 1:20.

1. Tagrum.
2. Fugeforsigling.
3. Indervæg, 1-sten.



Figur 4.37. Samling mellem tagkonstruktion af træ og letbeton ført til overside af loftsfladen. Lodret snit 1:10.

1. Tagrum.
2. Fugeforsigling.
3. Indervæg, 75 mm letbeton.



Figur 4.38. Samling mellem tagkonstruktion af træ og stålskeletvæg tilsluttet loftsfladen. Lodret snit 1:10.

1. Tagrum.
2. 70 mm stålskeletvæg.

vendigt at tætte fugerne med tæt sammenklemt lyddæpende materiale, fx mineraluld. Hvis væggenes luftlydisolation R'_w er 45 dB eller derover, bør der både stoppes med mineraluld og forseglens med fugemasse.

Indervægge i boliger udføres undertiden med 20–30 mm fuger mellem vægge og loft, og fugerne lukkes med lister på begge sider af væggene. Men selv med mineraluldsstopning i fugerne vil disse vægge give en luftlydisolation under 30 dB.

Hvor en væg tilsluttes et loft med pladebeklædning på spredt forskalling på en tagkonstruktion af træ, vil den øvre grænse for luftlydisolationen R'_w ligge under 45 dB.

Massiv indervæg/massiv indervæg

I samlinger mellem to massive indervægge vil luftlydisolationen afhænge både af vægmateriale og af samlingernes konstruktion og udførelse, se figur 4.39–4.41. Samlingen mellem en massiv væg og den ene vægdel i en dobbeltvæg udført af massive enkeltvægge kan lydteknisk vurderes som en samling mellem to massive vægge, se tabel 4.10.

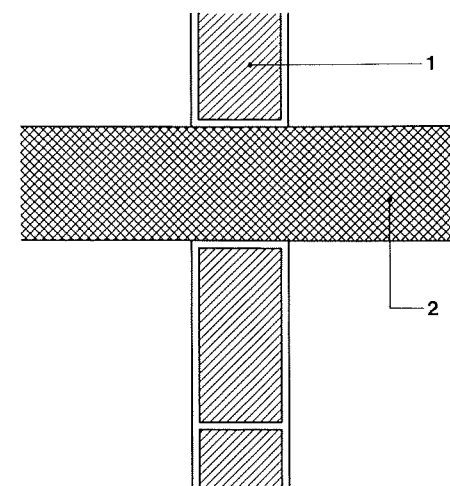
Massive indervægge vil i reglen være opført i murværk, beton, letbeton eller letkonstruktionsbeton, og utætte samlinger vil især forekomme mellem vægge af forskellige materialer og i samlinger mellem vægge af rumhøje elementer.

Elastiske fuger mellem adskillende og flankerende vægge vil nedsætte transmissionen fra adskillende vægge til flankerende og omvendt. Men transmission alene gennem flankerende vægge kan kun forhindres ved også at indlægge fuger i disse ud for adskillende vægge.

I tynde vægge optræder hyppigt koincidens, se kapitel 8, med tilhørende lavere lydisolation i området omkring koincidensfrekvensen. En tynd flankerende væg, hvis tykkelse og masse er mindre end en femtedel af en tung, massiv adskillende væg, vil ikke indvirke væsentligt på luftlydisolationen, uanset om der anvendes stive samlinger.

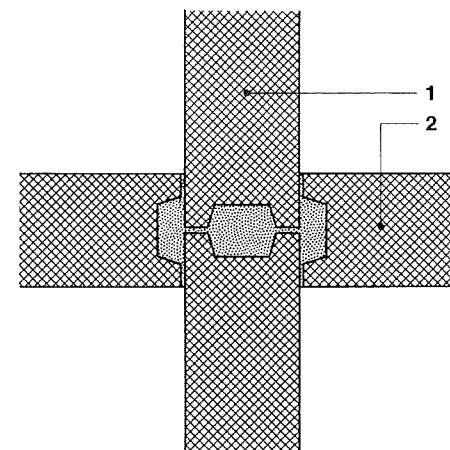
Samlinger mellem to murede vægge eller mellem to in situ støbte betonvægge er normalt problemfri hvad angår utætheder, men ikke altid hvad angår flanketransmission.

I T-samlinger mellem en adskillende væg med en tykkelse på det dobbelte af den flankerende vægs afhænger flanketransmissionen af, om den adskillende væg i princippet tilsluttes den flankerende væg eller den flankerende væg i



Figur 4.39. Samling mellem betonvæg og 1/2-stensvæg. Vandret snit 1:10.

1. Indervæg, 1/2-sten.
2. Indervæg, 150 mm beton.



Figur 4.40. Samling mellem to betonvægge. Vandret snit 1:10.

1. Indervæg, 150 mm beton.
2. Indervæg, 150 mm beton.

princippet tilsluttes på begge sider af den adskillende væg. I første tilfælde vil flanketransmissionen være overvældende, og i andet tilfælde relativ beskeden.

Flankerende væg – afbrudt eller gennemgående							
Indervæg	Mursten				L.k.beton		
	1/2-sten	168 mm	1-sten	1 1/2-sten	150 mm	200 mm	300 mm
1/2-sten	40/40	45/45	45/45	45/45	45/45	45/45	45/45
168 mm bredsten	48/45	48/48	48/48	48/48	48/48	48/48	48/48
1-sten	52/48	52/48	52/52	52/52	52/48	52/52	52/52
1 1/2-sten	55/52	55/52	55/55	55/55	55/48	55/52	55/55
120 mm beton	48/45	48/48	48/48	48/48	48/48	48/48	48/48
150 mm beton	52/45	52/48	52/52	52/52	52/48	52/52	52/52
180 mm beton	52/45	52/48	55/52	55/52	52/48	55/52	55/55
250 mm beton	55/45	55/48	55/55	55/55	55/48	55/55	55/55
150 mm l.k.beton	48/45	48/48	48/48	48/48	48/48	48/48	48/48
200 mm l.k.beton	52/45	52/48	52/52	52/52	52/48	52/52	52/52
300 mm l.k.beton	55/45	55/48	55/55	55/55	55/48	55/52	55/55
75–100 mm letbeton	35/35	35/35	35/35	35/35	35/35	35/35	35/35

Flankerende væg – afbrudt eller gennemgående							
Indervæg	Beton						Letbeton
	60 mm	90 mm	120 mm	150 mm	180 mm	250 mm	75–100 mm
1/2-sten			45/45	45/45	45/45	45/45	45/40
168 mm bredsten			48/48	48/48	48/48	48/48	48/40
1-sten			52/48	52/52	52/52	52/52	52/40
1 1/2-sten			55/48	52/52	55/55	55/55	55/40
60 mm beton	40/40	40/40	40/40	40/40	40/40	40/40	40/35
90 mm beton	45/40	45/45	45/45	45/45	45/45	45/45	45/40
120 mm beton	48/40	48/45	48/48	48/48	48/48	48/48	48/40
150 mm beton	52/45	52/48	52/48	52/52	52/52	52/52	52/40
180 mm beton	52/45	52/48	52/48	55/52	55/55	55/55	52/40
250 mm beton	55/45	55/48	55/48	55/52	55/55	55/55	55/40
150 mm l.k.beton	48/40	48/45	48/48	48/48	48/48	48/48	48/40
200 mm l.k.beton	52/40	52/45	52/48	52/52	52/52	52/52	52/40
300 mm l.k.beton	55/40	52/45	55/48	55/52	55/55	55/55	55/40
75–100 mm letbeton	35/35	35/35	35/35	35/35	35/35	35/35	35/35

Tabel 4.10. Luftlydisolation R_w , dB for massive indervægge som vist i figurerne 4.39–4.41.

De angivne værdier forudsætter, at væggenes samlinger med øvrige omgivende bygningsdele er vurderet til samme luftlydisolation.

Værdier foran skråstregen gælder, når de flankerende vægge er afbrudt ved de adskillende vægge, værdier efter skråstregen, når de flankerende vægge er gennemgående. Den flankerende væg kan være en enkeltvæg eller den ene vægdel i en dobbeltvæg. Samlinger mellem murede vægge er i forbandt.

R_w er angivet ved isolationsværdier.

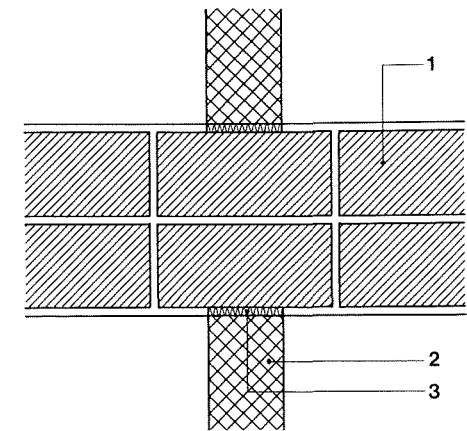
I en T-samling mellem en adskillende 1-stens væg og en flankerende 1/2-stens væg kan flanketransmissionen være fra ca. 15 pct. til ca. 70 pct. af den totale lydenergitransmission, afhængig af om der er en stiv forbindelse mellem væggene, eller om 1/2-stens væggen i princippet passerer 1-stens væggen uden nogen egentlig kobling. Omregnet svarer dette til en flanketransmission fra under 1,0 dB til over 5,0 dB. Er omvendt 1/2-stens væggen den adskillende væg og 1-stens væggen den flankerende, ligger flanketransmissionen for den tilsvarende situation fra ca. 2 pct. til 5 pct., hvilket betyder, at flanketransmissionen influerer mindre end 1,0 dB på isolationen.

I samlinger mellem murede og støbte vægge vil flanketransmissionen være forholdsvis større i en gennemgående betonvæg end i en gennemgående murstensvæg. Utætheder ved murede vægges tilslutninger til en betonvæg vil overvejende give sig udslag i murstensvægens luftlydisolation. Hvis en betonvæg tilsluttes en gennemgående murstensvæg, vil det være betonvæggens luftlydisolation det går ud over.

I samlinger mellem to betonelement-vægge forekommer ofte utætheder, fx svindrevner, og det kan blive nødvendigt at indlægge fuger og at forsegle disse med fugemasse.

Samlingen mellem en letbetonvæg og en væg af beton eller mursten bør udføres med mellemlag af polystyrenskum, som skal udfylde hele fugebredden. Mellem to letbetonvægge kan anvendes limfuge.

Hvor en massiv væg samles med en korrekt udført dobbeltvæg med massive vægdele har enkeltvæggen ringe eller ingen indvirkning på dobbeltvæggens lyd-isolation.



Figur 4.41. Samling mellem 1-stensvæg og letbetonvæg. Vandret snit 1:10.

1. Indervæg, 1-sten.
2. Indervæg, 100 mm letbeton.
3. Polystyrenskum.

Stålskeletvæg/indervæg

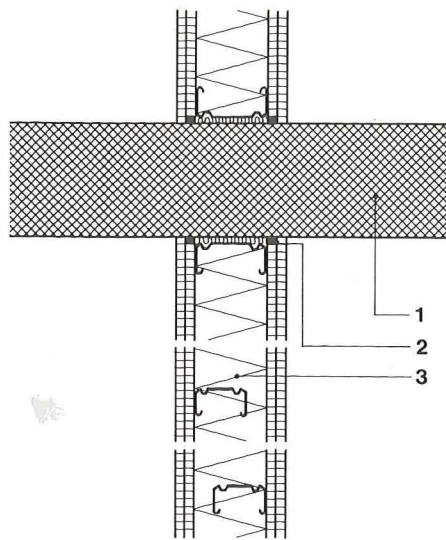
Samlinger mellem pladebeklædte stålskeletvægge indbyrdes og med massiv væg er vist i figur 4.42–4.44. I samlinger med massive vægge vil disse normalt være gennemgående. Hvis en massiv væg tilsluttes en flankerende stålskeletvæg i en T-samling, skal denne samling i princippet udføres som samlinger mellem massive vægge og lette ydervægge, dvs. at den massive væg føres ind i den lette væg, se figur 4.13.

Hvor pladebeklædte stålskeletvægge samles med massive indervægge influerer almindeligvis både utætheder i samlingerne og flanketransmission gennem de massive vægge på skeletvæggenes luftlydisolation. Derimod har den pladebeklædte stålskeletvæg meget ringe indvirkning på den massive vægs lydisolation.

Når skeletvægge tilsluttes massive vægge, skal der være en jævn, plan overflade på tilslutningsstedet. Eventuelle tilbageliggende fuger i blank mur udfyldes med mørtel. Desuden skal indlægges mineraluldsstrimler eller andet lydabsorberende materiale før opsætning af skelettet for at opnå de værdier for luftlydisolation, der er anført i tabel 4.11. Ved vægge med luftlydisolation R'_v på 45 dB eller derover er det nødvendigt at forsegle fugerne med fugemasse, se kapitel 3, afsnittet om enkelte og dobbelte stålskeletvægge.

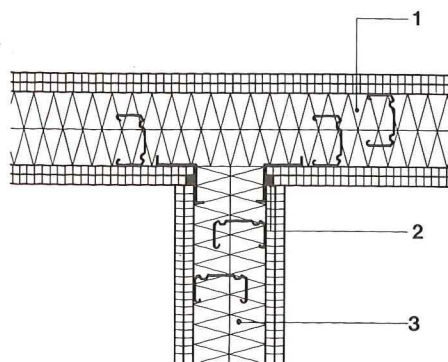
Hvor dobbelte skeletvægges luftlydisolation påvirkes væsentligt af flanketransmission gennem massive vægge, kan isolationen forbedres ved at forsyne de massive vægge med forsatsvægge, se kapitel 3, afsnittet om vægge med lyd-isolerende forsatsvægge.

I samlinger mellem stålskeletvægge indbyrdes er det for tilsluttede vægge



Figur 4.42. Samling mellem gennemgående betonvæg og stålskeletvæg. Vandret snit 1:10.

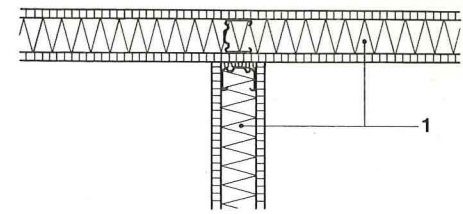
1. Indervæg, 150 mm beton.
2. Fugeforsegling.
3. 145 mm stålskeletvæg.



Figur 4.43. T-samling mellem to dobbelte stålskeletvægge. Vandret snit 1:10.

1. 145 mm stålskeletvæg.
2. Fugeforsegling.
3. 145 mm stålskeletvæg.

med R'_v på 45 dB og derover nødvendigt med en fuger i den gennemgående væg ud for den tilsluttede væg. Hvis R'_v er 48 dB eller mere bør samlingen udføres som vist i figur 4.43.



Figur 4.44. T-samling mellem to enkelte stålskeletvægge. Vandret snit 1:10.

1. 70 mm stålskeletvæg.

	Pladebeklædt stålskeletvæg			
	Enkelt stålskelet		Dobbelt stålskelet	
	95 mm	120 mm	145 mm	230 mm
Flankerende indervæg eller bagvæg i en ydervæg	2×2 13 mm gipsplade	2×2 13 mm gipsplade	2×2 13 mm gipsplade	2×2 13 mm gipsplade
Massiv enkeltvæg				
1/2-sten	40	45	45	45
168 mm bredsten	40	45	48	48
1-sten	40	45	52	52
1 1/2-sten	40	45	52	55
60 mm beton	40	40	45	45
90 mm beton	40	45	48	48
120 mm beton	40	45	48	48
150 mm beton	40	45	52	52
180 mm beton	40	45	52	52
250 mm beton	40	45	52	55
100 mm l.k.beton	40	40	45	45
150 mm l.k.beton	40	45	48	48
200 mm l.k.beton	40	45	52	52
300 mm l.k.beton	40	45	52	55
75–100 mm letbeton	35	40	40	40
Skeletvæg				
95 mm enk. stålskelet, 2×1×13 mm gipsplade	40	40	45*	45*
2×2×13 mm gipsplade	40	45*	48*	48*
120 mm enk. stålskelet, 2×1×13 mm gipsplade	40	45*	48*	52*
145 mm dob. stålskelet, 2×2×13 mm gipsplade	40	45*	52*	55*
230 mm dob. stålskelet, 2×2×13 mm gipsplade	40	45*	52*	55*

Tabel 4.11. Luftlydisolation R'_v dB for stålskeletvægge tilsluttet flankerende indervægge som vist i figurerne 4.42–4.44.

De angivne værdier forudsætter, at væggenes samlinger med øvrige omgivende bygningsdele er vurderet til samme luftlydisolation.

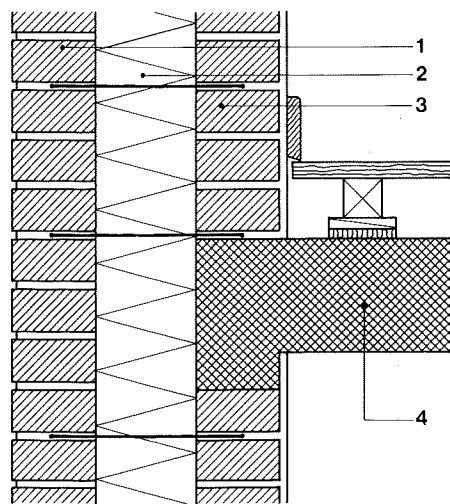
De med * mærkede værdier forudsætter, at de flankerende vægges pladebeklædninger afbrydes ud for stålskeletvæggenes.

R'_v er angivet ved isolationsværdier.

Tung ydervæg/dæk

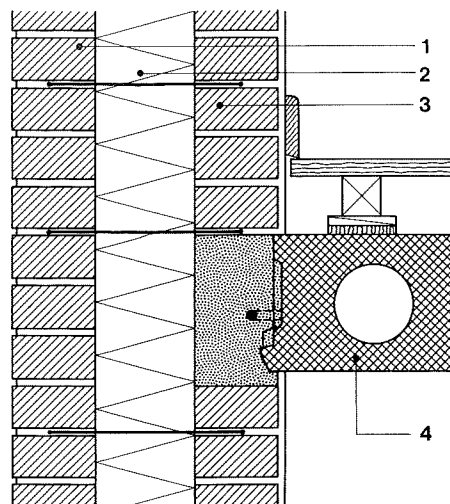
Tunge ydervægge kan være udført med bagvæg af mursten, beton, letbeton eller letkonstruktionsbeton, se figur 4.45–4.52. Flanketransmissionen i ydervægge er meget afhængig af bagvæggens materiale, tykkelse, samling med dæk og mekanisk forbindelse med forvæg. Anvendes tyndere bagvæg end vist i figurerne vil det i praksis betyde, at flanketransmissionen skal reduceres på anden måde, fx ved indlæg af elastiske og tilstrækkelig lyddæpende mellem-lag i samlingerne mellem bagvæg og dæk både ved over- og underside. Samlinger af denne type benyttes hyppigt, men med meget forskellige resultater. I en samling som vist i figur 4.52 reduceres bagvæggens tykkelse ofte til 100 mm. For at denne løsning kan fungere lydteknisk tilfredsstillende uafhængigt af den benyttede gulvtype, er det nødvendigt med et elastisk mellemlag med egenskaber som fx 5 mm Neopren med en hårdhed på ca. 55° shore. Der er imidlertid meget delte meninger om den byggetekniske kvalitet af sådanne løsninger, og derfor henvises til materialefabrikanternes informationstjenester vedrørende samlingers specifikke udførelser og disses betydning for bygværkets stabilitet.

I ydervægge bygget med selvstændige for- og bagvægge sker flanketransmissionen både gennem for- og bagvæggen og både i lodret og vandret retning, mens den i ydervægge opført med sandwichelementer med bagstøbning af beton normalt kun sker gennem bagstøbningen, idet elementernes forstøbninger i reglen ikke sammenstøbes. I tilfældet med selvstændige for- og bagvægge har forvæggens lydtransmission oftest en negativ virkning på samlingens isolati-



Figur 4.45. Samling mellem betondæk og murstensydervæg. Lodret snit 1:10.

1. Formur, 1/2-sten.
2. Varmeisolering.
3. Bagmur, 1/2-sten.
4. Dæk, 150 mm beton.



Figur 4.46. Samling mellem betonhulpladedæk og murstensydervæg. Lodret snit 1:10.

1. Formur, 1/2-sten.
2. Varmeisolering.
3. Bagmur, 1/2-sten.
4. Dæk, 185 mm betonhulplade.

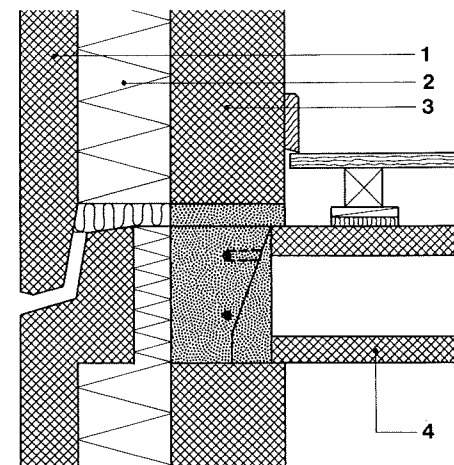
onsværdi, mens forstøbningen i tilfældet med sandwichelementer virker som en forøgelse af bagvæggens masse, hvilket giver en positiv effekt på samlingens isolationsværdi.

Det er af afgørende betydning, at samlinger mellem ydervægge og dæk udføres tætte, hvilket almindeligvis vil være tilfældet i støbte samlinger.

Hvis et dæk oplægges uden sammenstøbning med ydervæggen, er det meget vigtigt, at understøbningen udføres omhyggeligt, så alle huller er helt udfyldte, før gulvene lægges.

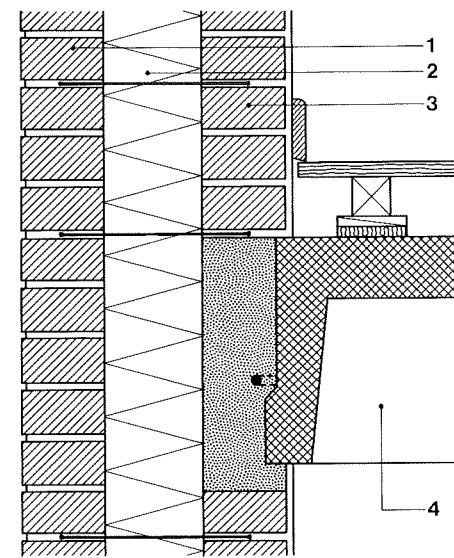
De værdier for lydisolationsværdi, der er anført i tabel 4.12, gælder for dæk med svømmende trægulve på strøer. Svømmende gulve af beton eller asfalt kan dog også anvendes. Hvis de dæk, der er anført i tabellen, benyttes uden svømmende gulv, må der regnes med 2 til 3 dB ringere luftlydisolation. I sådanne tilfælde skal der anvendes 30 til 50 mm betonafretning under en trinlyddæpende belægning for at opnå de værdier, der er anført i tabellen. For at etageadskillelsen kan give den lydisolationsværdi R_w på 53 dB, som er nødvendig mellem etageboliger, skal dæk med trinlyddæpende belægninger have en masse på ca. 430 kg/m².

Hvor der anvendes murede ydervægge med 1/2-stens bagmure forudsættes statiske beregninger af murværket. Det vil ofte være nødvendigt at bruge bagmure af bredsten eller 1-sten.



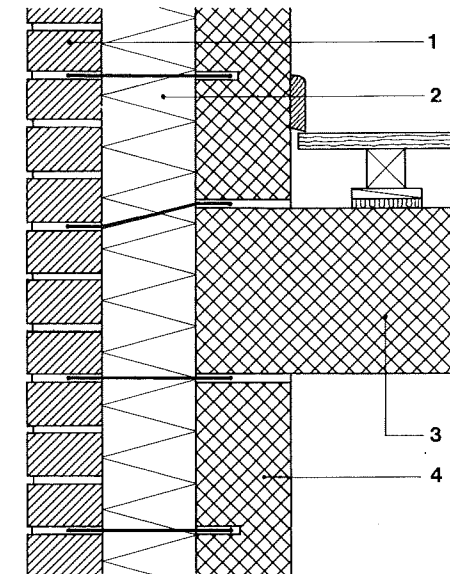
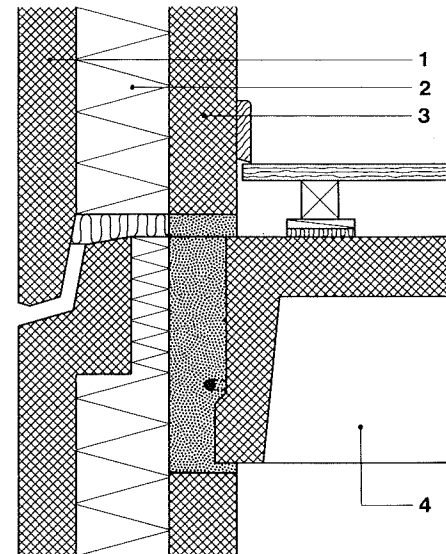
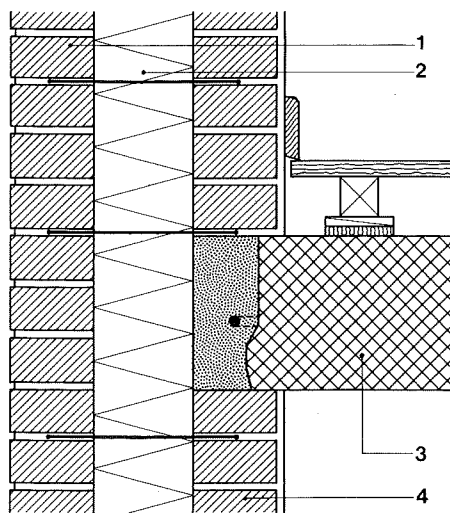
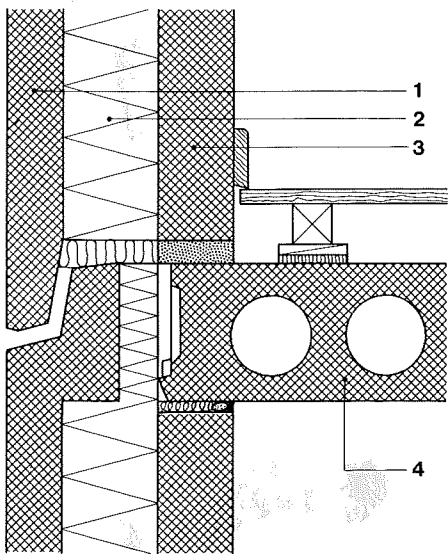
Figur 4.47. Samling mellem betonhulpladedæk og bærende betonydervæg. Lodret snit 1:10.

1. Forstøbning, 70 mm beton.
2. Varmeisolering.
3. Bagstøbning, 150 mm beton.
4. Dæk, 185 mm betonhulplade.



Figur 4.48. Samling mellem betonribbepladedæk og murstensydervæg. Lodret snit 1:10.

1. Formur, 1/2-sten.
2. Varmeisolering.
3. Bagmur, 1/2-sten.
4. Dæk, 300 mm betonribbeplade.



Figur 4.49. Samling mellem betonhulpladedæk og betonydervæg. Lodret snit 1:10.

1. Forstøbning, 70 mm beton.
2. Varmeisolering.
3. Bagstøbning, 90 mm beton.
4. Dæk, 185 mm betonhulplade.

Figur 4.50. Samling mellem letkonstruktionsbetondæk og murstensydervæg. Lodret snit 1:10.

1. Formur, 1/2-sten.
2. Varmeisolering.
3. Dæk, 200 mm letkonstruktionsbeton.
4. Bagmur, 1/2-sten.

Figur 4.51. Samling mellem betonribbepladedæk og betonydervæg. Lodret snit 1:10.

1. Forstøbning, 70 mm beton.
2. Varmeisolering.
3. Bagstøbning, 90 mm beton.
4. Dæk, 300 mm betonribbeplade.

Figur 4.52. Samling mellem letkonstruktionsbetondæk og letbetonydervæg. Lodret snit 1:10.

1. Formur, 1/2-sten.
2. Varmeisolering.
3. Dæk, 200 mm letkonstruktionsbeton.
4. Bagvæg, 120 mm letkonstruktionsbeton.

Etageadskillelse med trægulv på strøer	Flankerende ydervæg med									
	Bagmur af mursten		Bagvæg af beton, l.k.beton				Bagstøbning af beton			
	1/2-sten	168 mm 1-sten	120 mm	150 mm	150 mm	200 mm	90 mm	120 mm	150 mm	
120 mm betonplade	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51
150 mm betonplade	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53
185 mm betonplade	53	55	55	53	55	53	55	53	53	55
185-230 mm betonhulplade	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53
Betonribbeplade, 320 kg/m ²	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53
200 mm l.k.betonplade	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53

Tabel 4.12. Luftlydisolation R_w , dB for etageadskillelser samlet med tunge ydervægge som vist i figurerne 4.46-4.53.

De angivne værdier forudsætter, at etageadskillelsernes samlinger med øvrige omgivende bygningsdele er vurderet til samme luftlydisolation.

R_w er angivet ved isolationsværdier.

Let ydervæg/dæk

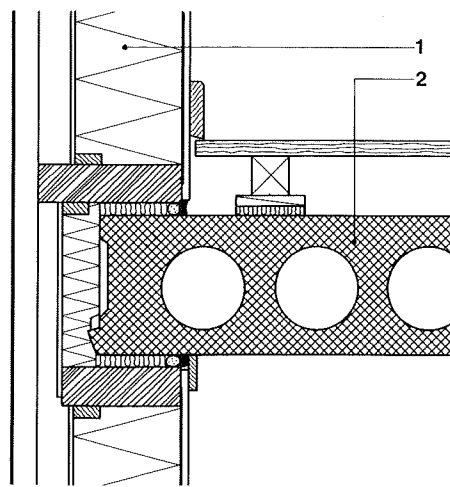
En etageadskillelse kan samles med en let ydervæg enten ved at den føres helt ud gennem ydervæggen og afsluttes med altaner eller smallere »facadebånd« eller ved at den føres delvis ud gennem ydervæggen, figur 4.53 og 4.54.

Fugetykkelsen mellem facadekomponenter og dækoversider eller dækundersider bør være mindre end 20 mm, og fugedybden skal være mindst 100 mm. Fugerne skal stoppes tæt med mineraluld og forsegles med fugemasse. I visse tilfælde, fx hvor der anvendes lange dækplader, kan nedbøjningen gøre større fugetykkelser nødvendige, men i så fald vil der kunne opstå problemer med lyd-isolationen.

Afsluttes dækpladerne med altanplader, må der ikke være stive forbindelser mellem de to plader. Herved undgås transmission af trinlyd fra altan til etagedæk og videre til underliggende rum. Altanplader skal oplægges på gummiunderlag eller forsynes med trinlyddæmpende belægning. Se yderligere kapitel 5, afsnittet om belægninger på trapper, altangange mv.

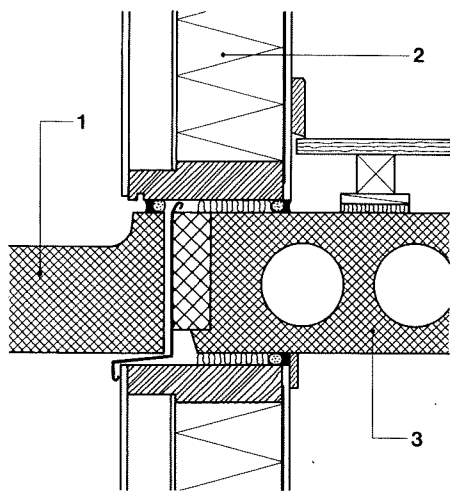
Når et dæk føres helt ud gennem ydervæggen indbygges normalt et 30–50 mm varmeisoleringslag mellem etagedækpladerne og de fremspringende altaner eller »facadebånd«. Isoleringen skal anbringes nær facadens yderside.

Hvor et dæk føres delvis ud gennem ydervæggen, skal det føres så langt ud, at der skabes tilfredsstillende tæthed i samlingerne. Hvor den brudte ydervæg ud for dækket tildækkes med pladebeklædning, bør denne have mindst mulig bøjningsstivhed for en påvirkning omkring en vandret akse. Fx kan beklædningens bagside forsynes med en eller flere riller af størst mulig dybde.



Figur 4.53. Samling mellem betonhulpladedæk og let ydervæg. Lodret snit 1:10.

1. Let facadekomponent.
2. Dæk, 185 mm betonhulplade.



Figur 4.54. Samling mellem betonhulpladedæk/altanplade og let ydervæg. Lodret snit 1:10.

1. Altanpladekomponent.
2. Let facadekomponent.
3. Dæk, 185 mm betonhulplade.

Luftlydisolationen for etageadskillelser samlet med lette ydervægge har normalt en isolationsværdi på 53 dB.

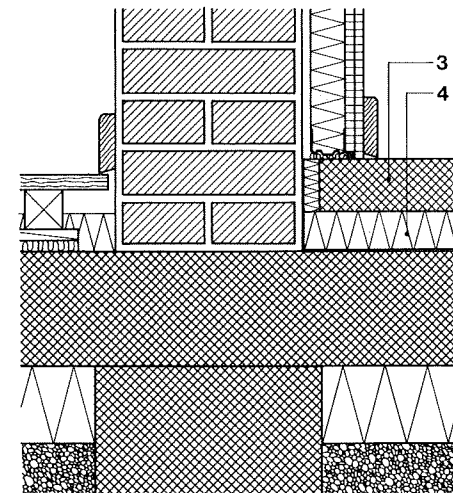
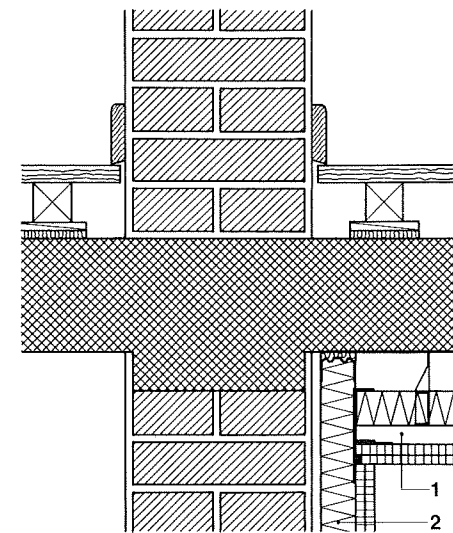
Væg, forsatsvæg/dæk, underloft

BR-82 stiller krav om en luftlydisolation R'_w på mindst 60 dB mellem en bolig og tilgrænsende rum, der anvendes til fælles service eller erhvervmæssig virksomhed. Ved sidstnævnte virksomhed sættes også gennem Miljøstyrelsens vejledning nr. 5/1984, »Ekstern støj fra virksomheder«, en række grænser for støj, der indirekte medfører krav om øget isolation både mod bygningslyd og luftlyd. Der vil ofte være behov for væsentlig større lyd-isolation end anført i bygningsreglementerne for at overholde grænseværdierne i Miljøstyrelsens vejledning, se tabel 1.9. Bestemmelserne i BR-82 retter sig fx mod varmecentraler, vaskerier, selskabslokaler, hobbyrum, forretningslokaler, værksteder og restauranter. Samme krav gælder mellem undervisningsrum indbyrdes for sang, musik og sløjd og mellem disse og andre undervisningsrum.

Kravet kan opfyldes ved at anbringe lyd-isolerende forsatsvægge og underlofter i de rum, hvori de høje lydtrykniveauer frembringes. For at modvirke flanketransmission må en sådan lyd-isolering udføres ikke alene på de adskilende bygningsdele, men også på alle øvrige, herunder på ydervægge og eventuelle gennemgående tagdæk. Desuden skal der lægges svømmende gulve i disse rum.

I figurerne 4.55–4.60 er vist en række samlinger mellem væg og dæk for rum, hvormellem der stilles krav om forøget luftlydisolation.

Ved projektering af konstruktioner med væsentlig større lyd-isolation R'_w end 60 dB må det tilrådes at søge sagkyndig bistand. Det gælder fx ved lyd-isolering af restaurationslokaler og rum til fritidsvirksomhed, især musikud-



Figur 4.55. Samling mellem væg med forsatsvæg og dæk med underloft/dæk med svømmende betongulv. Lodret snit 1:10.

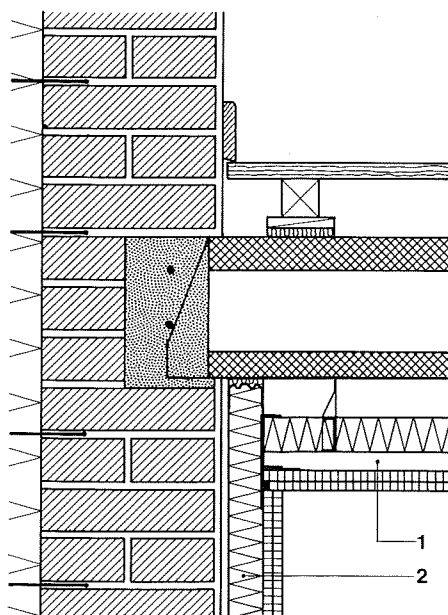
1. Lydisolerende underloft.
2. Lydisolerende forsatsvæg.
3. Svømmende betongulv på terrændæk.
4. Mineraluld.

øvelse. Støj- og lydisolationsproblemer i forbindelse med sådanne aktiviteter er ikke alene et spørgsmål om lydisolation mellem rum, men også om døres og vinduers isolation samt om udformningen af adgangsforholdene til lokalerne. Det må derfor tilrådes også at benytte de løsningsmuligheder for lydisolering, som ligger i en akustisk hensigtsmæssig planløsning.

Hvor der som lydisolerende forsatsvæg anvendes et pladebeklædt stålskelet, skal afstanden mellem væg og stålskelet være mindst 10 mm. Anvendes træskelet, skal afstanden til væggen være mindst 30 mm. Lydisolerende underlofter kan være gipsbeklædninger på monterings Skinner, som fastgøres til nedhængte bæreskiner.

Kravet til forøget luftlydisolation gælder også mellem undervisningsrum til sang, musik og sløjde indbyrdes. Vægge mellem to sådanne rum med høje støjniveauer skal forsynes med forsatsvægge på begge sider, fordi flanketransmissionen til overliggende rum i modsat fald vil være for stor. Gulve i overliggende rum kan være trægulve som vist på figurerne 4.55-4.58, men der kan også benyttes tynde trinlyddæmpende belægninger på et 40-50 mm afretningsslag. Svømmende betongulve i overliggende rum kan være af ca. 40 mm beton på 30 mm mineraluld, når der ikke stilles helt specielle lydkrav. Større tykkelser er nødvendige til svømmende betongulve i undervisningsrum for sang, musik og sløjde samt i varmecentraler, hobbyrum, selskabslokaler mv.

I rum, hvortil der stilles krav om forøget luftlydisolation, fx sang-, musik- og sløjdrum, kan anvendes indervægge af dobbelt stålskelet beklædt med 3 lag gipsplader på hver side og med en samlet tykkelse på 250 mm. I figur 4.59 er

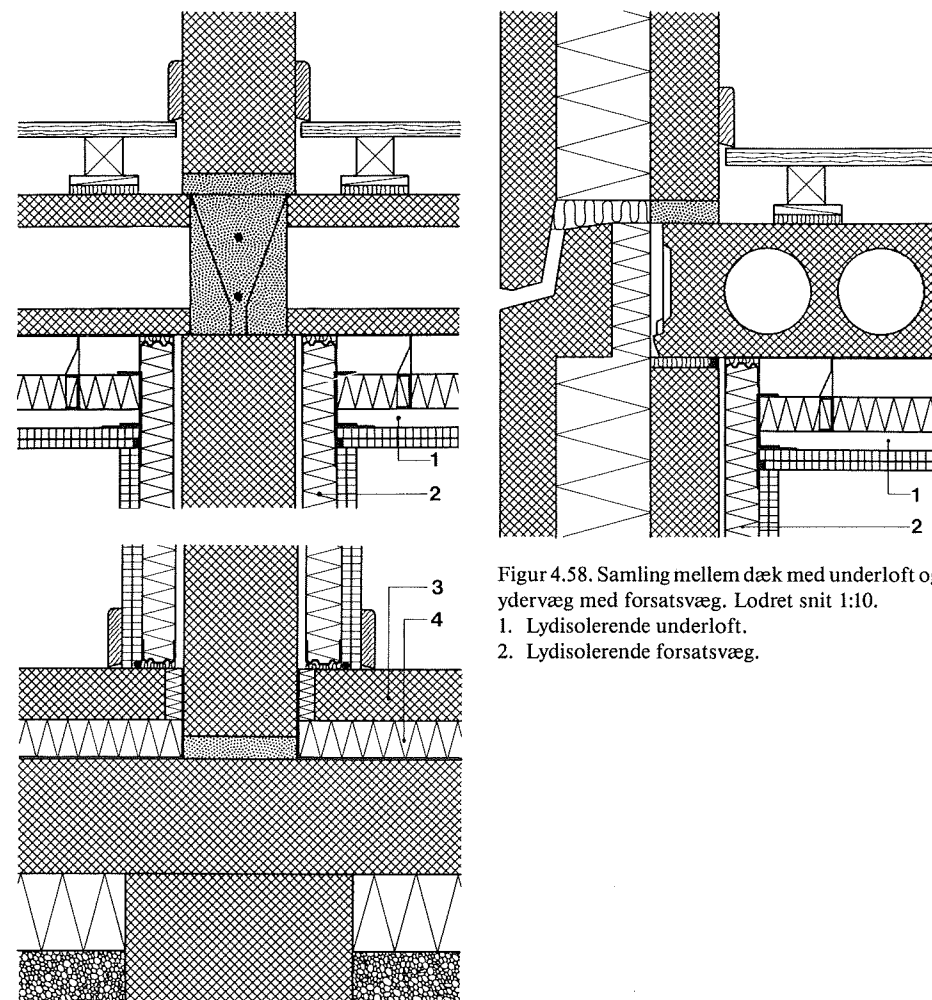


Figur 4.56. Samling mellem dæk med underloft og ydervæg med forsatsvæg. Lodret snit 1:10.

1. Lydisolerende underloft.
2. Lydisolerende forsatsvæg.

påregnet at de overliggende rum er normale undervisningsrum. Med de viste gulve og underlofter, hvor flanketransmissionen er ubetydelig, kan der regnes med en luftlydisolation R'_w på 60 dB for en sådan skeletvæg.

Stilles en pladebeklædt dobbelt skeletvæg med en isolationsværdi større end 52 dB på et svømmende betongulv, opnås normalt kun værdien 52 dB, selv om der udføres 20 mm fuger i det svømmende gulv under væggen hulrum. Anvendes en væg med fælles bundskinne, opnås normalt kun isolationsværdien 48 dB. Føres dobbeltvæggen til et gennemgående dæks underside, uden at dækket er forsynet med lydisolerende



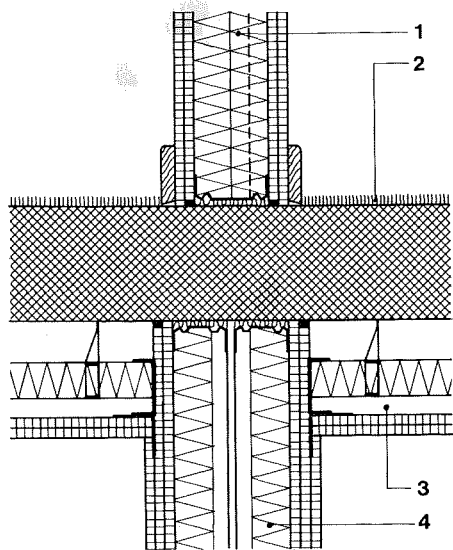
Figur 4.57. Samling mellem væg med forsatsvægge og dæk med underloft/dæk med svømmende betongulv. Lodret snit 1:10.

1. Lydisolerende underloft.
2. Lydisolerende forsatsvæg.
3. Svømmende betongulv på terrændæk.
4. Mineraluld.

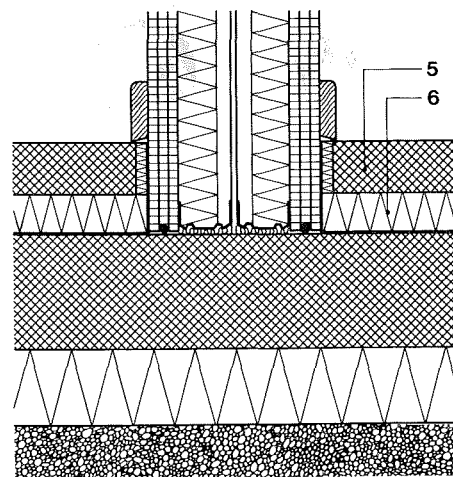
underloft eller afbrudt med fuger over væggen, vil isolationsværdien normalt ikke overstige 52 dB.

I en ydervæg forsynet med forsatsvæg som vist i figur 4.60, kan der optræde re-

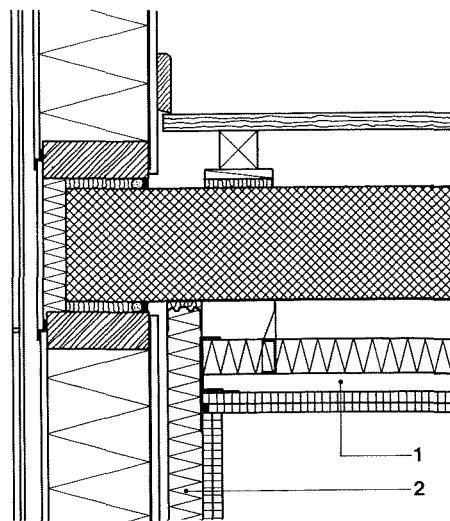
sonans i hulrummet mellem ydervæg og forsatsvæg, som nedsætter lydisolationen. Afstanden mellem en let ydervæg og en forsatsvæg skal derfor gøres så stor som mulig.



Figur 4.60. Samling mellem dæk med underloft og let ydervæg med forsatsvæg. Lodret snit 1:10.
1. Lydisolerende underloft.
2. Lydisolerende forsatsvæg.



Figur 4.59. Samling mellem dobbelt stål-skeletvæg og dæk med underloft/dæk med svømmende betongulv. Lodret snit 1:10.
1. 145 mm stål-skeletvæg.
2. Tæppebelagt afretningslag.
3. Lydisolerende underloft.
4. 230 mm stål-skeletvæg.
5. Svømmende betongulv på terrændæk.
6. Mineraluld.



Søjle/bjælke-systemer i beton

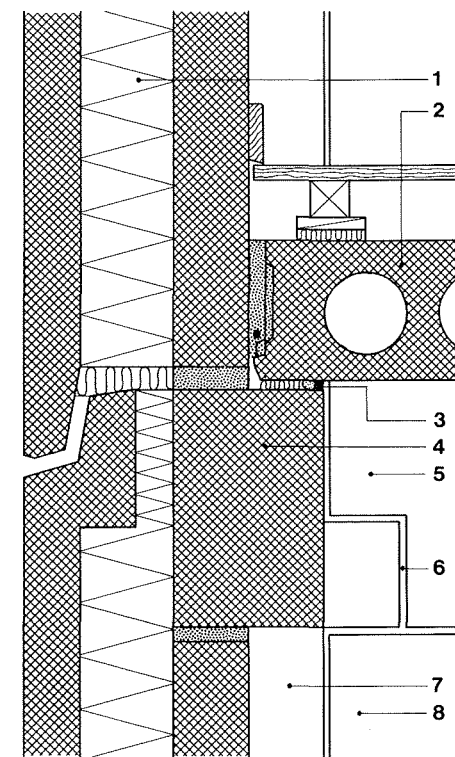
I bygninger med søjle/bjælke-systemer kan opnås en lydisolations, der ud fra en helhedsbedømmelse ofte ligger væsentligt højere end i tilsvarende bygninger med bærende ydervægge eller tværvægge, figur 4.61-4.63. Nogle isolationsværdier er anført i tabel 4.13. Indervægge der samles med dæk eller ydervægge uden for søjle/bjælke-systemet, kan i uheldige tilfælde have ca. 25 dB mindre luftlydisolation, end når de samles direkte med søjler og bjælker.

I bygninger med bærende søjler og bjælker vil flanketransmissionen både gennem indervægge og gennem ydervægge, hvis bagmur tilsluttes vægge og dæk, i reglen være mindre end bygninger med bærende vægge. Den mindre flanketransmission skyldes især, at søjlers og bjælkers tværmål normalt er større end tykkelserne på vægge og dæk.

Tværgående indervægge i søjle/bjælke-systemer vil som oftest være udfyldninger mellem to søjler, bjælke og dæk eller mellem langsgående indervæg, søjle, bjælke og dæk. Luftlydisolationen i horisontal retning afhænger da primært af væggene og af tætheden ved søjler og bjælker, men dette forudsætter, at der ikke er utætheder i dækkets samlinger med tværbjælkerne og i samlinger mellem søjler og ydervægge.

I samlinger mellem dækplader og tværbjælker vil det som regel være nødvendigt at forsegle fugerne for at opnå tilstrækkelig tæthed. Dette gælder især ved udførelser, hvor en visuel kontrol af fugernes udstøbning ikke er mulig.

Hvis tværbjælkernes tykkelse er større end dækpladernes nødvendige vederlag, bør mertykkelsen udnyttes til at forøge afstanden mellem knastenderne, så



Figur 4.61. Samling mellem betonhulpladedæk og ydervæg med bærende søjle/bjælkekonstruktion i beton. Lodret snit 1:10.

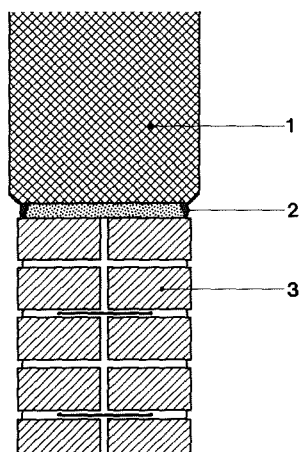
1. Ydervæg.
2. Dæk, 185 mm betonhulplade.
3. Fugeforsegling.
4. Kantbjælke.
5. Tværbjælke.
6. Fugeforsegling.
7. Facadesøjle.
8. Indervæg.

der opnås de bedst mulige udstøbningsbetingelser og dermed også mulighed for mere tætte samlinger.

I samlinger mellem tunge indervægge og bjælker kan tæthed ofte kun opnås ved, at fugerne forsegles.

Upudsede, murede 1-stensvægge udført som to 1/2-stensvægge med bindere kan ikke forventes at have en lydisolations R'_{w} , der overstiger 48 dB, se figur 4.62.

Lette indervægge tilsluttes søjler, bjælker og dæk som beskrevet i afsnittet om indervæg/dæk, tilsluttet, og afsnittet stålskeletvæg/indervæg. Hvor en let ydervæg tilsluttes søjler, kantbjælker og dæk svarende til figur 4.10, 4.13, 4.53 og 4.54, giver samlingerne ikke anledning til væsentlig lydtransmission. Anvendes derimod ophængte ydervægge (curtain walls) forekommer utætheder ved tilslutningen til søjler, dæk, kantbjælker eller tværvægge meget ofte. Derfor skal der stoppes med mineraluld i disse samlinger. Stopningens dybde bør være størst mulig og mindst 200 mm. Fugebredden bør ikke overstige 20 mm, og der bør yderligere forsegles med fugemasse.

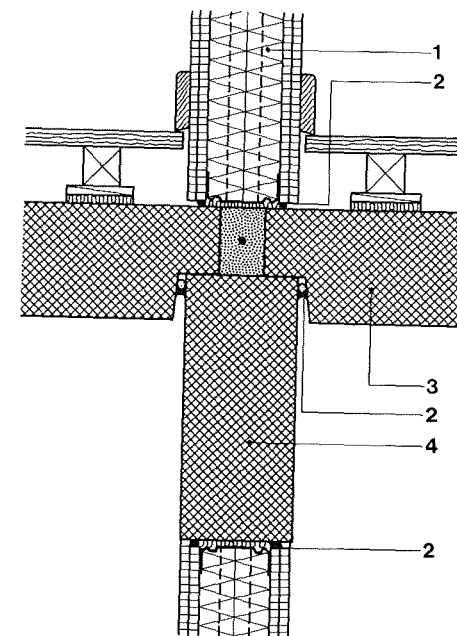


Figur 4.62. Samling mellem murstensvæg og bærende betonbjælke. Lodret snit 1:10.

1. Tværbjælke.
2. Fugeforsegling.
3. Indervæg, $2 \times 1/2$ -sten med bindere.

Hvor der anvendes curtain walls med tætte tilslutninger til vægge og dæk, kan det ikke påregnes, at indervægges lydisolations R'_{w} vil overstige 48 dB.

Lydisolationen kan forøges ved at opsætte lette forsatsvægge som udfyldning mellem facadesøjler og kantbjælker. Herved nedsættes både lydtransmissionen gennem utætheder og flanketransmissionen gennem ydervæggene. Desuden vil forsatsvæggene øge isolationen mod støj udefra.



Figur 4.63. Samling mellem stålskeletvæg og bjælke/dækkonstruktion i beton. Lodret snit 1:10.

1. 145 mm stålskeletvæg.
2. Fugeforsegling.
3. Dæk, 150 mm beton.
4. Tværbjælke.

Indervæg (udfyldningsvæg)	Etageadskillelse med trægulv på strøer				
	Massiv betonplade		Betonhulplade		L.k.betonplade
	150 mm	185 mm	185 mm	220 mm	200 mm
1-sten	52/53	52/55	52/53	52/53	52/53
145 mm dob. stålskelet, 2 x 2 x 13 mm gipsplade	52/53	52/55	52/53	52/53	52/53
230 mm dob. stålskelet, 2 x 2 x 13 mm gipsplade	55/53	55/55	55/53	55/53	52/53

Tabel 4.13. Luftlydisolations R'_{w} , dB for indervægge og tilsluttede etageadskillelser i søjle/bjælke-byggesystemer i beton. Ved opsætning af indervægge på dæk uden for søjle/bjælke-modulet, se tabel 4.7.

De angivne værdier forudsætter, at dæks og vægges samlinger med søjler og bjælker udføres som vist i figurerne 4.62–4.67, og at vægges og etageadskillelsers samlinger med øvrige omgivende bygningsdele er vurderet til samme luftlydisolations.

Værdier foran skråstregen gælder for indervægge og værdier efter skråstregen for etageadskillelser. R'_{w} er angivet ved isolationsværdier.

Søjle/bjælke-systemer i træ

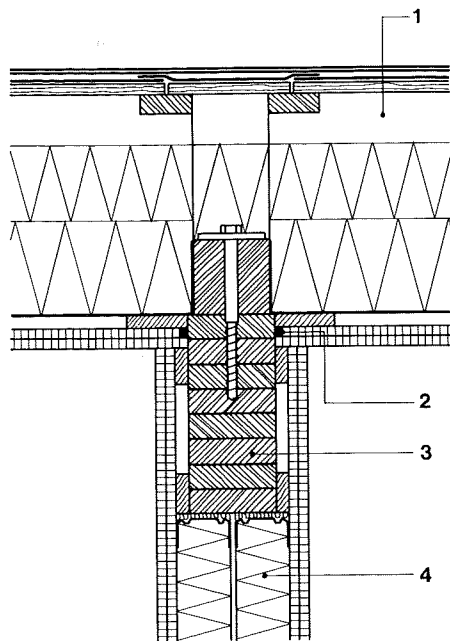
Bygninger i én etage med bærende søjler og bjælker i træ har mindre luftlydisolation end tilsvarende bygninger med søjler og bjælker i beton. Konstruktioner med laminerede søjler og bjælker anvendes ofte i skoler, hvor luftlydisolationen R'_w mellem klasserum horisontalt skal være mindst 48 dB, se figur 4.64-4.66.

Et søjle/bjælke-system i træ skal have trætykkelser på mindst 200 mm, eventuelt kan spinklere søjler og bjælker indklædes. Fx kan anvendes pladebeklædninger til at dække søjler og bjælker på den ene eller på begge sider af indervægge. Hvor der ikke foretages indklædning af søjler og bjælker, må arealerne af de synlige dele af disse ikke overstige 10 pct. af den samlede vægflade.

I samlinger mellem træbjælker og tagkonstruktion forudsættes, at loftsbeklædningen slutter tæt til bjælkesiderne, og at fuger forsegles. Loftsbeklædningen bør bestå af to lag 13 mm gipsplader eller lydteknisk tilsvarende plader.

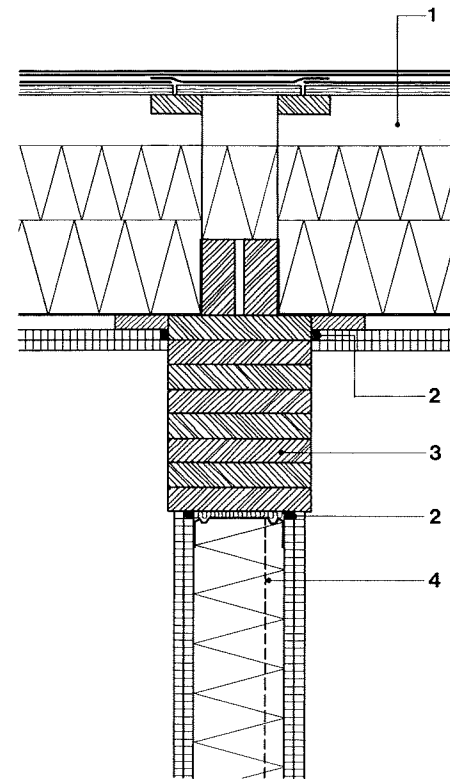
Flanketransmission gennem taget kan nedsætte væggenes luftlydisolation. Samlinger mellem tagelementerne over bjælkerne bør derfor have så få stive forbindelser som muligt.

Samlinger mellem søjler og lette ydervægge udføres som indervægges tilslutning til lette ydervægge, se afsnittet om indervæg/let ydervæg i dette kapitel. I ydervægge skal fugerne på begge sider af en søjle være mindst 100 mm dybe og højst 15 mm brede. De stoppes med mineraluld og forsegles med fugemasse.



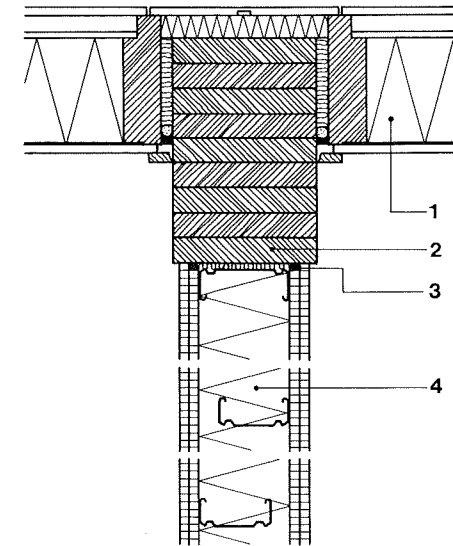
Figur 4.64. Samling mellem dobbelt stålskeletvæg og bjælke/tagkonstruktion i træ med inddækket bjælke. Lodret snit 1:10.

1. Let tagkomponent.
2. Fugeforsegling.
3. Tværbjælke, 115 mm limtræ.
4. 200 mm stålskeletvæg.



Figur 4.65. Samling mellem stålskeletvæg og bjælke/tagkonstruktion i træ med synlig bjælke. Lodret snit 1:10.

1. Let tagkomponent.
2. Fugeforsegling.
3. Tværbjælke, 195 mm limtræ.
4. 170 mm stålskeletvæg.



Figur 4.66. Samling mellem stålskeletvæg og ydervægssøjle i træ. Vandret snit 1:10.

1. Let ydervægskomponent.
2. Søjle, 195 mm limtræ.
3. Fugeforsegling.
4. 170 mm stålskeletvæg.

Dør, vindue/indervæg, ydervæg

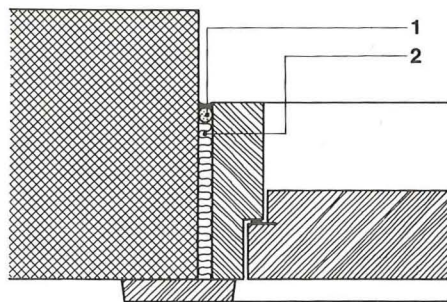
Dør- og vindueskarme kan være støbt sammen med de omgivende vægge, men almindeligvis indsættes karmene som selvstændige komponenter med fuger mod væggene, se figur 4.67 og 4.68.

Fugetykkelsen omkring døre og vinduer skal være mindst 5 mm og bør højst være 15 mm. Fugerne skal stoppes jævnt og tæt med mineraluld, også ved karmundersiden. Stopningsdybden bør ikke være mindre end 80 mm, hvilket svarer til dybde/bredde-forhold på mindst 5. I praksis betyder det en karmdybde på mindst 120 mm. Mindre karmdybde kan modsvares af mindre fugebredde, idet stopningsdybden bør være mindst otte gange fugetykkelsen. Fugen forsegles i én side med fugemasse, der anbringes på et fugeunderlag, et såkaldt bundstop, som danner en adskillelse mellem mineraluldsstopningen og fugemassen. I udvendige døre og vinduer anbringes fugemassen ved indvendig vægside. Udvendigt forsynes fuger med en regnskærm.

I tilfælde, hvor en fugemasse ikke kan påføres ved den indvendige side, kan fugen udføres med tæt mineraluldsstopning og en udvendig regnskærm, fx en mørtelfuge.

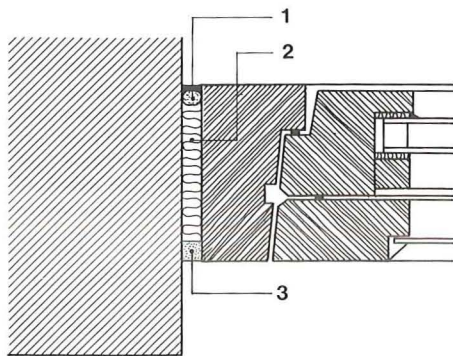
Åbninger i vægge til døre og vinduer kan afvige noget i både højde og bredde fra de karme, som leveres til isætning. Det kan fx være tilfældet, hvor der er begået fejl under opførelsen. Afviger åbningerne for meget, dvs. at fugerne ikke kan holdes mellem 5 og 15 mm, må der foretages en tilpasning af karme eller åbninger.

Under døre mellem boliger og fælles trapperum må trægulve ikke føres ind i dørhullet. Dørkarmene skal anbringes på en betonudstøbning som vist i figur



Figur 4.67. Samling mellem dørkarm og væg. Vandret snit 1:5.

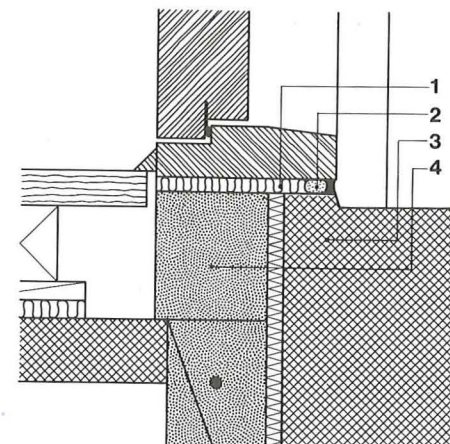
1. Forsegling.
2. Mineraluld.



Figur 4.68. Samling mellem vindueskarm og væg. Vandret snit 1:5.

1. Forsegling.
2. Mineraluld.
3. Vandafvisende overflade.

4.69, hvilket er en betingelse for at dørene kan yde den lydisolationsgaranti som DS-mærkningen garanterer. Fugen mellem karmunderstykket og beton skal være helt udfyldt med mineraluld og skal forsegles med fugemasse. Forseglinger bør så vidt muligt ligge ind mod boligen, hvis trapperummene er uopvarmede.



Figur 4.69. Samling mellem dørkarm og underside i døråbning mod fælles trapperum. Lodret snit 1:5.

1. Mineraluld.
2. Forsegling.
3. Hovedrepose.
4. Betonudstøbning.

Kapitel 5. Isolering mod trinlyd

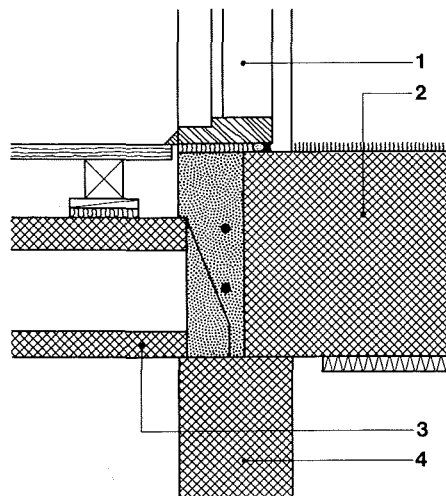
Det kan være vanskeligt at opfylde bygningsreglementernes krav med hensyn til trinlydniveauet, medmindre der træffes særlige foranstaltninger for at reducere transmissionen af trinlyd fra adgangsveje, udendørsarealer og våde rum. Kravene er strengere, når det drejer sig om trinlydniveauet fra terrasser, trapper og altangange, end når der er tale om trinlyd fra altaner og baderum.

Ved oplægning af trappeelementer og altangangsplader er det nødvendigt at anvende metoder, fx svømmende oplægning, som i tilstrækkelig grad forhindrer trinlydens transmission. I modsat fald må der anvendes trinlyddæmpende belægninger. Også på altaner kan trinlyddæmpende belægninger være nødvendige.

I baderum er det næsten altid nødvendigt at foretage trinlyddæmpende foranstaltninger. I sammenbyggede enfamiliehuse, der er adskilt med korrekt udførte dobbeltvægge, er transmissionen af trinlyd dog så ringe, at betongulve med hårde belægninger kan anvendes uden underlag af lydisolierende materiale.

Trapper

Erfaringerne viser, at trapper i mange tilfælde ikke udføres med tilstrækkelig hensyntagen til de lydæssige forhold. Ofte projekteres med konstruktioner, som er vanskelige at udføre lydteknisk korrekt, fx kan der være foreskrevet el-



Figur 5.1. Samling mellem væg i trappehus/indstøbt repos/og entrédør. Lodret snit 1:10.

1. Entrédør.
2. Hovedrepos med lydæmpende belægning.
3. Dæk, 185 mm betonhulplade.
4. Væg i trappehus, 150 mm beton.

stiske materialer, som er uegnede til formålet, eller arbejdsudførelser, som ikke kan forventes gennemførte. Hertil kommer ofte, at et effektivt eftersyn af det færdige arbejde er umuligt.

Tilsyneladende ubetydelige fejl kan forårsage et for højt trinlydniveau fra trapper med svømmende oplægning. Derfor bør der altid foreligge en detaljeret beskrivelse af såvel arbejdsudførelse som materialer.

Indstøbte reposer og trappeløb

I bygninger til beboelses- eller undervisningsformål skal indstøbte reposer og trin forsynes med trinlyddæmpende belægninger, se figur 5.1. Der bør altid foreligge dokumenterede oplysninger om den valgte belægningens trinlyddæmpning og om dens forventede forringelse efter ca. 1 års brug.

Oplægning af svømmende trapper

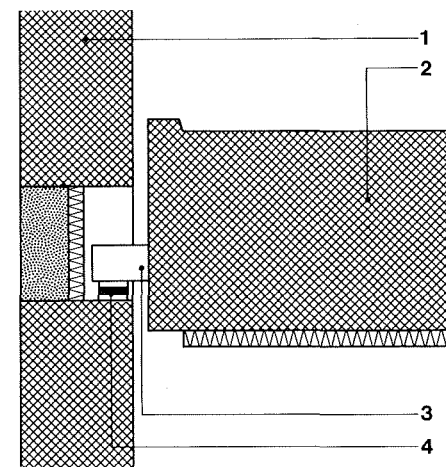
I bygninger til beboelses- og undervisningsformål anvendes oftest betontrapper, hvis reposer og løb er friholdt af trapperummets vægge. Vederlagene kan være forskellige, men mellem reposer og vederlag skal altid anvendes elastiske underlag af et egnet materiale, se figur 5.2-5.4.

Det er nødvendigt at beregne sammentrykningen af de elastiske materialer. Hvis underlagsbrikkerne er for stive, kan det skyldes et uegnet materiale, for tynde brikker eller brikker med for lille omkreds i forhold til arealet. Underlagsbrikkeres tykkelse bør være mindst 8 mm, og materialet bør være specificeret.

For ståldorne er det vigtigt, at lejefodens bundflade har et areal, der svarer til det nødvendige elastiske underlag.

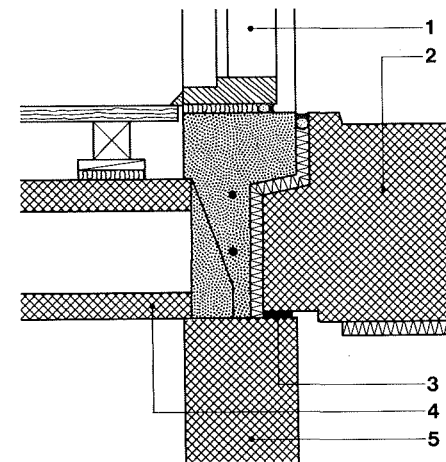
Vederlagene må udformes, så udførelsen bagefter er tilgængelig for eftersyn. Det må sikres, at underlagsbrikker ikke udelades eller erstattes af uelastisk materiale. Ved udstøbning omkring reposer og ståldorne skal anvendes egnet isoleringsmateriale, og arbejdets udførelse skal beskrives nøje.

Reposknaster indklæbes ofte med et lag polystyrenskum, et i praksis uegnet materiale, som let ødelægges eller slås af under transport eller oplægning. Re-



Figur 5.2. Samling mellem væg i trappehus og repos med indstøbt stældorn, som har vederlag på lejeplade med elastisk underlag. Lodret snit 1:10.

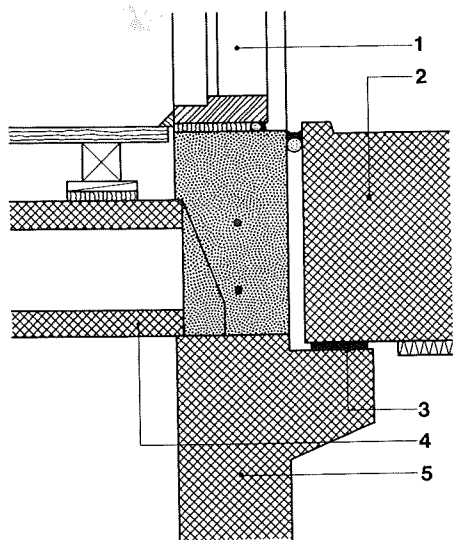
1. Væg i trappehus, 150 mm beton.
2. Mellemrepos.
3. Stældorn.
4. Leje, 10 mm neoprengummi.



Figur 5.3. Samling mellem væg i trappehus og repos med knast, som har vederlag på elastisk underlag, og som er indstøbt uden faste forbindelser til væggen. Lodret snit 1:10.

1. Entrédør.
2. Hovedrepos.
3. Underlag, 10 mm neoprengummi.
4. Dæk, 185 mm betonhulplade.
5. Væg i trappehus, 150 mm beton.

posknaster skal efterses både før og efter oplægningen og beskadiget isoleringsmateriale skal udskiftes eller repareres, også ved knasternes sideflader. Reposknaster må ikke berøre vægge eller konsoller. Materialer med egenskaber som tæppefilt eller nålet geotekstil (begge fremstillet af uorganisk materiale) er lydteknisk set uegnede til indklædning af reposknaster. Tykkelsen bør være mindst 7 mm, der eventuelt kan udføres af flere lag. Anvendes tæppefilt med gummivrang, skal filtsiden vende ind mod knasterne.



Figur 5.4. Samling mellem væg i trappetur og repos, der har vederlag på elastisk underlag, som hviler på konsoller indstøbt i væggen. Lodret snit 1:10.

1. Entrédør.
2. Hovedrepos.
3. Underlag, 10 mm neoprengummi.
4. Dæk, 185 mm betonhulplade.
5. Væg i trappetur, 150 mm beton.

Trappehus uden for bygningskroppen

Selvstændige trappehuse findes oftest i etagebyggeri til beboelsesformål, og de skaber i almindelighed ingen problemer i relation til bygningsreglementernes lydkrav.

Bygningslyd kan dog transmitteres fra trappehus til bygning, og derfor bør forbindelsen mellem disse udføres således, at transmissionen bliver mindst mulig.

Tilsvarende problemer kan forekomme i lavt byggeri med udvendige åbne trapper.

Trapper inde i boligen

Boliger med interne trapper kan forekomme både i etage- og i rækkehusbygninger. Sådanne trapper skal opfylde kravene til trinlydniveau i beboelsesrum. I almindelighed bør trinlydniveauet fra trætrapper være væsentlig lavere, fx 15–20 dB, for at være tilfredsstillende.

Træ-, stål- og betontrapper bør opstilles, henholdsvis oplægges, svømmende på et elastisk, lyddæmpende underlag. Trappeløb og reposer skal udføres uden stive forbindelser til boligadskillende vægge, og opsætning, oplægning og fastgørelse må være beskrevet omhyggeligt.

Betontrapper kan, hvis de forsynes med tilstrækkelig trinlyddæmpende belægninger, fx tæpper, oplægges eller opstilles uden det nævnte elastiske lyddæmpende underlag.

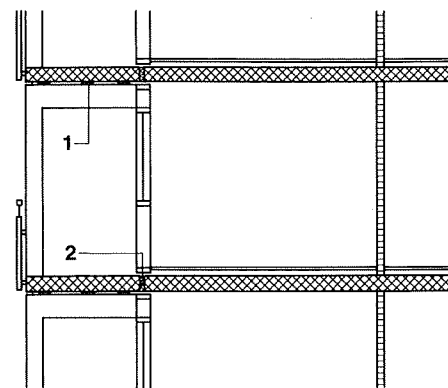
Ståltrappers trin bør altid være oplagt på svingningsdæmpende underlag, forsynet med en trinlyddæmpende belægning eller vibrationsdæmpet på undersiden af selve trinnet.

Altangange, altaner og terrasser

Når altangange eller altaner sammenstøbes helt eller delvis med husets bærende konstruktion, bliver trinlydniveauet fra altanerne for højt i skråt underliggende beboelsesrum, hvis der ikke anvendes trinlyddæmpende belægninger. Disses art og fastgørelse skal specificeres i projektmaterialiet.

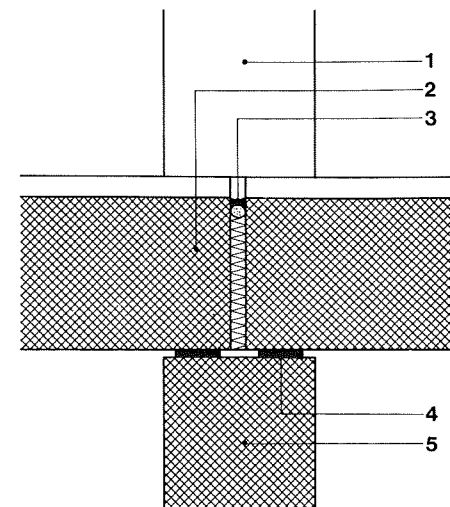
Når altaner lukkes og omdannes fra en åben altan til en udestue, stiger behovet for trinlyddæmpning. Ofte udlignes eksisterende højdeforskelle for boligulv og altangulv med et ristegulv af træ. Anvendes gummimåtter under et sådant gulv, er det normalt tilstrækkeligt lyddæmpende.

Altan- og altangangsplader kan også oplægges svømmende uden stive forbindelser til den bærende konstruktion, se figur 5.5 og 5.6. Underlagsbrikker bør være mindst 8 mm tykke og have en sammentrykning på mindst 10 og højst 15 pct. af tykkelsen. Vederlag skal udformes, så eftersyn af arbejdets udførelse



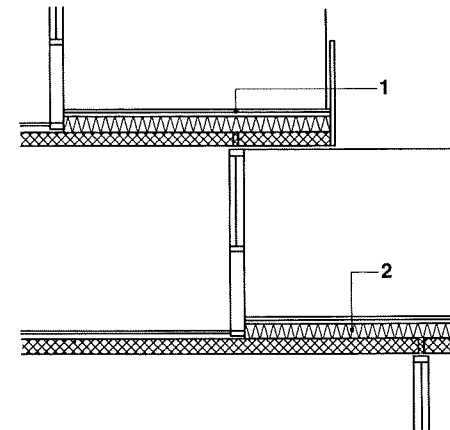
Figur 5.5. Samling mellem dækplade og svømmende altangangsplade. Lodret snit 1:100.

1. Underlag, 10 mm neoprengummi.
2. Lyd- og varmeisolerende fuger.



Figur 5.6. Samling mellem altangangsplader. Lodret snit 1:10. Se også figur 4.54.

1. Søjle.
2. Altangangsplade.
3. Elastisk fuger med forsegling.
4. Underlag, 10 mm neoprengummi.
5. Bjælke.



Figur 5.7. Etagedæk med terrassegulv. Lodret snit 1:100.

1. Svømmende terrassegulv.
2. Varme- og fugtisolerende fuger.

se er muligt, og brikker bør kunne udskiftes. Fugtætning bør ske med fugemasse eller andet egnet materiale, der kan tåle klimapåvirkningerne uden at miste sin elasticitet. Blot en enkelt mørteludfyldning kan skabe en lydbrø.

Gulve på terrasser udføres med varme- og fugtisolering under en trykfordelende plade eller rist, der udgør terrassens slidlag, se figur 5.7. For terrasser i bygninger til beboelses- og undervisningsformål skal trinlydniveauet i underliggende rum opfylde kravene i bygningsreglementerne.

Belægnings på trapper, altangange mv.

I fleretages beboelsesbygninger og i hoteller, kollegier og plejehjem vil trinlyddæmpende belægnings i reglen være nødvendige på ikke-svømmende trapper, fælles gange, altangange og altaner.

Den nødvendige trinlyddæmpning afhænger i det konkrete tilfælde af planløsning og konstruktionsudførelse. Trinlyddæmpningen skal være størst, hvor det drejer sig om at beskytte mod trinlyd i direkte underliggende rum.

Belægnings på trapper og i fælles gange kan være tæppe, vinyl med underlag af filt, kork eller skumplast, linoleum på korkment eller kork. Der bør ved projekteringen gives anvisning på korrekt udlægning.

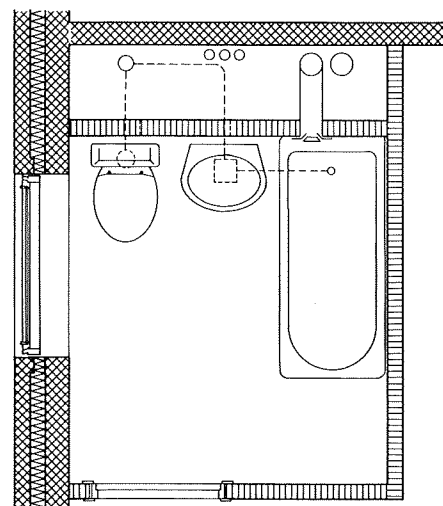
På åbne altangange og altaner skal anvendes belægnings, som er egnede til udendørs brug, fx industribelægnings af gummi, hvoraf der findes flere fabrikater med skridsikker overflade. En større trinlyddæmpning opnås ved brug af en skridsikker belægning på et elastisk underlag.

Belægnings med dybt mønstret underside, som er en forudsætning for den trinlyddæmpende virkning, skal udlægges på tør afretning. Ellers trykkes belægningen ned i afretningslaget, hvorved den mister hovedparten af den trinlyddæmpende virkning.

Det betragtes som en forudsætning, at der foreligger attester for prøvninger, som belyser materialets trinlyddæmpning.

Bade- og wc-rum

For bade- og wc-rum måles trinlydniveauet i reglen i skråt underliggende beboelsesrum, idet der ikke i bygningsreglementerne stilles krav til trinlydniveauet i bade- og wc-rum. Trinlydniveauet i skråt underliggende rum kan imidlertid kun påregnes lavere end i direkte underliggende, såfremt alle vægge mellem de skråt underliggende og det direkte underliggende rum er tunge og sammenstøbte med betondækket.



Figur 5.8. Baderum. Plan 1:50.

Betondæk uden svømmende gulve

Gulve med fliser, terrazzo eller anden hård belægning direkte på afretning og betondæk giver almindeligvis et så højt trinlydniveau i omliggende rum, at de ikke kan anvendes i fleretages beboelsesbygninger eller i hoteller, kollegier, plejehjem og undervisningsbygninger. Når gulve i bade- og wc-rum i beboelsesbygninger mv. er over 2,5 m², og der ikke bruges svømmende oplægning, er det nødvendigt at forsyne dem med trinlyddæmpende belægnings, fx vinyl på skumplast.

I rækkehuse, der er adskilte med korrekt udførte dobbeltvægge, vil hårde gulve umiddelbart kunne anvendes i bade- og wc-rum.

I rækkehuse, der er adskilt med massive vægge, vil hårde gulve i baderum i reglen give for højt trinlydniveau i naboehuse, og sådanne gulve må i princippet betragtes som tilsvarende gulve i fleretages beboelsesbygninger.

Betondæk med svømmende gulve

I bade- og wc-rum benyttes svømmende gulve på tynde isoleringslag, se kapitel 3, afsnittet om svømmende betongulve.

Det er i praksis vanskeligt at udføre svømmende gulve korrekt, og det bør sikres, at den underliggende betonoverflade er nogenlunde plan, og at eventuelle ruheders maksimale variationer i overfladen er væsentlig mindre end isoleringslagets tykkelse. Der bør foreligge en detaljeret beskrivelse af arbejdets udførelse, der bør gives bygningsarbejderne indgående instruktion, og der bør føres udvidet tilsyn.

Installationer i gulvene øger problemerne, og der bør kun bruges installationer, som er specifikt egnede til brug i

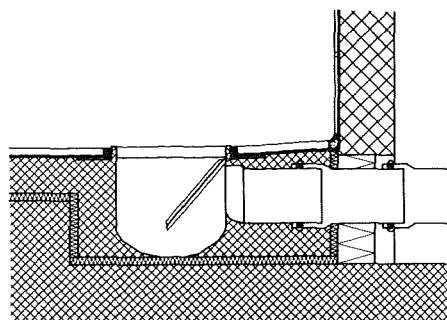
svømmende gulve. I alle tilfælde bør så få installationer som muligt føres gennem gulvet. Figurerne 5.9–5.12 viser detaljer af et svømmende betongulvs tilslutninger til vægge og installationsdele.

For at hindre, at vand fra vådrummet trænger ned i isolationslagene, skal gulvets vandtætte membran forbindes vandtæt til gulv afløb. Den vandtætte membran skal føres op ad væggen og forbindes vandtæt til vandtæt lag på væggen.

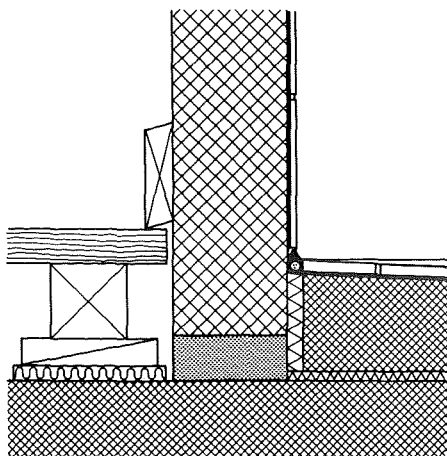
Den vandtætte membran skal være så elastisk, at vandtæthed ikke brydes ved sætning eller svind i komponenterne. Se SBI-anvisning 169: »Gulve og vægge i vådrum – i nye boliger og ved renovering«.

Der bør altid indlægges elastiske samlinger mellem installationskomponenter og afløb, og der skal udspares i dækket til gulv afløbet, så det kan blive tilfredsstillende indstøbt.

I mange tilfælde er en afløbsskål med udløb i siden, der er vist i figur 5.9, ikke en brugbar løsning. Der anvendes i stedet for en afløbsskål med udløb i bunden, men dette kræver en forbindelse mellem afløb og etageadskillelse, der kan give anledning til en lydbrø i det svømmende gulv. For at reducere risikoen herfor bør gennemføringen af afløbsrøret ske gennem et cirkulært hul, hvis centrum ligger så tæt mod væggen som DS 432 tillader, og hvis diameter ikke er væsentlig større end rørets udvendige diameter. Ved rørgennemføringer udføres vandtæthed med vandtætte elastiske rørkraver, der som regel klæbes til rør eller rørbøsning og samles vandtæt til gulvet eller vandtæt til membran i gulvet ved klæbning. Her over skal fugen omkring røret tætnes med fugestopning og elastisk fugemasse. Ved afløbsrør af kunststof bør fugen udstøbes med



Figur 5.9. Udsparing for gulv afløb i dækpladen. Lodret snit 1:10.



Figur 5.10 Samling mellem svømmende gulv og væg i baderum. Lodret snit 1:5.

ekspanderende cementmørtel. Denne metode kan også anvendes ved støberør, mens der ved stålrør bør tætnes med et elastisk materiale, eller gennemføringen bør ske i rørbøsning. Afløbsskålen faststøbes i det svømmende gulv.

Som isoleringslag for det svømmende gulv bør anvendes nålefilt eller nålet geotekstil med en samlet tykkelse, der

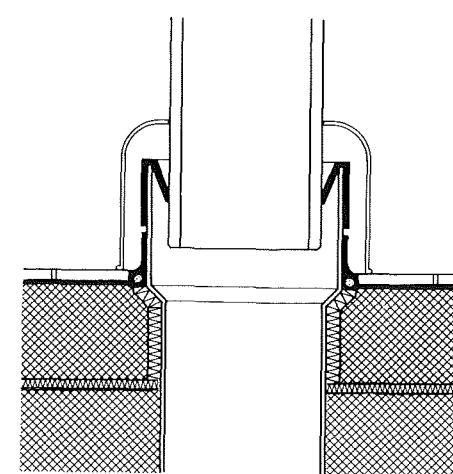
ikke er mindre end 6 mm ved den aktuelle belastning. Underlaget bør før udstøbning overdækkes med en plastfolie, samlinger bør udføres med mindst 100 mm overlæg og tætnes med tape. Der kan fx anvendes nålefilt med opadvendende gummivrang, der erstatter plastfolien. Materialer som mineraluld og polystyrenskum, der i større tykkelser er velegnede som underlag for svømmende gulve, er ikke i de små tykkelser tilstrækkelig robuste over for de påvirkninger, de bliver udsat for ved udlægning og den efterfølgende udstøbning af gulvet. Når svømmende gulve så hyppigt mislykkes i praksis er den væsentligste årsag beskadigelser af isoleringslaget.

Præfabrikerede baderum

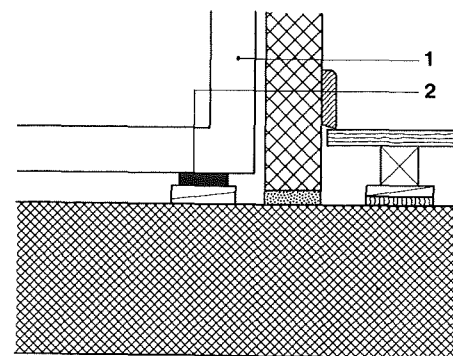
Præfabrikerede bade- og wc-rum, der opstilles på et elastisk underlag af neoprengummi eller lignende materiale, kan normalt opfylde kravene til trinlydniveau i skråt underliggende rum i beboelsesbygninger. Med et uelastisk underlag, fx rester af stålplader, vil der derimod ikke kunne opnås tilstrækkelig god lydisolations.

Præfabrikerede baderum bør udføres med en tilfredsstillende luftlydisolation mellem baderum og omliggende rum i boligen.

Brug af vandinstallationer i over- eller underliggende boliger kan medføre udståring af støj fra vandrør og herved bidrage til støjniveauet i boligen. Derfor må placeringen af installationerne til præfabrikerede bade- og wc-rum nøje overvejes. Hvis installationerne placeres i hulrum mellem kabinevæggen og væggen mod et opholdsrum, må sidstnævnte have en luftlydisolation som sikrer, at støjniveauet ikke overstiger den tilladte grænseværdi.



Figur 5.11. Samling mellem svømmende gulv og afløb fra kloset. Lodret snit 1:5.



Figur 5.12. Samling mellem præfabrikerede baderum og dækplade. Lodret snit 1:10.

1. Baderumsvæg.
2. Underlag, 8 mm neoprengummi.

Afløb

Afløbsanlæg i bygninger er med hensyn til lyd både en lyd giver og en transmissionsvej, som tillige kan have utætheder ved gennemføringer i etageadskillelser. Det må derfor sikres, at tætninger om rør ved gennemføringer er tilstrækkelig tætte. I forbindelse med plastrør bør tætninger mellem dæk og rør være stive, mens de i forbindelse med stålrør og støbejernsrør bør være relativt bløde og elastiske. Det skyldes, at i det ene tilfælde er det en fordel at reducere flanketransmissionen i rørvæggen ved energifledning til dækket, mens det i det andet tilfælde er en fordel at undgå overførsel af lydenergi til bygningskroppen.

Afløbsrør af plast eller af tynd stålplade, der er ført lodret gennem flere etager, kan, på grund af rørstørrelse og rørvæggens ringe lydisolation, være årsag til en lydtransmission, der mærkbart forringer lydisolationen mellem rum, der ligger over hinanden. Dette er kun i ubetydelig grad tilfældet med støbejernsrør.

Støj fra afløbsrør frembringes dels ved vandets bevægelse gennem røret og dets fald mod en rørside ved retningsændring og dimensionsændringen for neden i faldstammen, dels ved vandets bevægelse i rørstrækninger med delvist fyldte tværsnit. I sidstnævnte tilfælde opstår en mængde lyde, der kan karakteriseres som gurglelyde, boblelyde, rislelyde og dryppelyde. Den resulterende lyd kan være ret forskellig både i frekvenssammensætning og styrke, afhængig af de enkelte rørtyper. Generelt er støjniveauet fra afløb lavest ved brug af støbejernsrør og højest ved brug af stålrør. Støjniveauet er ofte så højt, at en inddækning af afløbsrørene er nød-

vendig for at reducere det, herved reduceres samtidig afløbsrørens indvirkning på lydisolationen. Afløbsrør bør aldrig føres gennem opholdsrum uden en lydisolerende inddækning. En effektiv isolering af rør kræver en tæt ydre beklædning fx af gipsplader og hulrummet udfyldt med mineraluld.

Afløbssystemer, der fungerer ved hjælp af penumatik (vakuumbstyret), frembringer på det nuværende stade af anlæggenes udvikling en ganske betydelig støj, og det vil formentlig kræve en væsentlig ændring i byggetraditionen, hvis de skal kunne anvendes i beboelsesejendomme.

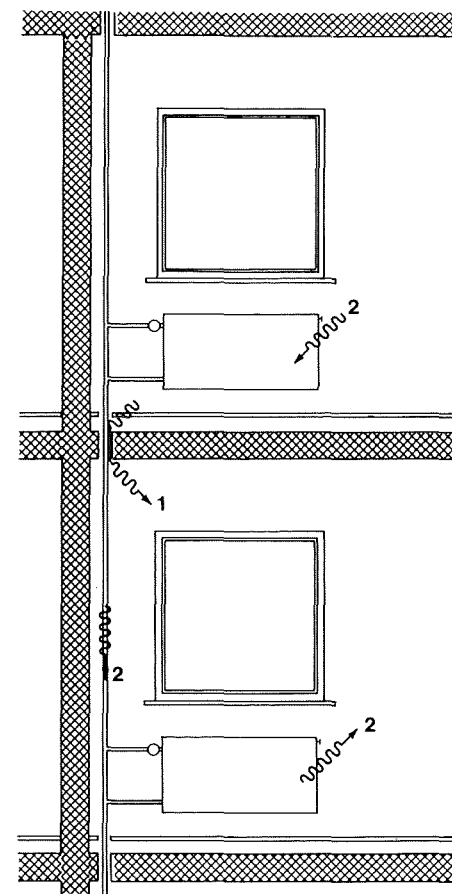
Kapitel 6. Installationer – lydtransmission og støj

En bygnings installationer virker ud over deres hovedfunktion også som transmissionsvej for lydudbredelse. Denne lydtransmission kan i nogle tilfælde være årsag til, at lydisolationen bliver utilfredsstillende mellem boliger. Under drift kan installationer tillige være direkte støj kilder, hvis støjniveauer er omfattet af krav, der er stillet i bygningsreglementerne. En bygnings udformning og konstruktion kan imidlertid indvirke på installationers støjafgivelse, og installationer og bygninger skal derfor betragtes i sammenhæng.

I det følgende omtales installationer som transmissionsveje og den indvirkning, som lydudbredelsen gennem installationerne kan have på lydisolationen.

Radiatoranlæg

Lydtransmissionen gennem radiatorer, rørsystemer og rørgennemføringer ned sætter lydisolationen og ofte i en sådan grad, at den resulterende lydisolation ligger under bygningsreglementernes krav. Foringelsen af lydisolationen afhænger af radiatorstype, radiatorstørrelse, rørsystemets opbygning, rørlængden mellem radiatorerne og rørgennemføringeres tæthed. Valg af radiatorer og projektering af rørføringer bør derfor også ske ud fra akustiske funktionskrav.



Figur 6.1. Lydtransmissionen i et radiatoranlæg. Lodret snit.

1. Transmission via rørgennemføring.
2. Transmission via radiatorer og rør.

Lydtransmission gennem radiatorer og rør

Hvor radiatorer større end ca. $0,8 \text{ m}^2$ monteres i hvert sit rum og forbindes med stålrør, således at rørlængden mellem radiatorernes anboringer er ca. 4 m, vil lydtransmissionen gennem radiatoranlægget ofte sætte den øvre grænse for den opnåelige luftlydisolation. I tabel 6.1 er vist nogle eksempler på dette. Den skønnede luftlydisolation vil, forudsat samme radiatorareal, blive noget mindre end tabellens tal, hvis rummene er mindre end forudsat i eksemplet, og større, hvis rummene er større.

Kravet til luftlydisolation vil i nogle tilfælde være afgørende for, hvilke radiatorarter, der kan anvendes. For radiatorer af samme størrelse kan forskelle i lydtransmissionsegenskaber skyldes forskelle i stivhed. Radiatorarter med stor overfladestivhed, som fx søjlerradiatorer af støbejern og radiatorer af svær jernplade og med kraftige afstivninger, giver ringe lydtransmission i forhold til radiatorer af pladejern med mindre tykkelse og store uafstivede flader. For i øvrigt ens radiatorarter vil luftlydisolationen være større, når der anvendes lange, lave radiatorer, fx $0,3 \times 2,4 \text{ m}$, end når der anvendes en næsten kvadratisk størrelse, fx $0,8 \times 0,9 \text{ m}$.

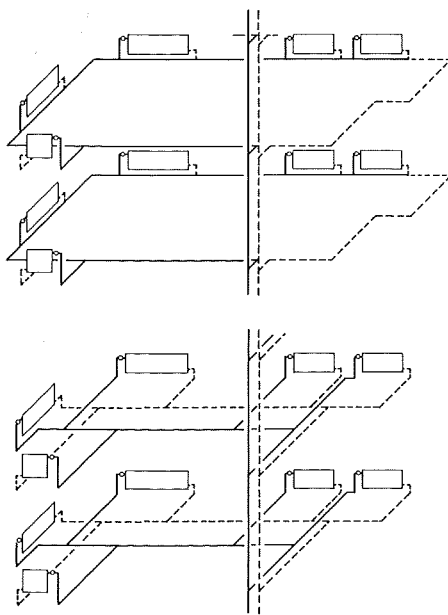
Transmissionen af bygningslyd, fx fra slag mod radiator eller rørsystem, påvirkes ikke væsentligt af radiatorarten. Denne transmission kan mindskes ved at indbygge lydæmpende kompensatorer i rørsystemet.

Rørlængden mellem anboringerne på radiatorer i to rum i hver sin bolig kan øges væsentligt, og lydtransmissionen dæmpes ved at anvende rørsystemer med central stigledning og fordeling i hver etage, se figur 6.2. Med en rørlængde

Radiatorart	R'_w , dB
Konvektor	46 (53)
Enkelt panelradiator	46 (53)
Dobbelt panelradiator	49 (53)
Søjleradiator af pladejern	54 (55)
Søjleradiator af støbejern	55 (55)
Planradiator	55 (55)

Tabel 6.1. Luftlydisolationen mellem to rum over hinanden og adskilt med en fælles etageadskillelse på $10\text{--}15 \text{ m}^2$. Det er en forudsætning, at rummene har radiatorer med størrelse på ca. $0,8 \times 1,0 \text{ m}$ og at radiatorerne er indbyrdes forbundet med en rørlængde på ca. 4 m målt mellem tilsvarende anboringer.

Tallene i parentes angiver luftlydisolationen uden radiatorsystemet.



Figur 6.2. Diagram for radiatoranlæg med central stigledning. Rørlængder mellem anboringer på radiatorer i forskellige boliger vil som oftest være større end 12 m. I sådanne anlæg er der kun to rørgennemføringer i hver etageadskillelse. Antallet af rørgennemføringer i anlæg, hvor fordelingen sker med lodrette strenge, er væsentligt større.

de på 12 m eller derover vil grænsen for luftlydisolationen i rummene hæves nogle dB i forhold til værdierne, som er anført i tabel 6.1.

Lydtransmission i rørgennemføringer

I rørgennemføringer i vægge og etageadskillelser kan der optræde utætheder omkring røret. Varmeisolering af rør sikrer ikke nødvendigvis en god lydisolation. I dobbeltkonstruktioner kan rør desuden sammenkoble de to enkeltkonstruktioner og derved skabe en lydbro. Det kan fx være et svømmende gulv, som sammenkobles med den bærende konstruktion, eller en dobbeltvægs to vægdele, som sammenkobles. Rørgennemføringer udføres normalt gennem bøsninger, hvoraf der findes adskillige typer på markedet, og de fleste kan give tilstrækkelig tætte gennemføringer, såvel i etageadskillelser som i massive vægge. En omhyggelig tætning er en forudsætning for, at rørgennemføringer virker lydteknisk korrekt. Utætheder og lydbroers indvirkning på lydisolationen kan i reglen ikke angives kvantitativt.

Sikring mod gennembrænding ved rørgennemføringer vil normalt kunne indpasses i en lydisolering uden forringelse af denne. Derimod vil rør med varmeisolering næppe kunne føres gennem en bygningsdel, uden at der sker en forringelse af lydisolationen, medmindre varmeisoleringen inddækkes med en tilstrækkelig lydisolerende kappe, som dog skal være afbrudt af en fuge ud for bygningsdelen. Desuden skal der ved gennemføringen tætnes mellem bygningsdelen og varmeisoleringens kappe på en måde, der sikrer en tilstrækkelig lydisolation.

Rørgennemføringer i dobbeltvægge

af tegl, beton eller letbeton vil i almindelighed medføre, at de i kapitel 3 angivne værdier for luftlydisolation ikke opnås.

Rørgennemføringer i svømmende gulve skal udføres med elastiske lag mellem røret og den svømmende plade. Afstanden mellem rør og plade bør være større end 5 mm og mellemrummet udfyldes med mineraluld eller andet blødt materiale med tilsvarende lydæmpende egenskaber.

Støj fra radiatorer og rør

Støj fra radiatorer stammer i det væsentlige fra cirkulationspumper og enkeltmodstande i form af reguleringsventiler, strengventiler mv. I de senere år er støj frembragt af spændinger i rør på grund af temperaturvariationer i radiatoranlæg hyppigere og virker ofte som en væsentlig og stærkt iørefaldende støjkilde, der høres som enkelte eller serier af lydimpulser. Selv om den frembragte lyd normalt har et relativt lavt lydtrykniveau, så opfattes den som særdeles generende. Årsagen til temperaturvariationerne er, at både driftsformen og anlægsudformningen er ændret. Mens varmemediets temperatur på et givet sted i anlægget tidligere var næsten konstant i meget lange driftsperioder, svinger den i mange moderne anlæg med ret korte tidsintervaller mellem forholdsvis store temperaturintervaller, hvorved der med korte mellemrum skabes nye varmespændinger. Virkningen af disse forøges af, at anlæggene generelt udføres med en mindre varmekapacitet dels i rørsystemet, hvor rørene har mindre dimensioner, dels i varmemediet, hvis volumen er væsentlig reduceret.

Støjudstrålingen fra et radiatoranlæg sker hovedsagelig fra selve radiatorerne, hvor tunge, stive radiatorer giver mindre

støjemission end lette, slappe radiatorer. Det vil sige, at en støbejerns radiator alt andet lige har mindre lydudstråling end en panelradiator. Udstrålingsforholdene for de forskellige radiator typer fremgår af tabel 6.1, idet radiatorer med stor lydudstråling også bevirker den største forringelse af lydisoleringen.

Undersøgelser af radiatorventilers støjemission viser, at der under i øvrigt ensartede betingelser kan være betydelig forskel på de enkelte ventiltypers støjfrembringelse, og at støjen fra en ventil vokser med trykfaldet over den.

Der findes i øjeblikket ingen standardiseret metode for måling af støj fra dele af radiatoranlæg og ej heller regler for klassifikation af støj fra komponenter deri.

Vandforsyningsanlæg

Lydtransmissionen i vandforsyningsanlæg adskiller sig ikke principielt fra, hvad der netop er anført i forbindelse med radiatoranlæg, bortset fra, at den energi, som omsættes til lyd, er væsentlig større i vandforsyningsanlæg end i radiatoranlæg. lydtransmissionen i vandforsyningsanlægs lodrette rørføringer har ingen væsentlig betydning for luftlydisolationen mellem boliger, når rørgennemføringer i dæk er korrekt tætnet, men derimod for udbredelsen af installationsstøj.

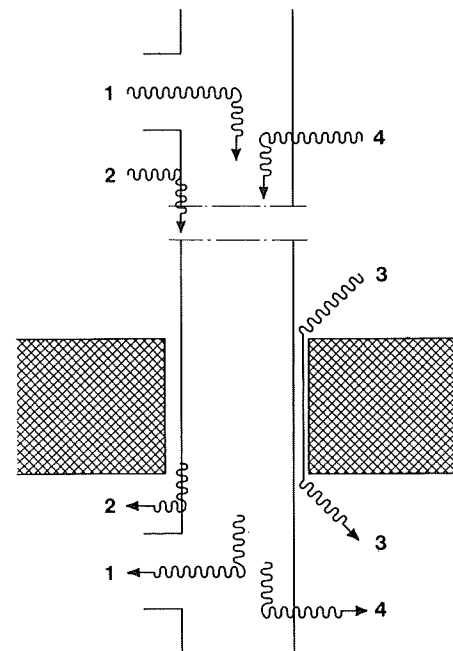
Støj fra vandforsyningsanlæg stammer hovedsagelig fra aftapningsarmaturerne og udstråles i det væsentlige fra de bygningsdele, hvortil rørsystemet er fastgjort. Støjen kan reduceres ved at benytte støjsvage armaturer og i nogle tilfælde også ved at isolere rørsystemet fra bygningen.

Armaturs støjemission måles i en standardiseret prøvestand ved sammenligning med emissionen fra en såkaldt støjnormal. Generelt måles lydtrykkniveauet i seks standardiserede oktavniveauer fra 125–4000 Hz, på grundlag af hvilke det *A*-vægtede lydtrykkniveau beregnes.

Armaturs indeles efter deres *A*-vægtede lydtrykkniveau i tre grupper, således at armaturer med lydtrykkniveau L_{ap} op til 20 dB indplaceres i gruppe 1, mellem 21 og 30 dB i gruppe 2 og større end 30 dB i gruppe 3. I etageboliger bør altid opsættes armaturer, som opfylder betingelserne for placering i gruppe 1. Betegnelsen L_{ap} står for »appliance sound pressure level« i decibel.

Ventilationsanlæg

Lydtransmissionen gennem ventilationskanaler nedsætter almindeligvis luftlydisolationen mellem de rum, som anlægget ventilerer. Projektering og udførelse af kanalerne skal derfor også tilgodese akustiske funktionskrav, hvilket bl.a. vil sige, at der bør være rimelig plads til kanalføringer og til lyddæmpende foranstaltninger.



Figur 6.3. lydtransmissionsveje i ventilationskanaler. Lodret snit.
 1. Via kanal.
 2. Via kanalvæg.
 3. Via kanal gennemføring.
 4. Via kanalvæg, kanal og kanalvæg.

Lydtransmission i ventilationsanlæg

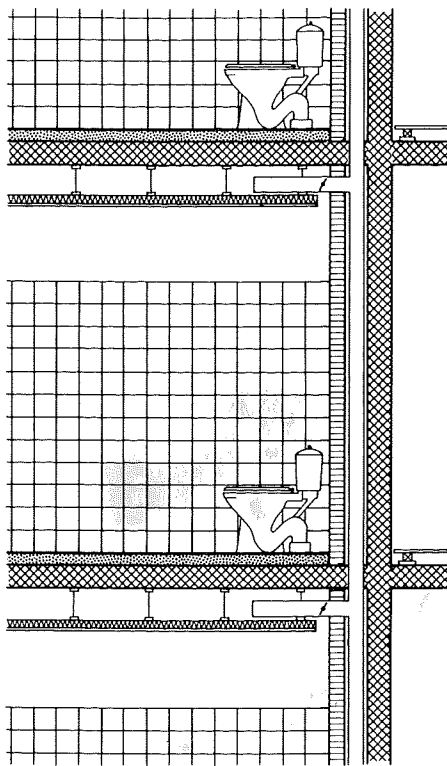
Lydtransmissionen i ventilationskanaler kan ske ad forskellige veje som vist i figur 6.3. Luftlydisolationen bør ikke påvirkes af kanalens tilstedeværelse, hvorfor summen af transmissionsbidragene ikke må overstige transmissionen gennem et dæk- eller vægareal svarende til kanal gennemføringenens tværsnit. For at opnå dette, vil det som regel være nødvendigt at beklæde kanalen med en lydisolierende kappe, at tætne omkring kanal gennemføringen, at indsætte lyd-dæmpende beklædning i kanalen eller at forsyne kanalens åbninger med lyd-dæmpere. Undertiden vil det også være nødvendigt at overskære kanalen og anbringe en elastisk samling i den.

Eventuel brandsikring eller varmeisolering af kanaler kan, såfremt fugen mellem kanal og bygningsdel ikke overstiger 10–20 mm, udføres uden at forringe muligheden for lydisolering.

Naturlig ventilation benyttes i nye bygninger, men kun i småhuse. I etagehuse benyttes mekanisk ventilation, der kan være et rent udsugningssystem, et såkaldt *F*-system, eller et kombineret indblæsnings-/udsugningssystem, et såkaldt *FT*-system.

Ved naturlig ventilation vil der være en separat udsugningskanal fra hvert ventileret rum til det fri. Ved mekanisk ventilation vil der som oftest være en fælles kanal med forbindelse til flere rum, ofte i forskellige boliger, se figur 6.4, og til en ventilator, som suger eller trykker luften ud i det fri.

Hvor der i samme bygning er flere kanaler til separat ventilation af hver bolig forekommer ofte en betydelig lydtransmission mellem de enkelte kanaler via kanalvægge. Når pladekanaler føres gruppevis, bør der isoleres mellem de



Figur 6.4. Ventilationsanlæg med mekanisk udsugning gennem lyddæmpende stikkanaler og en fælles hovedkanal. Lodret snit 1:50.

Støj fra ventilationsanlæg

Støj fra ventilationsanlæg kan, efter den måde støjen frembringes, deles i aerodynamisk og mekanisk støj. Den primære støjkilde er ventilatoren, hvorfra støj udbreder sig både med og mod luftstrømmens retning, fordi lydhastigheden er langt større end luftstrømmens hastighed.

Styrken af den aerodynamiske støj er en funktion af ventilatorens ydelse. Støjens frekvenssammensætning består dels af et såkaldt linespektrum, dels af et bredbåndspektrum. Linespektret er et diskontinuert spektrum, der indeholder en serie enkeltfrekvenser, hvis frembringelse skyldes ventilatorens roterende bevægelse og de deraf frembragte periodiske impulser. Perioden bestemmes af ventilatorens omløbstal og antallet af ventilatorskovle. Bredbåndsspektret er et kontinuert spektrum, der principielt indeholder alle frekvenser, hvis frembringelse skyldes støj fra hvirvler frembragt ved luftens afstrømning fra et fast legeme, eller fra kanter på faste eller bevægelige skovle. Minimum af støj frembringes under optimale aerodynamiske betingelser, hvilket vil sige ved den bedste virkningsgrad.

Lufthastigheden gennem anlægget bør principielt være så lav som mulig, fordi støjen vokser eksponentielt med hastigheden. Især ved indblæsningsarmaturer er det vigtigt, at lufthastigheden er lav, fordi der normalt ikke findes nogen mulighed for lyddæmpning efter indblæsningsarmaturet. Støj fra armaturer afhænger af armaturtypen og trykfaldet over armaturet. Oplysninger herom kan i reglen findes i ventilationsfirmaernes kataloger. Det er muligt at sætte lyddæmpere op mellem ventilatorer og henholdsvis indblæsning- eller

udsugningsarmaturer og indtag eller afkast. Lyddæmpernes størrelse skal afpasses efter ventilatorernes ydeevne og de tilladelige støjniveauer i de ventilerede rum eller på det nærmeste rekreative udendørsareal eller foran vinduer til opholdsrum.

Mekanisk støj frembringes af alle roterende dele. Dårlig afbalancering forøger støjniveauet. Støjkilderne kan i øvrigt være gear, lejer, koblinger og motorer. Støjen udstråles dels fra støjkildernes indkapsling, dels overføres den til bygningen som vibrationer gennem stive forbindelser mellem lydkilde og bygning. Dårlig afbalancering af ventilatorer kan medføre tydeligt hørbare impulspåvirkninger, der overføres fra maskineri til bygningen og udstråles som støj i omliggende rum. Det er derfor vigtigt, at ventilatorer opstilles korrekt på svingningsdæmpere og på solidt underlag. Ventilatorer, der fastgøres til underlag, som ikke er tilstrækkelig stive, fx en tagkonstruktion af træ, vil ofte give anledning til gener i underliggende rum i form af lavfrekvent støj og vibrationer.

Støj fra andre anlæg

Ethvert maskinelt anlæg vil frembringe støj. Nogle anlæg foranlediger meget høje støjniveauer, fx renovationsanlæg og centrale fyringsanlæg. Andre anlæg giver lavere støjniveauer, men kan alligevel være generende, fx mindre fyringsanlæg og varmegenvindingsanlæg.

De større anlægs støjemission vil i reglen være underlagt miljølovens bestemmelser, medens støj fra mindre anlæg i det væsentlige er underlagt bestemmelserne i bygningsreglementerne.

I boliger skal fyringsanlæg indrettes således, at støjniveauet L_{Aeq} ikke overstiger 35 dB i opholdsrum. Det er derfor ofte nødvendigt både at vælge støjsvage fyringsanlæg og at placere dem således, at lydisoleringen mellem opholdsrum og fyrrum kan blive tilstrækkelig stor.

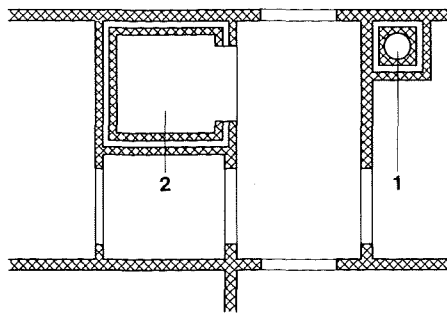
I varmegenvindingsanlæg skal ventilatorer, kompressorer mv. anbringes således, at støjniveauet L_{Aeq} ikke overstiger 35 dB i opholdsrum eller 40 dB på rekreative arealer. Det vil i praksis sige, at det frembragte lydtryk niveau L_{Aeq} udendørs ikke bør overstige 40 dB i 2,5 meters afstand fra anlægget. Herved sikres i de fleste tilfælde en tilstrækkelig dæmpning af støjen ikke blot i forhold til bygningens beboere (kravene i bygningsreglementerne), men også i forhold til beboerne i nabobygninger (kravene i Miljøministeriets bekendtgørelse nr. 68).

Elevatorer og affaldsskakte

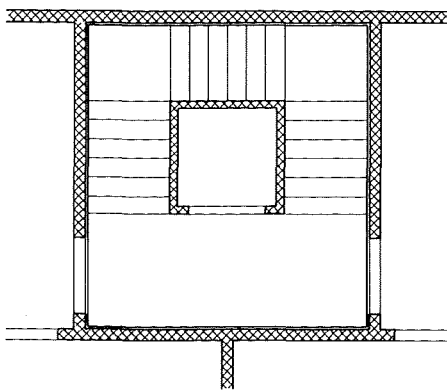
Det kan være vanskeligt allerede på projekteringsstidspunktet at forudsige støjniveauet fra elevatorer og affaldsskakte. Årsagen til, at disse installationer i mange tilfælde føles generende for beboerne i etagehuse, ligger som regel i en uheldig placering umiddelbart op mod beboelsesrum. Ofte er en eller flere af skaktens vægside fælles med boliger, og den mekaniske adskillelse mellem elevatorers køreskinner og boligernes vægge er utilstrækkelig. I sådanne tilfælde vil støjniveauet i de tilstødende beboelsesrum ikke kunne forventes at ligge under grænsen for det tilladelige støjniveau frembragt af tekniske installationer. Denne grænse, der normalt er 35 dB, er angivet i bygningsreglementerne, men da støjen i de her omhandlede tilfælde i væsentlig grad består af impulser, skal det tilladelige støjniveau L_{Aeq} reduceres til 30 dB.

For at opnå god sikring mod støj fra elevatorer og affaldsskakte bør skakterne principielt udføres lydmæssigt adskilt fra bygningen. Det kan gøres ved at udføre skaktvæggene som dobbeltkonstruktioner eller ved at placere skakterne i trapperum uden stive forbindelser til trappevæggene, se figur 6.5 og 6.6.

Elevatormaskineri og elevatorophæng skal vibrationsisoleres fra bygningskonstruktionen.



Figur 6.5. Affaldsskakt (1) og elevatorskakt (2) udført som selvstændig skaktkonstruktion i en normal skakt. Plan 1:100.



Figur 6.6. Elevatorskakt i et trapperum. Plan 1:100.

El- og antenneinstallationer

Lydtransmissionen gennem el-, antenne- og telefoninstallationer må ikke give anledning til formindskelse af lydisolationen. De må derfor først og fremmest udføres, så der ikke opstår utætheder omkring dem.

Udsparinger til el-installationer bør kun i begrænset omfang indlægges i adskillende vægge mellem rum, hvortil der i bygningsreglementerne stilles krav om en luftlydisolation R'_{w} på 48 dB eller derover.

I dobbeltvægge må ledningsgennemføringer ikke kunne danne stive forbindelser mellem de to vægdele. Udtag fra el-, antenne- og telefoninstallationer i dobbelte vægge må ikke placeres lige ud for hinanden på de to vægside, men bør forsættes mindst 0,6 m i vandret eller lodret retning. I dobbeltvægge, hvor der tilstræbes en luftlydisolation R'_{w} på 55 dB eller derover, må rørgennemføringer ikke forekomme.

Kapitel 7. Efterklangstid

Den optimale efterklangstid for et rum afhænger af dets anvendelse. Musikrum bør fx have længere efterklangstid end foredragsrum. Den optimale efterklangstid for musikrum afhænger også af musikkens art, fx kræves en længere efterklangstid for kirkemusik end for kammermusik. Planlægningen af efterklangstiden i musikrum og andre rum med skiftende anvendelse vil derfor altid være et kompromis mellem flere forskellige hensyn.

Der stilles i bygningsreglementerne krav til efterklangstiden i trapperum, fællesgange og undervisningsrum, hvorfor der her må foretages lyd-dæmpning og lydregulering.

Lyddæmpningen af trapperum og fællesgange har til formål at formindske støjniveauet i disse rum, mens lydreguleringen i undervisningsrum har til formål at skabe gode tale- og lytteforhold for såvel taler som tilhører. Tale bør have samme lydstyrke over hele rummet, og de enkelte ord skal kunne høres tydeligt og distinkt, dvs. at ord eller stavelser ikke må flyde sammen.

En lydregulering vil sige tilvejebringelsen af en efterklangstid med et forud fastlagt frekvensforløb ved hjælp af diverse beklædninger kombineret med gulv- og vægoverflader samt inventar. Ofte tilstræbes et frekvensafhængigt forløb for efterklangstiden.

Der bør foretages en beregning af efterklangstiden både i trapperum, fælles-

gange og undervisningsrum, og den beregnede efterklangstid bør kontrolleres ved måling af efterklangstiden i et passende antal rum.

Trapperum og fællesgange

I *trapperum* må efterklangstidens gennemsnitsværdi i frekvensområdet 500–3150 Hz ikke overstige 1,3 sekund. Trapperum lyddæmpes ved at beklæde trapperumsloft og reposundersider med lydabsorberende materialer, som fastgøres direkte mod konstruktionen eller nedhænges, se figur 7.1.

Beklædningen skal kunne tåle rengøring og vedligeholdelse uden at lydabsorptionen nedsættes. Materialets lydabsorptionskoefficient skal være mindst 0,5 i det nævnte frekvensområde.

Eksempler på beklædninger i trapperum:

1. Akustikplader af mineraluld, tykkelse ≥ 15 mm, på loft og reposundersider.
2. Perforeret plade under 25 mm mineraluld, hulprocent ≥ 12 , pladetykkelse ≤ 9 mm, på loft og reposundersider.
3. Træbeton, tykkelse 50 mm, på loft og reposundersider.

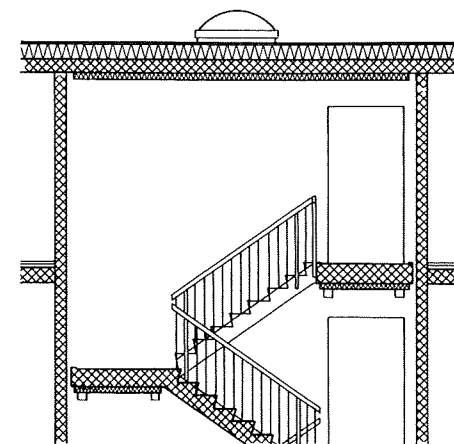
4. Loft beklædes som nævnt under punkt 1, 2 eller 3. På trappeløb og reposer udlægges tæppebelægning med en lydabsorptionskoefficient på mindst 0,1 i frekvensområdet 500–3150 Hz.

I *fællesgange* må efterklangstidens gennemsnitsværdi i frekvensområdet 500–3150 Hz ikke overstige 0,9 sekund. Sådanne gange lyddæmpes ved at beklæde lofterne, og beklædningerne skal kunne tåle rengøring og vedligeholdelse uden at lydabsorptionen nedsættes.

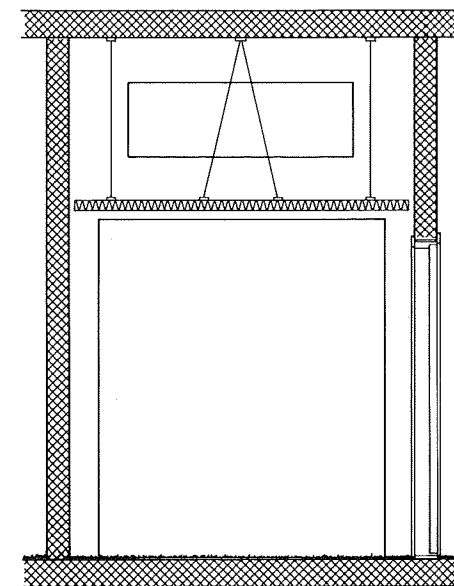
Beklædninger bør nedhænges mindst 100 mm, de skal dække mindst 90 pct. af loftsarealet og have en lydabsorptionskoefficient på mindst 0,5 i det nævnte frekvensområde, se figur 7.2.

Eksempler på beklædninger i fællesgange:

1. Akustikplader af mineraluld, tykkelse ≥ 15 mm, på lofter.
2. Perforeret plade under 25 mm mineraluld, hulprocent ≥ 12 , pladetykkelse ≤ 9 mm, på lofter.
3. Lofter beklædes som nævnt under punkt 1 eller 2 på mindst 70 pct. af arealet. På gulve udlægges tæppebelægning med en lydabsorptionskoefficient på mindst 0,1 i frekvensområdet 500–3150 Hz.



Figur 7.1. Trapperum med lydabsorberende materiale på loftets underside. Det er nødvendigt herudover at have lydabsorberende materiale på reposundersiderne eller tæppebelægning på reposer og trin. Lodret snit 1:100



Figur 7.2. Nedhængt loft af lydabsorberende materiale i fællesgang. Lodret snit 1:50.

Undervisningsrum

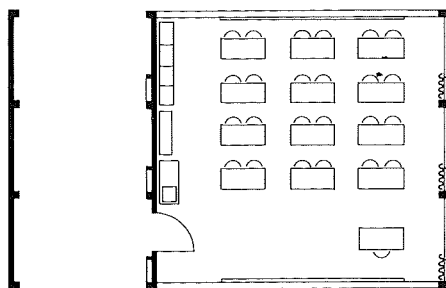
I BR-82 stilles krav til efterklangstiden i møblerede undervisningsrum. Tilfredsstillende lydabsorptionsforhold kan opnås med en række forskellige sammensætninger af lydabsorberende beklædninger.

Der er ikke enighed om, hvad der bør forstås ved en tilfredsstillende efterklangstid, fx om en kort efterklangstid på ca. 0,5 sekund er ønskelig eller om en lang efterklangstid på ca. 0,9 sekund er bedre. Generelt vil en kort efterklangstid være fordelagtig i rum til fx sprogundervisning, mens en noget længere efterklangstid tilstræbes i rum, hvor sang og musik udgør en væsentlig del af undervisningen.

Klasserum

I klasserum må efterklangstidens gennemsnitsværdi i frekvensområdet 125–2000 Hz ikke overstige 0,9 sekund. Afvigelser fra gennemsnitsværdien bør ikke overstige 0,2 sekund.

Figur 7.3 viser et møbleret klasserum, hvor de neden for nævnte eksempler på loftsbeklædninger, der skal dække hele loftsarealet og nedhænges mindst 0,25 m, forventes at ville opfylde kravene i BR-82. Men en helt tilfredsstillende efterklangstid for det enkelte rum vil kræve en beregning, der i reglen vil føre til, at beklædningens absorption ikke skal være den samme over hele loftet. Gardiner må ikke undlades i tillid til, at loftsbeklædningen løser de akustiske problemer, idet gardinerne medvirker til en mere ensartet fordeling af lydabsorptionen.



Figur 7.3. Klasserum med volumen ca. 175 m³. Absorptionsbeklædning på loft. Inventar: Skrivetavle, opslagstavle af blød træfiberplade eller af mineraluld med udspændt hessian, skabe, borde og stole, gardiner. Gulv af beton med tynd trinlyddæmpende belægning. Plan 1:200.

Eksempler på beklædninger i klasserum:

1. Akustikplader af mineraluld, tykkelse ≥ 25 mm.
2. Perforeret plade under 25 mm mineraluld, hulprocent ≥ 12 , pladetykkelse ≤ 9 mm.

Klasserum til særundervisning

I rum til særundervisning må efterklangstidens gennemsnitsværdi i frekvensområdet 125–2000 Hz ikke overstige 0,6 sekund. Afvigelser fra gennemsnitsværdien bør ikke overstige 0,2 sekund.

Figur 7.4 viser et møbleret klasserum til særundervisning.

Til lydregulering kan fx anvendes de ovenfor nævnte absorptionsbeklædninger på hele loftsarealet. Beklædningerne skal nedhænges mindst 0,25 m. Når der anvendes beklædningstype 2 på loftet, vil det tillige være nødvendigt at beklæde en tværvæg. Hertil kan fx anvendes beklædningstype 2 opsat på 25 mm lister.

Undervisningsområder – åben plan

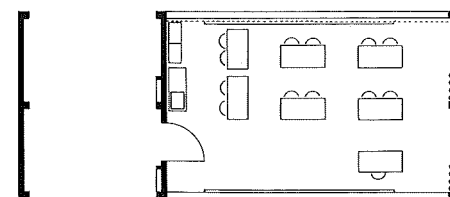
I undervisningsområder, dvs. større rum til samtidig undervisning af flere elevgrupper, skal der opsættes lydabsorberende materialer på et så stort areal af loft, vægge og gulv, at gennemsnitsværdien for det ækvivalente lydabsorptionsareal A i frekvensområdet 125–2000 Hz er mindst 0,9 gange gulvarealet. Afvigelser fra gennemsnitsværdien bør ikke i noget frekvensinterval overstige 0,2 gange gulvarealet. Dette kan eftervises ved beregning eller ved måling kombineret med beregning. Kravene gælder for møblerede undervisningsrum, hvor der i beregningerne indgår enkeltabsorbenter såsom møbler, skærmvægge mv. Beregningerne udføres pr. oktav, dvs. ved frekvenserne 125, 250, 500, 1000 og 2000 Hz. Vedrørende beregning af rumakustik henvises til SBI-anvisning 137: »Rumakustik«.

Rumhøjden i undervisningsrum vil normalt være den samme overalt, og kravet bliver derfor i praksis en efterklangstid på mellem 0,5 og 0,6 sekund, med en tilladt afvigelse på ca. 0,2 sekund. Når der ikke i BR-82 direkte er angivet tal for efterklangstiden, skyldes det, at en rimelig nøjagtig måling heraf er særdeles vanskelig at udføre.

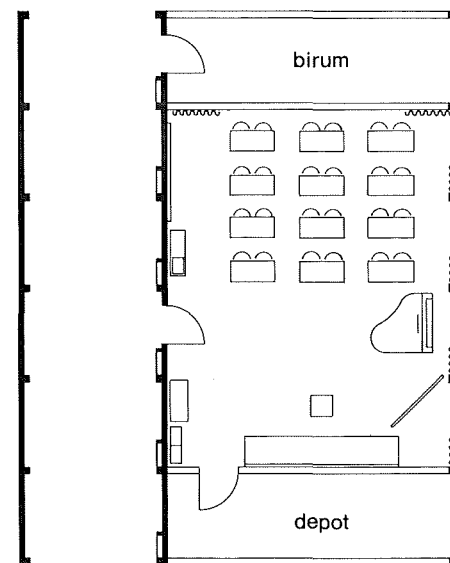
Det vil ikke være muligt at skabe lige så gode lydtekniske betingelser for undervisning i åbne områder som i adskilte rum. Det tilrådes at søge sagkyndig bistand ved planlægningen af lydforholdene i undervisningsområder.

Sang- og musikrum

I BR-82 stilles ikke krav til efterklangstiden i sang- og musikrum. Figur 7.5 viser et eksempel på lydregulering, som giver mulighed for nogen individuel



Figur 7.4. Klasserum til særundervisning med volumen ca. 115 m³. Absorptionsbeklædning på loft og tværvæg. Inventar: Skrivetavle, opslagstavle af blød træfiberplade eller af mineraluld med udspændt hessian, skabe, borde og stole, gardiner. Gulv af beton med tynd trinlyddæmpende belægning. Plan 1:200.



Figur 7.5. Sang- og musikrum med volumen ca. 215 m³. Absorptionsbeklædning på loft. Inventar: Skrivetavle, opslagstavle af blød træfiberplade eller af mineraluld med udspændt hessian, skabe, borde og stole, gardiner ved ydervæg og ved væg mod birum. Svømmende betongulv med linoleum. Plan 1:200.

tilpasning af efterklangstiden efter rummets brug. Mellem 1000 og 2000 Hz kan efterklangstiden for det tomme rum varieres ca. 0,4 sekund ved hjælp af gardinerne.

Der bør være gardiner af tekstiler ved ydervæg og væg mod birum. Gardinarealet skal kunne varieres til maksimum 45 m². Loftet forsynes med en beklædning, hvor 80 pct. af fladerne er upeforerede og 20 pct. perforerede. Pladernes hulprocent skal være større end 12 og pladetykkelsen højst 9 mm. Pladebeklædningen skal nedhænges ca. 100 mm og have 25 mm mineraluldsindlæg. Perforerede plader med tyk plastfolie på bagsiden kan erstatte upeforerede plader.

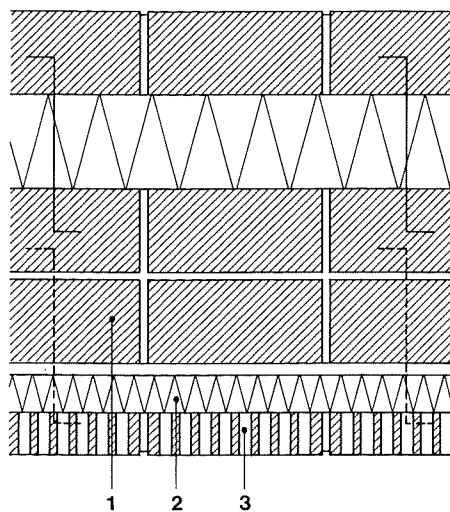
Der bør ikke tilføres rummet større mængder absorptionsmateriale end angivet.

Gymnastiksale og svømmehaller

De krav, der stilles i BR-82 til efterklangstiden i gymnastiksale og svømmehaller, gælder for normale størrelser af sådanne bygninger, men ikke for idrætshaller og større svømmehaller. Men generelt bør efterklangstidens gennemsnitsværdi i frekvensområdet 125–2000 Hz dog ikke overstige 2,0 sekunder i idrætshaller og 2,5 sekunder i svømmehaller.

I gymnastiksale med mindre volumen end 3500 m³ må efterklangstidens gennemsnitsværdi i frekvensområdet 125–2000 Hz ikke overstige 1,6 sekund, og afvigelser fra gennemsnitsværdien bør ikke overstige 0,3 sekund.

På grund af væg- og loftsmonterede gymnastikredskaber i gymnastiksale er det i praksis vanskeligt at opnå en ligelig fordeling af det lydabsorberende materiale. I reglen monteres der kun absorp-

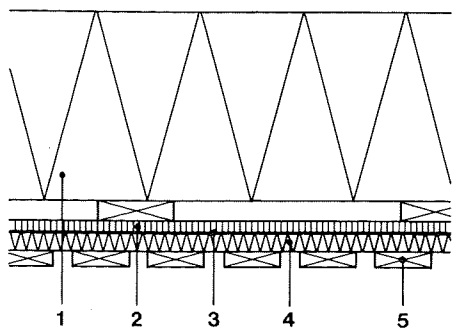


Figur 7.6. Absorptionsbeklædning på ydervæg i svømmehal. Vandret snit 1:10.

1. Bagmur, 1-sten, asfalteret på inderside.
2. 50 mm mineraluld.
3. Hultegl på kant, hulprocent ≥ 20 .

Skønnet absorption:

Frekvens, Hz	125	250	500	1000	2000
Lydabsorption	0,30	0,50	0,40	0,40	0,40



Figur 7.7. Absorptionsbeklædning under loft i svømmehal. Lodret snit 1:10.

1. Varmeisolering.
2. 13 mm gipsplade.
3. Dampspærre.
4. 30 mm mineraluld.
5. Træbeklædning 25 x 75 mm, c/c 100 mm.

Skønnet absorption:

Frekvens, Hz	125	250	500	1000	2000
Lydabsorption	0,35	0,50	0,60	0,60	0,45

tionsmateriale på loftsfladen, hvilket ofte giver utilfredsstillende akustiske forhold. I princippet bør absorberende materialer opsættes både på loftet og på dele af to ikke-parallele vægflader. Loftsbeklædningerne kan være som angivet i de følgende eksempler og skal dække mindst 90 pct. af loftsarealet samt være nedhængt mindst 0,25 m.

Eksempler på beklædninger i gymnastiksale:

1. Panel af brædder eller metalprofiler under 75 mm mineraluld. Bredde på brædder eller metalprofiler ≤ 100 mm. Spaltebredde, dvs. afstand mellem brædder eller metalprofiler ≥ 25 mm.
2. Perforeret plade under 75 mm mineraluld, hulprocent ≥ 15 , tykkelse ≤ 6 mm.

For at opnå tilfredsstillende lydforhold i idrætshaller bør mindst to ikke-parallele vægge beklædes delvis med et materiale, som skal have en rimelig stor lydabsorptionskoefficient, dvs. mindst 0,6 over et bredt frekvensområde. Hårde, ubeklædte vægge kan fremkalde kraftige, gentagne refleksioner mellem væggene, såkaldte flutterekko, et fænomen som kan gøre tale vanskeligt forståelig.

I svømmehaller med mindre volumen end 1500 m³ må efterklangstidens gennemsnitsværdi i frekvensområdet 125–2000 Hz ikke overstige 2,0 sekunder. Afvigelser fra gennemsnitsværdien bør ikke overstige 0,3 sekund.

I svømmehaller vil det, som i gymnastiksale og idrætshaller, almindeligvis være nødvendigt at udføre lydabsorberende beklædning på to ikke-parallele vægge. Hertil kan anvendes hultegl på kant opsat foran mineraluld, se figur

7.6. Som loftsbeklædning kan anvendes den konstruktion, der er vist i figur 7.7.

Den akustiske beklædning skal kunne tåle stor fugtighed uden at miste lydabsorptionsevnen og uden at give anledning til fugtskader.

De viste væg- og loftsbeklædninger kan også anvendes i gymnastiksale. Gipsplader i loftsbeklædningen tjener som underlag for dampspærren. I gymnastiksale, hvor fugt- og kondensproblemerne er mindre end i svømmehaller, vil en normal udførelse af dampspærren være tilstrækkelig.

Daginstitutioner

I daginstitutioners opholdsrum må efterklangstidens gennemsnitsværdi i frekvensområdet 125–2000 Hz ikke overstige 0,6 sekund.

Dette kan opnås ved at beklæde loftet og den øvre del af væggene med lydabsorberende materiale. Materialet bør være robust over for stød og slag, og bør have en lydabsorptionskoefficient på mindst 0,6 i ovennævnte frekvensområde samt være nedhængt mindst 150 mm.

Eksempel på beklædning i daginstitution:

Under loft: Perforeret plade under 50 mm mineraluld, hulprocent ≥ 12 , tykkelse ≤ 9 mm.

På øvre vægdel: Perforeret plade foran 25 mm mineraluld, hulprocent ≥ 12 , tykkelse ≤ 9 mm.

Arbejdsrum

I arbejdsrum vil det af hensyn til støjforholdene i rummene være en fordel at udføre overfladerne med størst mulig lydabsorption. Det almene støjniveau reduceres herved til et niveau, der er egnet som udgangspunkt for en individuel lydisolering og lydregulering ved de enkelte arbejdspladser.

Kontorrum

Efterklangstidens gennemsnitsværdi i frekvensområdet 125–2000 Hz bør ikke overstige 0,6 sekund, og afvigelse fra gennemsnitsværdien bør ikke være større end (+ 0,2) sekund. Dette vil være opfyldt i de fleste mindre kontorer uden nogen egentlig lydabsorption, når blot kontoret har et tilstrækkeligt hyldeareal med bøger, mapper osv. Er dette ikke tilfældet, bør loftet have en absorptionskoefficient større end 0,6 sekund for frekvensområdet 250–2000 Hz.

I større rum med gulvareal under 300 m³ vil det i reglen ud over møbleringen være nødvendigt med en lydabsorberende loftsbeklædning med lydabsorptionskoefficient større end 0,8 i frekvensområdet 250–2000 Hz. I kontorlandskaber bør det ækvivalente lydabsorptionsareal A beregnet i oktavbåndene 125, 250, 500, 1000 og 2000 Hz have en gennemsnitsværdi, der ikke er mindre end 0,9 gange gulvarealet. Afvigelse fra gennemsnitsværdien bør ikke i noget frekvensinterval være mere end (-0,2) gange gulvarealet.

Produktionsrum

Produktionsrum har ofte ret store rumhøjder, hvilket kan gøre dæmpning af støj i et mindre område af rummet ved

hjælp af en afskærmning med lydabsorberende flader til en ret vanskelig opgave. Det skyldes, at fladerne dels skal anbringes tæt ved de støjfrembringende maskiner, dels tilsammen danne en slags labyrint med lydabsorberende vægge, som den udstrålede lyd tvinges til at ramme så mange gange som muligt på sin vej ud i lokalet. Hvis det er muligt at indkapsle maskiner i selvstændige rum med tilstrækkeligt lydisolerede begrænsningsflader og forsyne alle nødvendige åbninger med tilstrækkelig lyd-dæmpning, er det den mest effektive løsning.

Efterklangstiden i rum med ens middelabsorptionskoefficienter, dvs. det ækvivalente absorptionsareal A divideret med rummets samlede overfladeareal ΣS , er stort set proportional med den tredje rod af rumvolumet. Matematisk betyder dette, at efterklangstiden t kan afbildes som en ret linie i et koordinatsystem, hvor absцisseaksen udføres af logaritmen til rumvolumenet V .

Tages udgangspunkt i at efterklangstidens gennemsnitsværdi ikke bør overstige 0,8 sekund i rum på 200 m³ og 1,3 sekund i et rum på 1000 m³ samt at afvigelserne fra gennemsnitsværdien ikke bør være større end henholdsvis (+0,2) sekund og (+ 0,3) sekund, kan den øvre værdi for efterklangstidens gennemsnitsværdi t_V i et rum med volumen V bestemmes af:

$$t_V = 0,72 \log V - 0,85 \text{ (s)} \quad (7.1)$$

og den maksimale negative afvigelse fra gennemsnitsværdien Δt_V af:

$$\Delta t_V = 0,14 \log V - 0,13 \text{ (s)} \quad (7.2)$$

For et rum på 10000 m³ findes af (7.1) og (7.2) $t = 2,0$ s og $\Delta t = 0,4$ s. Det er

imidlertid ikke hensigtsmæssigt at måle efterklangstiden i så store rum. Ved beregning er det mere praktisk at knytte efterklangstiden til gennemsnitsværdien af det ækvivalente lydabsorptionsareal A i frekvensområdet 125–2000 Hz. Efterklangstiden t eller T udtrykkes generelt ved:

$$t = 0,16 V/A \text{ (s)} \quad (7.3)$$

hvor V er rummets volumen og A det ækvivalente lydabsorptionsareal. Indsættes for et givet rum den af (7.1) bestemte værdi af t_V i (7.3) findes det nødvendige lydabsorptionsareal A . Det er ofte hensigtsmæssigt at udtrykke dette areal i relation til rummets gulvareal. Sættes lydabsorptionsarealet A lig med en faktor F gange gulvarealet G og rumvolumenet V lig med gulvarealet G gange rumhøjden h fås ved indsætning i (7.3):

$$F = 0,16 h/t_V \quad (7.4)$$

hvoraf det ses, at for et givet rum medfører en stor rumhøjde, at F kan blive større end 1, hvilket vil sige, at det nødvendige lydabsorptionsareal er større end gulvarealet. Da det i praksis er vanskeligt at opnå en lydabsorption for loftsarealet, der er større end 0,8, må derfor en betydelig del af lydabsorptionsmaterialet i rum med stor loftshøjde placeres på vægge og gulv i form af lydabsorberende vægbeklædninger og skærme.

Ved planlægning af efterklangsforholdene i den enkelte byggesag bør den projekterende være opmærksom på muligheden for at fordele absorptionsmaterialet, således at der opnås en jævn lydabsorption, ligesom det må undersøges, om der er eller kan blive særlig behov for lavfrekvensabsorption. Bru-

gerne vil bedømme et i øvrigt godt akustisk projekt som værende meget dårligt, hvis et eksisterende lavfrekvensproblem ikke er løst.

Kapitel 8. Lydens udbredelse og måling

Lyd er betegnelsen for hørbare svingninger, der opstår og udbreder sig i et elastisk medium (gas, væske og fast stof), når mediets molekyler ved en kraftpåvirkning bringes til at udføre svingninger omkring en ligevægtstilstand. Svingningerne udbreder sig som bølger med en konstant hastighed, der er karakteristisk for mediet.

I gas og væske sker lydudbredelsen ved at molekylerne svinger i lydens udbredelsesretning. De frembragte bølger kaldes generelt for kompressionsbølger, men deres udbredelsesform afhænger af, hvorledes de frembringes (kuglebølger, cylinderbølger eller plane bølger).

I faste stoffer sker lydudbredelsen ved, at molekylerne svinger dels i udbredelsesretningen, længde- eller longitudinalsvingninger, dels vinkelret på udbredelsesretningen, tvær- eller transversalsvingninger.

Ved grænseovergang mellem gas eller væske og fast stof frembringer en kompressionssvingning både en longitudinal- og en transversalsvingning, og ved grænseovergang mellem to faste stoffer frembringer de to svingningstyper hver to nye svingninger. Foruden de allerede nævnte svingningstyper frembringes forskellige overfladebølger, hvoraf nogle er stærkt dæmpede.

I de fleste bygninger er bygningsdelenes dimensioner i mindst en retning væsentlig mindre end bølgelængden for en stor del af det frekvensområde, der er aktuelt for bygningsakustik. Det med-

fører, at transversalbølgerne udarter til bøjningsbølger, se figur 8.1, hvis udbredelsehastighed c_B er givet ved

$$c_B = \sqrt{2 \pi f^4 \frac{B}{m}} \quad (\text{m/s}) \quad (8.1)$$

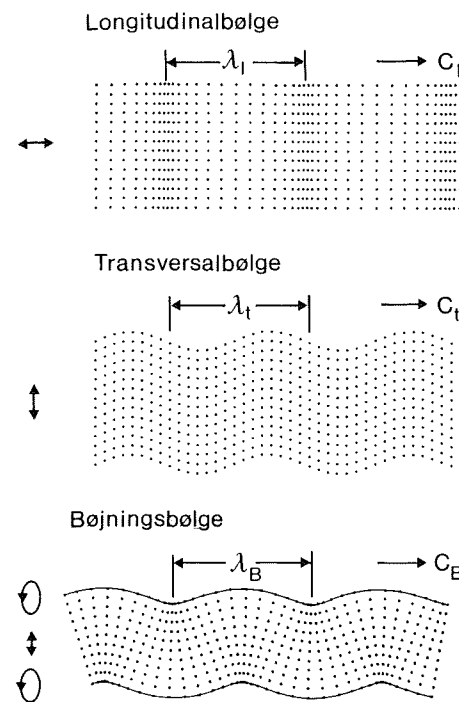
hvor f er frekvensen, m pladens masse pr. arealenhed og B bøjningsstivheden pr. breddeenhed

$$B = \frac{E}{1 - \mu^2} \cdot \frac{h^3}{12} \quad (\text{Nm}) \quad (8.2)$$

hvor E er materialets elasticitetsmodul, μ er Poissons forhold, og h er pladetykkelsen.

Af (8.1) og (8.2) ses, at udbredelsehastigheden øges med pladematerialets stivhed, pladens tykkelse og frekvensen.

Den væsentligste transmission af lydenergi sker via bøjningssvingningerne og kun en mindre del via longitudinalsvingningerne. Eksakte beregninger er vanskelige at udføre, og derfor bygger de fleste beregningsmodeller også på beregning af den lydenergi, der er transmitteret med bøjningsbølgerne. Beregningsresultaterne af lydisolationsen ligger i reglen i overkanten af det i praksis opnåelige, hvilket ikke nødvendigvis skyldes fejl i modellen, men mere sandsynligt at den i praksis forekommende lydtransmission gennem samlinger ikke er tilfredsstillende belyst for en række materialetypers og konstruktioners vedkommende.



Figur 8.1. Eksempler på svingnings- eller bølgetyper.

Luftlyd

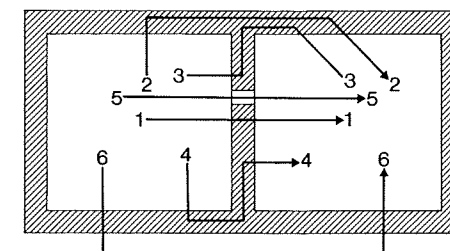
Ved luftlyd forstås lyd, som udbreder sig i luft. Luftlyd defineres også som lyd, der udstråles direkte fra en lyd giver til luften. Stemmebånd og højttalermembraner er eksempler på lyd givere, hvis svingninger overføres direkte til den omgivende luft. Lydisolationen mellem to rum kaldes for luftlydisolationen, når lyd givnerne frembringer luftlyd, selv om lyden transmitteres via bygningens konstruktioner.

Lydtransmissionen mellem to naborum sker ikke alene gennem den adskillende bygningsdel, men også gennem de flankerende bygningsdele og gennem

eventuelle utætheder i bygningsdelene eller i samlingerne mellem dem, se figur 8.2.

For at opnå bedst mulig luftlydisolation ved hjælp af en given bygningsdel skal denne udføres lydteknisk korrekt, og desuden må den samlede luftlydtransmission gennem de fire flankerende bygningsdele ikke overstige den direkte lydtransmission gennem den adskillende bygningsdel.

Hvis transmissionen af lydenergi gennem en adskillende bygningsdel og summen af transmissionsbidragene fra de fire flankerende bygningsdele er lige store, vil den resulterende luftlydisolation være ca. 3 dB lavere end den adskillende bygningsdels luftlydisolation uden flanketransmission. Hvis det desuden forudsættes, at hver af de fire flankerende bygningsdele har samme transmission, betyder det, at deres reduktion af lydenergien skal være 6 dB større end den adskillende bygningsdels reduktion.



Figur 8.2. Forskellige veje for lydens transmission mellem to rum. Ved tredimensional afbildning vil le antallet af transmissionsveje blive endnu større.

1. Gennem adskillende væg.
2. Gennem flankerende væg eller dæk.
3. Gennem adskillende og flankerende bygningsdele.
4. Gennem flankerende og adskillende bygningsdele.
5. Gennem utætheder, bl.a. i samlinger.
6. Gennem tilstødende rum.

Samlinger mellem bygningsdele skal være udformet og udført således, at der opnås varig tæthed, idet utætheder betyder øget transmission af lydenergi.

Den transmitterede lyd kan i almindelighed ikke henføres til en enkelt bygningsdel, men den vil være en sum af transmissionsbidrag fra flere bygningsdele. Det er almindeligvis ikke muligt at forudberegne størrelsen af de enkelte transmissionsvejes bidrag til den samlede lydtransmission.

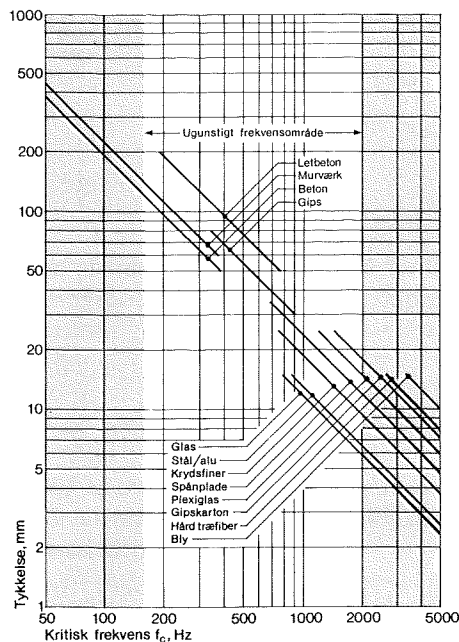
Teoretisk skulle luftlydisolationen vokse både med masse og frekvens. Erfaringer viser imidlertid, at mens luftlydisolationen i almindelighed vokser ca. 5 dB ved en fordobling af massen, vil der ikke altid følge en stigende lydisolation med en voksende frekvens.

Koincidens

En bygningsdel kan sættes i svingninger ved en direkte mekanisk påvirkning eller ved at den rammes af en lydbølge i luft. Efter at den ydre kraftpåvirkning er ophørt, kan der i nogen tid fortsat optræde svingninger i bygningsdelen i form af frie bøjningsbølger.

Når en lydbølge i luft rammer en bygningsdel under en indfaldsvinkel mellem 0 og 90°, påtrykkes bygningsdelen en bølgebevægelse. Hvis bølgelængden og udbredelseshastigheden i bølgebevægelsen falder sammen med bølgelængde og udbredelseshastighed for en fri bøjningsbølge i bygningsdelen, opstår der et fænomen, som kaldes koincidens. Koincidensen kan optræde ved forskellige frekvenser svarende til forskellige indfaldsvinkler for lydbølgen. Den kritiske frekvens eller grænsefrekvensen for koincidens betegnes f_c .

For en homogen plade af et givet materiale og med en given tykkelse vil der



Figur 8.3. Den kritiske frekvens f_c eller grænsefrekvensen for koincidens i massive plader som funktion af pladetykkelsen med pladematerialet som parameter. I praksis bør f_c ligge uden for det ugunstige frekvensområde.

være én frekvens, hvor bøjningsbølgerne udbreder sig med netop samme hastighed som lyd i luft, dvs. hvor $c_B = c = 344$ m/s. Denne frekvens kaldes pladens kritiske frekvens f_c . Ved indsætning af c og f_c i (8.1) fås

$$f_c = \frac{c^2}{2\pi} \sqrt{\frac{m}{B}} \quad (\text{s}^{-1}) \quad (8.3)$$

Den kritiske frekvens afhænger af bygningsdelens materiale og tykkelse som vist i figur 8.3. I et frekvensområde på 1–2 oktaver omkring grænsefrekvensen for koincidens kan luftlydisolationen være betydeligt nedsat.

Massive vægge med tykkelser på 50–150 mm har som følge af koincidens ofte en lavere lydisolation end forventet efter deres masse. Den kritiske frekvens bør principielt ligge uden for det frekvensområde, som omfattes af bygningsreglementet, hvilket vil sige, at den bør være mindre end ca. 90 Hz eller større end ca. 3500 Hz. Dette krav kan opfyldes fx med betontykkelser på ca. 200 mm eller gipspladetykkelser under ca. 10 mm.

Vægge med koincidens i frekvensområdet 160–2000 Hz forekommer hyppigt som flankerende vægge i bygninger og kan bevirke en væsentlig flanketransmission, som kan forringe en adskillende væggs lydisolation.

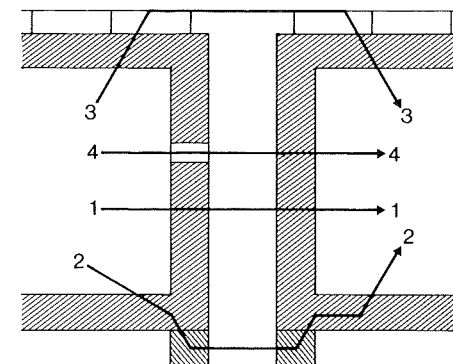
Dobbeltvægge

Luftlydisolationen kan øges ved brug af dobbeltvægge. Transmissionsveje mellem to rum er vist i figur 8.4. En dobbeltvægs maksimale lydisolation vil teoretisk være summen af de to vægdeles lydisolation plus lyddæmpningen mellem vægdelene, men en så stor isolation opnås kun i enkelte tilfælde i praksis.

En dobbeltvæg med stive vægdele og med fuldstændig adskillelse mellem disse giver større lydisolation end en massiv væg med samme masse.

Ved anvendelse af dobbeltvægge skal der ikke blot være fuldstændig adskillelse mellem vægdelene, der skal også være adskillelser i tilstødende bygningsdele ud for dobbeltvæggenes mellemrum, dvs. gennemgående fuger såvel i omgivende vægge som i gulv og tag.

Dobbeltvægge med slappe vægdele behøver ikke samme grad af adskillelse mellem vægdelene for at yde en væsentlig større lydisolation end massive enkeltvægge med samme masse. Med pladebeklædte, dobbelte stålskeletvægge



Figur 8.4. Forskellige veje for lydets transmission mellem to rum, der er adskilte af vægdele uden indbyrdes forbindelser. Principskitse.

1. Gennem de to vægdele.
2. Gennem fundamentet.
3. Gennem tagkonstruktion.
4. Gennem utætheder og utætte samlinger.

kan i praksis opnås en relativ stor lydisolation, selv om stålskeletterne ikke er helt adskilte.

Indlæg af lydisolerende materiale, fx mineraluld, kan forbedre lette vægges lydisolation. Mellem stive vægdele er mineraluld i princippet kun nødvendig over et mindre areal for at reducere eventuelle stående bølger i hulrummet, men i praksis hindrer et mineraluldsindlæg direkte forbindelse mellem de to vægdele og virker lyddæmpende i tilfælde af utætheder i vægdelene.

Koincidens forekommer også i dobbeltvægge. Virkningen heraf kan være endnu mere ødelæggende end for enkeltvægge, idet lydisolationen for en dobbeltvæg i koincidensområdet i værste fald ikke bliver større end for en enkeltvæg.

Dobbeltvægges resonans

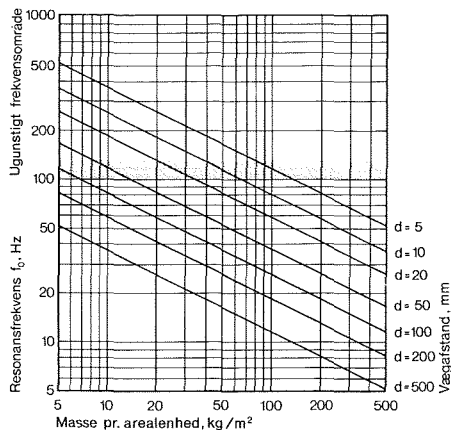
I dobbeltvægge udgør vægdele og mellemrum et svingningssystem bestående af to masser med en mellemliggende fjeder, der udgøres af luften i hulrummet. Resonansfrekvensen f_0 kan beregnes af:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{\rho c^2}{d} \left(\frac{1}{m_1} + \frac{1}{m_2} \right)} \quad (\text{s}^{-1}) \quad (8.4)$$

hvor ρ er luftens densitet, ca. $1,29 \text{ kg/m}^3$, c lyd hastigheden i luft, ca. 340 m/s , d afstanden mellem de to delvægge målt i m, og m_1 samt m_2 er massen pr. arealenhed i kg/m^2 for de to delvægge.

Resonansfrekvensen f_0 for dobbeltvægge med ens delvægge kan også aflæses af figur 8.5. Den bør ligge under 90 Hz for ikke at formindske lydisolationen i frekvensområdet 100–3150 Hz.

Enkeltvægges lydisolation kan øges ved at opsætte lydisolerede forsatsbeklædninger eller forsatsvægge. Der bør fortrinsvis bruges slappe konstruktioner. Resonansfrekvensen for væg og forsatsvæg eller beklædning skal opfylde de samme betingelser som for en dobbeltvæg, altså være mindre end 90 Hz. Resonansfrekvensen for forsatsvægge og beklædninger kan findes i figur 8.5, når afstanden mellem væg og forsatsvæg eller beklædning indsættes med den dobbelte værdi i diagrammet.



Figur 8.5. Resonansfrekvensen f_0 som funktion af massen pr. kvadratmeter vægdel. Dobbeltvægge er påregnet udført med to ens vægdele og afstanden d mellem de to vægdele indgår som parameter.

Resonansfrekvensen for en let væg, der er opsat på eller foran en tung væg, kan findes ved at indstille den lette vægs masse og anvende det dobbelte af afstanden mellem let og tung væg som vægafstand.

Eksempel 1. Dobbeltvæg med to ens vægdele, masse 50 kg/m^2 pr. vægdel, opsat med en indbyrdes afstand på 50 mm. I diagrammet findes for 50 kg/m^2 og en vægafstand på 50 mm en resonansfrekvens på ca. 55 Hz. Da denne er mindre end 90 Hz er konstruktionen i orden med hensyn til resonans.

Eksempel 2. En 150 mm massiv betonvæg forsynet med forsatsvæg af to lag 13 mm gipsplade, masse 21 kg/m^2 , på et 45 mm stålskelet, som er opsat 10 mm foran væggen. I diagrammet findes for 21 kg/m^2 og en vægafstand på $2 \times 55 \text{ mm}$ en resonansfrekvens på knapt 60 Hz. Da denne er mindre end 90 Hz er konstruktionen i orden med hensyn til resonans.

Eksempel 3. Foran en 250 mm massiv murstensvæg skal anbringes en forsatsvæg med en 12 mm plade med masse 7 kg/m^2 . Der tilstræbes en resonansfrekvens under 90 Hz. I diagrammet findes for 90 Hz og 7 kg/m^2 en vægafstand på ca. 120 mm. Afstanden mellem forsatsvæg og murstensvæg skal derfor mindst være 60 mm.

Bygningslyd

Ved bygningslyd forstås lyd, som udbredes gennem konstruktionerne. Bygningslyd ses imidlertid også defineret som lyd, der opstår i en bygningskonstruktion, når denne påvirkes ved slag eller gnidning. I medfør heraf er trinlyd også bygningslyd.

Bygningslyd transmitteres gennem både konstruktioner og installationssystemer, og transmissionsbetingelserne afhænger bl.a. af de benyttede materialer og samlinger.

Man kan isolere mod bygningslyd ved anvendelse af elastiske fuger eller ved at indlægge adskillelser mellem de enkelte bygnings- og installationsdele. I kraftoverførende samlinger kan elastiske fuger imidlertid kun anvendes i begrænset omfang, dvs. at muligheden for at nedsætte transmissionen af bygningslyd afhænger af konstruktionssystemet.

Trinlyd

Lyd frembragt af menneskers gang kaldes trinlyd. Et begreb som kunne kaldes trinlydisolation svarende til begrebet luftlydisolation findes ikke, idet forskellen mellem lydtrykniveauet for trinlyd i sende- og modtagerum ikke giver nogen brugbar information om isolationen.

Som mål for udstrålingen af trinlyd fra et dæk eller en etageadskillelse benyttes i stedet begrebet trinlydniveau, der defineres som et lydtrykniveau fra en bygningsdel frembragt af en standardiseret bankemaskine anbragt på bygningsdelen.

Det lydtrykniveau, som bankemaskinen frembringer i det tilstødende rum – som regel rummet under den etageadskillelse, hvorpå maskinen placeres – måles og korrigeres til et normeret antal absorptionsenheder. Dette korrigerede lydtrykniveau kaldes trinlydniveauet.

Trinlyd transmitteres til et underliggende rum dels direkte gennem den adskillende etageadskillelse og dels via denne til omgivende bygningsdele, se figur 8.6. I princippet kan den del af trinlyden, der transmitteres til omliggende rum, nedsættes ved at formindske lydets transmission fra gulvet til den bærende konstruktion, ved at dæmpe lydets udbredelse i bygningsdelene eller ved at nedsætte lydets udstråling fra bygningsdelene.

Et elastisk slidlag eller en bøjningsstiv plade på et elastisk underlag vil nedsætte lydtransmissionen til den underliggende dækkonstruktion. Den derved opnåede dæmpning kaldes for trinlyddæmpningen, der således angiver den nedsættelse af trinlydniveauet, som kan opnås med den pågældende belægning.

Et svømmende gulv, dvs. en bøjningsstiv plade på et elastisk underlag, vil

over sin resonansfrekvens have en trinlyddæmpning, som stiger med frekvensen.

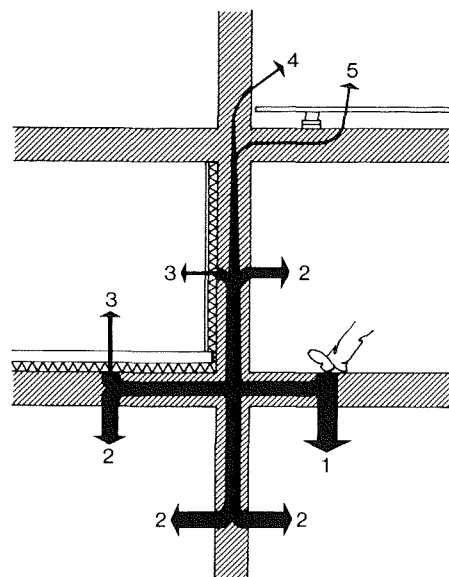
Gulvets resonansfrekvens f_0 bestemmes af gulvpladens masse og af det elastiske underlags dynamiske stivhed. Resonansfrekvensen kan bestemmes tilnærmelsesvis af:

$$f_0 \approx \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{s'}{m_1}} \quad (\text{s}^{-1}) \quad (8.5)$$

hvor m_1 er den svømmende plades masse pr. arealenhed og s' den dynamiske stivhed pr. arealenhed pr. tykkelseenhed. Stivheden s' har dimensionen Pa/m og består i princippet af to led, nemlig et bidrag fra materialestrukturens stivhed og et fra den indespærrede luftmasses stivhed. Sidstnævnte led har i praksis kun betydning for meget let sammentrykkelige materialer, fx visse mineraluldstyper. Et let sammentrykkeligt materiales dynamiske stivhed s' bestemmes efter ISO 9052.

En tynd belægning, fx vinyl på filt- eller skumunderlag, har en trinlyddæmpning, hvis frekvensforløb over resonansfrekvensen stort set svarer til forløbet for svømmende gulve. Resonansfrekvensen for tynde belægninger med elastiske underlag ligger derimod væsentligt højere end for svømmende gulve. Derfor er trinlyddæmpningen for tynde belægninger inden for frekvensområdet 100–3150 Hz generelt meget ringere end trinlyddæmpningen for korrekt udførte svømmende gulve.

Dæmpningsforholdene er mere uklare for tynde elastiske belægninger, hvor det elastiske lag også er slidlag, fx tæpper. Trinlyddæmpningen for tæpper afhænger af deres tykkelse og hårdhed, og der kan opnås stor trinlyddæmpning med tykke, bløde tæpper. En belægning



Figur 8.6. Forskellige veje for trinlydens transmission fra et gulv til de omliggende rum. Principskitse.

1. Gennem etageadskillelse.
2. Gennem to bygningsdele.
3. Gennem to bygningsdele + forsatsvæg eller svømmende gulv.
4. Gennem tre bygningsdele.
5. Gennem tre bygningsdele + svømmende gulv.

som linoleum giver i praksis ingen trinlyddæmpning, medmindre den udlægges på underlag af korkment eller tilsvarende.

I alle materialer sker der en vis dæmpning af lyden under dens udbredelse i selve materialet, en såkaldt indre dæmpning. I beton er dæmpningen så lille, at den er uden praktisk betydning, og selv ved brug af specielle tilslagsmaterialer må det anses for tvivlsomt, om der med beton kan opnås en dæmpning af praktisk betydning for lydtransmissionen mellem naborum.

En effektiv dæmpning af trinlyden kan opnås i bygninger, hvor der kan indlægges vertikale fuger, som nedsætter lydets udbredelse i horisontal retning. Denne metode er velegnet i nogle rækkehuse, men forudsætningen er en total adskillelse mellem husene fra facade-yderside til facade-yderside og fra fundamentsunderside til tagoverside.

Lydens udstråling fra bygningsdele kan nedsættes ved at forsyne de transmitterende flader med lydisolierende forsatsvægge eller underlofter. Denne metode kan anvendes i tilfælde, hvor der ønskes forbedring af isolationen mod både luftlyd og trinlyd. En isolering mod trinlyd medfører i mange tilfælde også en almindelig forbedring af isolationen mod bygningslyds udbredelse. Det er årsagen til, at der i bygninger med god isolation mod trinlyd ofte tillige konstateres et lavt støjniveau fra installationer, herunder også vaske- og opvaskemaskiner.

Absorption

Når en lyd bølge rammer en overflade, reflekteres en del af lydenergien og en anden del absorberes. Forholdet mellem den absorberede og den indfaldende lydenergi kaldes for lydabsorptionskoefficienten.

Når en lydkilde i et rum afbrydes, synker lydtrykniveauet, fordi lydenergien absorberes. Denne proces, hvor lydtrykniveauet aftager som funktion af tiden, kaldes for efterklangsprocessen. Jo større absorption rummets overflader har, desto hurtigere synker lydtrykniveauet. Absorptionen er for de fleste materialer frekvensafhængig inden for frekvensområdet 100–3150 Hz. Lydabsorptionen sker i princippet ved, at lydenergien forbruges til igangsætning og vedligeholdelse af svingninger i materialerne. De svingende elementer kan være tynde plader eller luft i huller eller i porøse materialer.

Ved brug af forskellige absorptionsmaterialer eller af et absorptionsmateriale i varierende tykkelse kan absorptionen i et rum ofte reguleres, så den bliver frekvensafhængig inden for frekvensområdet 100–3150 Hz. Noget sådant tilstræbes i rum, hvor lytteforholdene er afgørende for rummets funktion.

Hvor der ikke tilstræbes en frekvensmæssig balance i lydabsorptionen, kan støjniveauet som sådan sænkes ved at tilføre rummet mere lydabsorberende materiale.

Et rums absorption angives ved det ækvivalente lydabsorptionsareal A , der måles i m^2 »fuldstændig lydabsorberende areal«.

Absorptionen sker både ved rummets begrænsningsflader, i luften og ved genstandes eller personers overflader. Absorptionen i luft har dog kun praktisk

betydning i meget store rum. Genstande og personers absorption måles i laboratorium. Absorptionen ved rummets overflader kan beregnes, når overfladematerialernes absorptionskoefficienter er kendte. Den samlede absorption i rummet kan bestemmes af:

$$A = \sum_1^m \alpha_i S_i + \sum_1^m A_j \quad (\text{m}^2) \quad (8.6)$$

hvor α_i betegner absorptionskoefficienten for delarealet S_i og A_j det ækvivalente lydabsorptionsareal af genstand j .

Oplysning om materialers absorptionskoefficienter fås hos producenter og forhandlere eller i lærebøger om akustik, hvor der også findes angivelser af personers og forskellige enkeltgenstandes absorption. Se også SBI-anvisning 137: »Rumakustik«.

Målemetoder

Luftlydisolationen fastlægges ved måling i to rum, et sende- og et modtagerum. I senderummet anbringes en højttaler, der fx kan udsende hvid eller lyserød støj i et båndbegrænset signal. Hvid støj har samme lydenergi ved alle frekvenser, medens lyserød støj har samme energi pr. oktav eller pr. $\frac{1}{3}$ oktav.

Et båndbegrænset signal er lyd, hvis frekvenser ligger inden for et vist frekvensområde. Lydtrykniveauet måles pr. $\frac{1}{3}$ oktav i sende- og modtagerum med en mikrofon, i hvert af de to rum, anbragt succesivt i mindst fem punkter eller på en roterende mikrofonbom, således at den cirkel, som mikrofonen beskriver, har en radius på mindst 0,7 m.

Middelværdien af de lydtrykniveauer, der måles i hvert rum, udregnes på grundlag af lydtrykkes energiværdier, der er proportionale med lydtrykkes kvadrater. Der benyttes følgende udtryk henholdsvis for måling med faste mikrofonpositioner:

$$L = 10 \log \left[\frac{p_1^2 + p_2^2 + \dots + p_n^2}{n p_0^2} \right] \quad (\text{dB}) \quad (8.7)$$

og for måling med kontinuert bevæget mikrofon:

$$L = 10 \log \left[\frac{1}{T_2 - T_1} \int_{T_1}^{T_2} \frac{p^2(t)}{p_0^2} dt \right] \quad (\text{dB}) \quad (8.8)$$

hvor p_0 er referencelydtrykket, 20 μPa , $p(t)$ er lydtrykket som funktion af tiden, p_1, p_2, \dots, p_n er lydtrykket i n forskellige positioner, T_1 og T_2 er grænser for integrationstiden, der for målinger i frekvensområdet 100–3150 Hz udgør et tidsinterval på mindst 30 sekunder. For at lydtrykket, der er en funktion af både

tid og sted, kan integreres alene som en tidsfunktion forudsættes, at mikrofonen bevæger sig med lav hastighed.

Mikrofonpositionerne bør opfylde følgende betingelser: Være mindst 0,5 m fra omgivende flader eller diffusorer, dog mindst 1 m fra den rumadskillende flade og fra højttaler. Desuden bør afstanden mellem faste mikrofonpositioner indbyrdes og mellem mikrofonbaner være mindst 0,7 m.

Differensen mellem lydtrykniveauerne middelværdi i henholdsvis sende- og modtagerum er et udtryk for luftlydisolationen mellem rummene. Målingen gentages med mindst én ny højttalerposition. Der foretages korrektion for hver måling for sig. Middelværdien af resultaterne af de udførte målinger er luftlydisolationen mellem sende- og modtagerum.

I korrektionen for efterklangstiden indgår dels rummets akustiske tilstand, dels rummets størrelse. Dette er nødvendigt for at kunne sammenligne måleresultater for rum med forskellig størrelse og/eller lydabsorption. Korrektionen kan ske på flere måder, hvilket i praksis vil sige, at lydlydisolationen kan udtrykkes på flere måder, men her omtales kun den definition, der benyttes i de danske bygningsreglementer til at betegne luftlydisolation, nemlig reduktionstallet.

I nogle laboratorier benyttes to rum, der er opbygget sådan, at lydtransmissionen gennem de flankerende konstruktioner er uden betydning for måleresultatet. I andre laboratorier benyttes rum med normal flanketransmission. Bygningsdelen, hvis luftlydisolation skal måles, opføres som fælles adskillelse mellem de to rum. Luftlydisolationen udtrykkes ved reduktionstallet og defineres i laboratorier med meget ringe flanketransmission ved:

$$R = L_S - L_M + 10 \log \frac{S}{A} \quad (\text{dB}) \quad (8.9)$$

og i laboratorier med normal flanketransmission og i bygninger i praksis ved:

$$R' = L_S - L_M + 10 \log \frac{S}{A} \quad (\text{dB}) \quad (8.10)$$

hvor L_S og L_M er lydtrykniveauerne i sende- og modtagerum, S er arealet af den fælles adskillelse mellem rummene og måles i m^2 , og A er det ækvivalente lydabsorptionsareal i modtagerummet ligeledes i m^2 .

Et rums efterklangstid T i sekunder, dets volumen V i kubikmeter og dets absorptionsareal A i kvadratmeter har denne sammenhæng:

$$T = \frac{0,16 V}{A} \quad \text{s} \quad (8.11)$$

Når efterklangstiden T i modtagerummet er målt, udregnes ved hjælp af udtrykkene (8.9), (8.10) og (8.11) reduktionstallet pr. $\frac{1}{3}$ oktav i frekvensområdet 100–3150 Hz, der omfatter 16 standardiserede centerfrekvenser for $\frac{1}{3}$ oktaver.

Ved beregningen indsættes for S i udtrykket (8.10) arealet af den fælles adskillende bygningsdel, for døre beregnes arealet ud fra dørkarmens ydermål. I tilfælde, hvor der måles lydlydisolation mellem rum, som ikke har noget fælles adskillende areal, sættes S til 10 m^2 .

Trinlydniveauet fastlægges, ligesom for luftlydisolation, ved måling i to rum, henholdsvis et sende- og modtagerum. I senderummet anbringes en bankemaskine, der udsender et næsten stationært støjsignal. Maskinen har 5 hamre à 500 g, som med 0,1 sekunds mellemrum falder fra en højde af 40 mm. Hamrenes slagflade udgør en del af overfla-

den af en kugle med radius 500 mm. Ifølge BR-82 skal benyttes stålhamre, hvis materialesammensætning er standardiseret.

Det højeste lydtrykniveau fra bankemaskinen vil oftest findes i det direkte underliggende rum. Derfor benyttes dette i reglen som modtagerum. Det frembragte lydtrykniveau i modtagerummet kaldes trinlydniveauet, men det har ingen lighed med lyden af fodtrin, hvorfor mange anser maskinens værdi som lyd giver for at være diskutabel.

Lydtrykniveauet måles pr. $\frac{1}{3}$ oktav i frekvensområdet 100–3150 Hz, med mindst fem positioner for bankemaskine og mikrofon. Med roterende mikrofonbom bør der måles i 2 mikrofonbaner. Middelværdien baseres, som ved måling af luftlyd, på energiværdier og beregnes på grundlag af alle bankemaskine og mikrofonpositioner af udtrykkene (8.7) eller (8.8) afhængigt af, om der benyttes fast eller bevæget mikrofon.

Der skal som ved måling af luftlydisolation foretages korrektioner afhængigt af, hvilke definitioner for lydtrykniveau man bruger.

I det følgende omtales kun bygningsreglementernes definition af trinlydniveau, dvs. ved måling i laboratorium:

$$L_n = L_M + 10 \log \frac{A}{10} \text{ (dB)} \quad (8.12)$$

og ved måling i bygninger:

$$L'_n = L_M + 10 \log \frac{A}{10} \text{ (dB)} \quad (8.13)$$

hvor L_M er lydtrykniveauet i modtagerummet og A det ækvivalente lydabsorptionsareal i modtagerummet målt i m^2 .

Når efterklangstiden T i modtagerummet er målt, udregnes ved hjælp af udtrykkene (8.11) og (8.12) eller (8.11) og (8.13) trinlydniveauet pr. $\frac{1}{3}$ oktav i frekvensområdet 100–3150 Hz, der omfatter 16 standardiserede frekvenser for $\frac{1}{3}$ oktaver.

Efterklangstiden kan måles med en mikrofon, der er forbundet til en såkaldt niveauskriver. Gennem en højttaler udsendes et signal, der registreres på niveauskriverværten, hvor lydtrykniveauet som funktion af tiden nedtegnes på en papirstrimmel, som bevæges forbi en skrivestift med konstant hastighed. Når højttaleren afbrydes, aftager lydtrykniveauet, og der aftegnes i princippet en retlinet, hældende kurve på niveauskriverværten. Efterklangstiden bestemmes af kurvens hældning.

Støjniveauet fra installationer måles ved det energiækvivalente A -vægtede lydtrykniveau L_{AeqT} dB, hvor T angiver måletidsrummet. Som måletidsrum anvendes i reglen de ca. 2 minutter af driftstidsrummet, hvori støjniveauet antager sin maksimale værdi. For installationer, hvis driftsperiode er kortere end 2 minutter, benyttes den vægtede værdi over flere delperioder, der tilsammen udgør mindst 2 minutter.

Der skal ikke korrigeres for rummets efterklangstid.

Driftstilstanden har væsentlig betydning for lydtrykniveauet. Støj fra vandforsyningsanlæg frembringes i det væsentlige af tap- eller reguleringsventiler. Støj fra tapventiler måles ved maksimal vandføring eller i den ventilstilling, hvori støjniveauet er højest. Klosetventiler måles ved normal drift, dvs. over en eller flere fyldningsperioder. Mikrofonen placeres normalt i rummidte.

Støj i radiatoranlæg frembringes hovedsageligt af cirkulationspumper og

ventiler og måles ved maksimal støjafgivelse, hvad enten dette måtte forekomme ved vinter- eller sommerdrift. Hvis støj fra termostatventilers åbning og lukning frembringer tydelige pibende eller fløjtende lyde, reduceres det tilladelige støjniveau med 5 dB. Mikrofonen placeres normalt ud for indblæsnings- eller udsugningsarmaturer og i højden 1,0–1,2 m over gulv.

Støj fra andre anlæg måles under drift med maksimal kapacitet. Indendørs placeres mikrofoner normalt i rummidte, udendørs i de mest udsatte punkter på rekreativt område og derefter i 2,5 meters afstand fra anlægget. Ingen af de målte lydtrykniveauer bør overstige de værdier, der er anført i tabel 7.1.

Reglementer

Bygningsreglement for småhuse. Byggestyrelsen. København, 1985.

Bygningsreglement 1982. Byggestyrelsen. København, 1982.

Miljøministeriets bekendtgørelse nr. 68 af 24. januar 1989. Bekendtgørelse af lov om miljøbeskyttelse. Miljøministeriet. København, 1989.

Standarder

DS/ISO 31/VII. Fysiske størrelser og måleenheder. Akustik. 2. udgave. Dansk Standardiseringsråd. København, 1984.

DS/ISO 140. Akustik, Lydisolationsmålinger i bygninger og af bygningselementer. Del I: Krav til laboratorier, 1979. Del II: Fastlæggelse af præcisionskrav, 1979. Del III: Måling af bygningselementers luftlydisolation i laboratorium, 1978. Del IV: Måling af luftlydisolation mellem rum i bygninger, 1979. Del V: Måling af facadeelementers luftlydisolation i bygninger, 1979. Del VI: Måling af trinlydniveau i laboratorium, 1979. Del VII: Måling af trinlydniveau i bygninger, 1979. Del VIII: Måling af gulvbelægningsers trinlyddæmpning på standarddæk i laboratorium, 1979. Del 9: Måling af luftlydisolation mellem to rum med fælles nedhængt loft, 1986. Dansk Standardiseringsråd. København.

DS 432. Dansk Ingeniørforenings norm for afløbsinstallationer. Dansk Standardiseringsråd. København, 1974.

DS 1082. Døre. Lydisolation. Klassifikation. 3. udgave. Dansk Standardiseringsråd. København, 1982.

DS 1084. Vinduer. Lydisolation. Klassifikation. Dansk Standardiseringsråd. København, 1982.

DS 2186. Akustik. Vurdering af lydisolation. Del 1: Luftlydisolation i bygninger og af bygningsdele. Del 2: Trinlydniveau. Del 3: Luftlydisolation af facader og dele af facader. Dansk Standardiseringsråd. København, 1982.

DS 2188. Akustik, Ordliste. Dansk Standardiseringsråd. København, 1982.

DS/ISO 3382: Akustik. Måling af efterklangstid. Dansk Standardiseringsråd. København, 1978.

DS/ISO 3822: Akustik. Laboratorieundersøgelser af støj fra armaturer og udstyr i brugsvandsinstallationer. Del 1: Målemetode. Dansk Standardiseringsråd. København, 1984.

ISO 717-2: Acoustics – Rating of sound insulation in buildings and of building elements. Part 2: Impact sound insulation. International Organisation for Standardisation. Genève, 1982.

ISO 9052-1: Acoustics – Determination of dynamic stiffness. Part 1: Materials used under floating floors in dwellings. International Organisation for Standardisation. Genève, 1989.

ISO 9053: Acoustics – Materials for acoustical applications – Determination of airflow resistance. 1991.

Vejledninger

Beregningsmodel for vejtrafikstøj. Revideret 1989. Vejdatalaboratoriet. Vejdirektoratet. Rapport 93. København, 1991.

Ekstern støj fra virksomheder. Vejledning nr. 5/1984. Miljøstyrelsen. København, 1984.

Flyvepladser og lufthavne. Vejledning nr. 2/1988. Miljøstyrelsen. København, 1988.

Måling af vejtrafikstøj. Vejdatalaboratoriet. Vejdirektoratet. Miljøstyrelsen. København, 1982.

NT ACOU 034: Floor coverings: Rating of impact sound improvement. NORD-TEST, 1991.

Støj og lugt fra restaurationer. Vejledning nr. 3/1982. Miljøstyrelsen. København, 1982.

Støj og vibrationer fra jernbaner. Vejledning nr. 6/1985. Miljøstyrelsen. København, 1985.

Trafikstøj i boligområder. Støjhensyn i kommune- og lokalplanlægningen og ved projektering af boligområder. Vejledning nr. 3/1984. Miljøstyrelsen. København, 1984.

Lærebøger

Bygningsakustik. Teori og praksis. Jørgen Kristensen og Jens Holger Rindel. SBI-anvisning 166. Statens Byggeforskningsinstitut. Hørsholm, 1989.

Modul og montagebyggeri. Henrik Nielsen, Polyteknisk forlag. Lyngby, 1970.

Anvisninger

Afløbsinstallationer. Kapitel 17. Finn Schmidt Jørgensen og Kaj Ovesen. SBI-anvisning 96. Statens Byggeforskningsinstitut. København, 1974.

Bygningers fugtisolering. Nils Erik Andersen, Georg Christensen og Fleming Nielsen. SBI-anvisning 139. Statens Byggeforskningsinstitut. Hørsholm, 1984.

Bygningers lydisolering. Ældre bygninger. Jørgen Kristensen. SBI-anvisning 173. Statens Byggeforskningsinstitut. Hørsholm, 1992.

Bygningers varmeisolering. 2. udgave. Nils Erik Andersen, Georg Christensen og Fleming Nielsen. SBI-anvisning 111. Statens Byggeforskningsinstitut. Hørsholm, 1986.

Fugemasser og facadefuger. 2. udgave. Anthon Brandt og Alice Kjær. SBI-anvisning 108. Statens Byggeforskningsinstitut. Hørsholm, 1983. (Under revision).

Gulve og vægge i vådrum – i nye boliger og ved renovering. Erik Brandt og Christian Woetmann Nielsen. SBI-anvisning 169. Statens Byggeforskningsinstitut. Hørsholm, 1991.

Isætning af termoruder i nyt og gammelt byggeri. Teknologisk Institut. Tåstrup, 1976.

Konstruktioner i beboelsesbygninger med indtil 2 etager. 2. udgave. Henry Høffding Knutsson. SBI-anvisning 110. Statens Byggeforskningsinstitut. Hørsholm, 1981.

Konstruktioner i småhuse. Styrke – fugt – isolering – brand. Henry Høffding Knutsson. SBI-anvisning 147. Statens Byggeforskningsinstitut. Hørsholm, 1985.

Lydisolation i montagebyggeri. Beton-elementforeningen og Statens Byggeforskningsinstitut. SBI-anvisning 90. Statens Byggeforskningsinstitut. Hørsholm, 1972.

Lydisolation i praksis. Deludgave af SBI-anvisning 166: Bygningsakustik. Teori og praksis. Jørgen Kristensen og Jens Holger Rindel. SBI-anvisning 167. Statens Byggeforskningsinstitut. Hørsholm, 1989.

Rumakustik. Jørgen Petersen. SBI-anvisning 137. Statens Byggeforskningsinstitut. Hørsholm, 1984.

Støj fra installationer. Jørgen Kristensen og Kaj Ovesen. SBI-anvisning 79. Statens Byggeforskningsinstitut. København, 1970.

Støj fra varmecentraler. Jørn Kjær et al. SBI-anvisning 123. Statens Byggeforskningsinstitut. Hørsholm, 1980.

Vandinstallationer. Kapitel 15. Finn Schmidt-Jørgensen, Viggo Nielsen og Kaj Ovesen. SBI-anvisning 165. Statens Byggeforskningsinstitut. Hørsholm, 1990.

Rapporter

Entrédøres lydisolation. Undersøgelsesresultater og erfaringer fra praksis. Jørgen Kristensen og Leonard Juul Petersen. SBI-rapport 124. Statens Byggeforskningsinstitut. Hørsholm, 1981.

Funktionsstudier av tätningslistor för fönster och dörrar. Ingemar Höglund och Bengt Wånggren. T7:1979. Statens råd för byggnadsforskning. Stockholm, 1979.

Kastrup-katalog. En oversigt over de tekniske muligheder for isolering mod flystøj. Johs. Jørgensen A/S. Miljøstyrelsen. København, 1980.

Kontormiljø og skærmarbejde. Indeklima. Susanne Prag og Svend Erik Jensen. SBI-rapport 200. Statens Byggeforskningsinstitut. Hørsholm, 1990.

Lydisolation i betonbyggeri. Litteraturstudie om transmissionsveje og undersøgelse af understøpnings indflydelse. Jørgen Kristensen. SBI-rapport 101. Statens Byggeforskningsinstitut. Hørsholm, 1977.

Undersøgelse af installationsstøj i boligbyggeri. Jørgen Kristensen. SBI-rapport 95. Statens Byggeforskningsinstitut. Hørsholm, 1975

Summary

SBI-direction 172: "Sound insulation of buildings. Recent and new buildings."

Requirements are made concerning the acoustic conditions in buildings. The requirements are primarily given in the Danish building regulations "Building Regulations 1982" and "Building Regulations for Small Houses 85". In addition, other legislation provides guidelines on or limits on noise levels that can lead, directly or indirectly, to requirements relating to the sound conditions in buildings.

Experience shows that, besides the statutory requirements and regulations, there is a need for detailed guidance, with examples, on proper acoustic construction of building components and connections. The Danish Building Research Institute (SBI) has therefore made this direction, which follows the provisions of the building regulations and uses the same terminology as the regulations. Reference is also made to provisions in order relevant legislation.

In this direction, the term "recent and new buildings" means primarily buildings erected under the current building regulations, but the direction can also be used in connection with renovation of multi-storey housing, terraced housing, schools, etc. with cast floors, for example concrete floors, floors made of hollow blocks of concrete, aerated concrete or clay.

The direction is largely based on ex-

perience gathered by SBI on all aspects of this subject, including design and construction. On this basis, the direction warns against a number of typical acoustic errors in buildings.

The examples described in the direction can only be expected to have the stated acoustic quality if they are carried out in a proper manner, both technically and with respect to craftsmanship. The direction points out areas that are of particular importance to achievement of sufficient acoustic quality - for example, tightening of joints and connections and measures against flanking transmission.

The acoustic requirements can naturally also be satisfied by means of other constructions and connections than those mentioned in the direction.

Laboratory measurements of the sound insulation of building components are a useful means of judging the expected sound insulation of the components in practice. However, the sound transmission conditions found in laboratory tests usually give better sound insulation than is achieved with the same wall in practice.

Contents

Chapter 1 of the direction shows the current acoustic requirements in tabular form and gives examples of common building components that can be expected to satisfy the requirements.

Chapter 2 contains a brief description of the methods used for evaluating individual results of measurements in relation to specified acoustic requirements, single number rating (SNR), followed by a more general discussion of how the sound insulation in a building can be evaluated on the basis of a number of single number rating results of measurements.

Chapters 3 and 4 contain a systematic review of the acoustic properties of a large number of typical, separating building components and of the connections between them. In the case of lightweight concrete structures – both those forming part of the structural system of a building and those forming part of the outer walls – the evaluation is

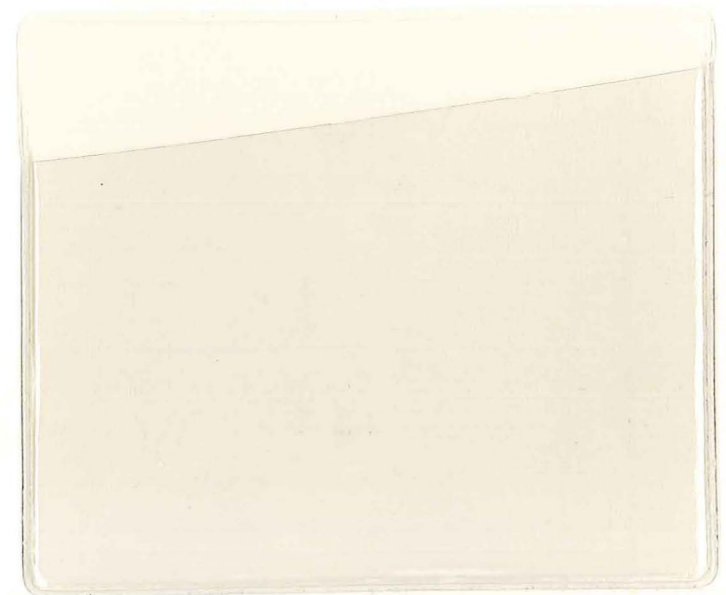
based on the assumption that the connection are made as traditional connections between concrete elements, viz. without insertion of an elastic interface.

Chapters 5 and 6 give examples of ways of reducing footstep noise from stairs, balconies, bathroom, and of reducing sound transmission through installations. Only a few examples are given of how sound damping can be effected in installations.

Chapter 7 discusses noise control of stairways and control of vibration in classrooms, lecture rooms, etc.

Chapter 8 gives a brief, elementary presentation of the propagation of sound in buildings and of methods for reducing noise nuisance in general.

4.3



Anvisningen henvender sig til udførende og projekterende teknikere og til offentlige myndigheder. Der redegøres for, hvordan en række typiske bygningsdele og samlinger mellem disse skal udføres for at opnå størst mulig lydisolations. Eksempler viser blandt andet, hvordan lydtransmission begrænses i installationer og ved installationsgennemføringer, hvordan trapperum støj dæmpes, og hvordan undervisningsrum lydreguleres. Bestemmelserne i BR-82 og BR-S 85 kan forventes at være opfyldt, hvis der benyttes de relevante, beskrevne bygningsdele og samlinger, samt at den håndværksmæssige kvalitet af arbejdet i øvrigt er god.

Denne SBI-anvisning er knyttet til bestemmelserne i Bygningsreglement 1982, kapitel 9, og i Bygningsreglement for småhuse 1985, punkt 4.4 og 10