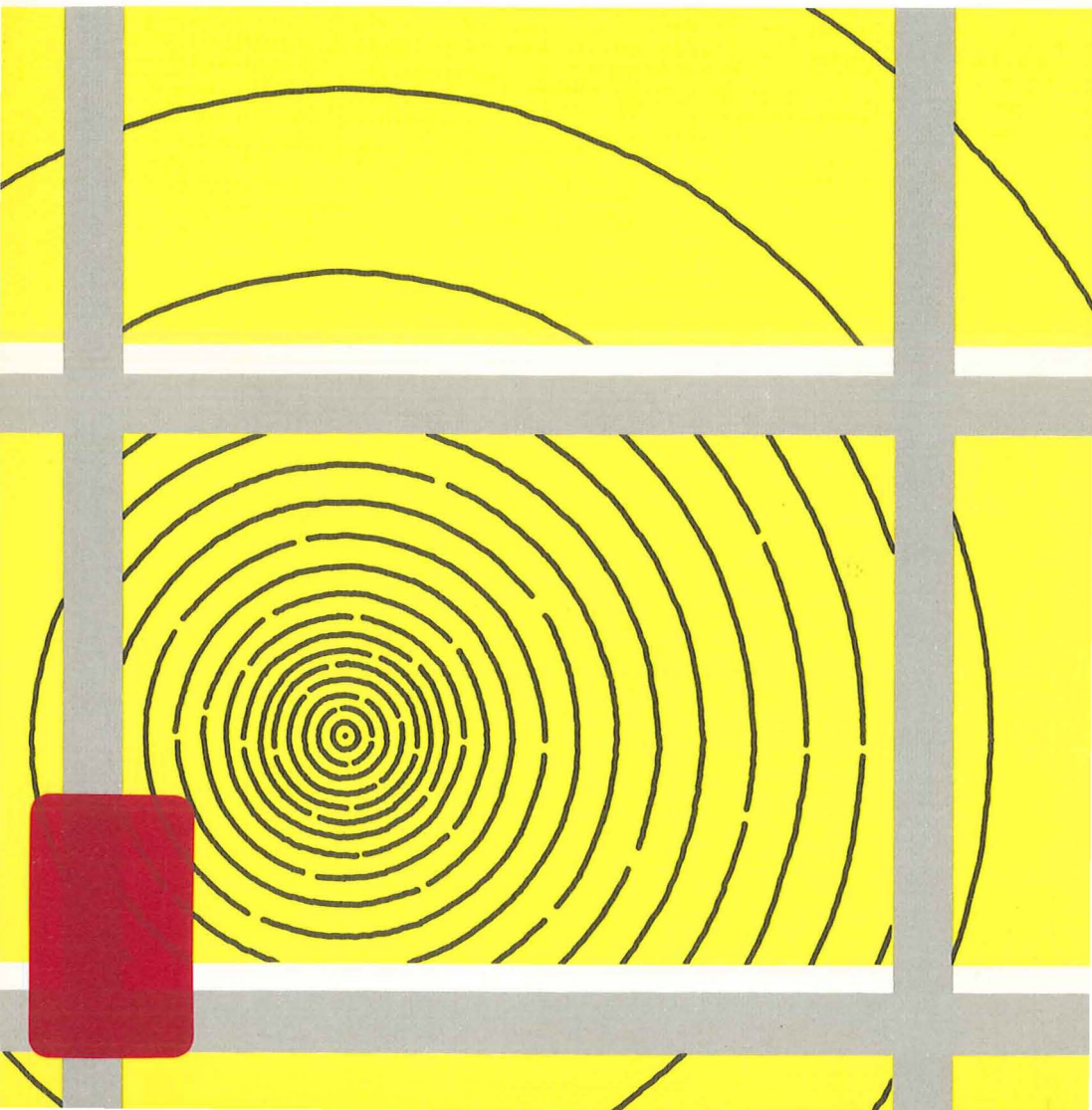


SBI-publ.

Bygningers lydisolering



SBI-ANVISNING 112 STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT 1979



Bygningers lydisolering

JØRGEN KRISTENSEN
HENRIK NISSEN
ERIK WIUFF

00480 P
STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT
ex. 1
19 FEB. 1979



Indhold

Forord	4
Kapitel 1. Lovmæssige bestemmelser	6
Bygningsreglementets krav samt konstruktioner, der kan opfylde kravene	6
Andre bestemmelser og vejledninger	12
Kapitel 2. Vurdering af lydisolation	13
Luftlydisolation I_a	13
Trinlydniveau I_t	14
Lydklasser – luftlydisolation	15
Lydklasser – trinlydniveau	15
Kapitel 3. Bygningsdele	16
Enkeltvægge af mursten	17
Enkeltvægge af kalksandstensblokke	18
Enkeltvægge af beton	19
Enkeltvægge af letbeton	20
Dobbeltvægge af mursten, beton og letbeton	21
Enkelte og dobbelte stålskeletvægge	22
Vægge med lydisolerende forsatsvæg	24
Beton- og letbetondæk	25
Betondæk med lydisolerende underloft	27
Gulvkonstruktioner	28

Trægulve på strøer	29
Svømmende betongulve	30
Svømmende asfaltgulve	31
Trinlyddæmpende gulvbelægninger	32
Ydervægge af mursten	33
Ydervægge af beton	34
Ydervægge af letbeton	35
Lette ydervægge	36
Tagdæk og tagkonstruktioner af træ	37
Søjler og bjælker	38
Døre	39
Vinduer	40
Kapitel 4. Samlinger	43
Fuger, generelt	43
Enkeltvægge/fundamenter	45
Dobbeltvægge/fundamenter	46
Indervægge/tunge ydervægge ...	47
Indervægge/lette ydervægge ...	50
Enkeltvægge/dæk, sammenstøbt	53
Dobbeltvægge/dæk, sammenstøbt	56
Indervægge/dæk, tilsluttet	58
Indervægge/tagdæk	61
Indervægge/tagkonstruktioner af træ	63
Massive indervægge/massive indervægge	66
Stålskeletvægge/indervægge	69
Tunge ydervægge/dæk	71
Lette ydervægge/dæk	74
Forsatsvægge, underlofter/vægge, dæk	75

Søjler, bjælker/vægge, dæk	79
Døre, vinduer/indervægge, ydervægge	83
Kapitel 5. Isolering mod trinlyd ..	84
Trapper	84
Altangange, altaner og terrasser .	87
Belægning på trapper, altangange mv.	88
Baderum og wc-rum	88
Kapitel 6. Lydtransmission gennem installationer	91
Radiatoranlæg	91
Ventilationsanlæg	94
Elevatore og affaldsskakte	96
El- og antenneinstallationer	97
Kapitel 7. Efterklangstid	98
Trapperum og fællesgange	98
Undervisningsrum	100
Daginstitutioner	103
Kapitel 8. Lydens udbredelse og måling	104
Luftlyd	104
Bygningslyd	109
Trinlyd	109
Absorption	111
Målemetoder	112
SBI-publikationer om lydforhold	115

ISBN 87-563-0315-7.

Pris: Kr. 29,75 inkl. 20,25 pct. moms.

Oplag: 10.000.

Tryk: Dyva Bogtryk, Glostrup.

Statens Byggeforskningsinstitut:

Postboks 119, 2970 Hørsholm.

Telefon 02-86 55 33.

Eftertryk i uddrag tilladt, men kun med kildeangivelsen: *SBI-anvisning 112: Bygningers lydisolering. 1979.*

Forord

Bygningsreglement 1977 (BR-77) stiller i forhold til tidligere udgaver af reglementet stort set uændrede krav til bygningsers lydforhold.

I bilag 4 til BR-77 er anført en række eksempler på bygningsdele, der kan forventes at opfylde nogle af de krav til luftlydisolation og trinlydniveau, der er stillet i BR-77, kapitel 9, og der er anført nogle principper for udførelsen af samlinger mellem bygningsdele.

Erfaringen viser, at der er behov for flere eksempler og mere detaljerede vejledninger i udførelse af bygningsdele og samlinger, end der kan blive plads til i BR-77.

SBI har derfor udarbejdet denne anvisning, der i vid udstrækning er baseret på erfaringsmateriale fra BAM, Byggeriets Akustiske Målestation. Dette materiale omfatter også registrering af fejl ved projektering og udførelse, og i anvisningen er der på denne baggrund advaret mod en række typiske fejl af denne art.

Ved udarbejdelsen af anvisningen er forfatterne blevet bistået af ingeniør Leonard Juul Petersen, SBI, som har udført konstruktionsoplæg og sekretariatsarbejde. Konstruktionstegningerne er udført af Grete Hartmann Petersen, DIA-B.

I anvisningens første kapitel er der i tabelform givet oversigter over de i dag gældende krav vedrørende lydforhold, og i tilknytning hertil eksempler på

bygningsdele, der kan forventes at opfylde kravene. Eksemplerne kan anvendes som nøgle til anvisningens tredje og fjerde kapitel, der giver en systematisk gennemgang af de lydmæssige egenskaber ved en lang række typiske adskillende bygningsdele og en tilsvarende gennemgang af samlinger mellem de typiske bygningsdele.

Selv om BR-77 ikke stiller krav til facaders lydisolation, er der i tredje kapitel givet nogle vejledende eksempler på udførelse af ydervægge, tage og vinduer.

Anvisningens andet kapitel giver en kortfattet redegørelse for de metoder, der anvendes for at vurdere, om de enkelte måleresultater opfylder kravene til lydforhold.

I anvisningens kapitel 5 og 6 gives eksempler på, hvordan trinlyd fra trapper, altaner og baderum samt støjtransmission gennem installationer kan begrænses ved bygningsmæssige foranstaltninger. Der gives ingen generel anvisning på, hvorledes støjdemping i installationer kan udføres.

I kapitel 7 omtales lyddæmpning af trapperum og lydregulering af undervisningslokaler.

Anvisningens sidste kapitel bringer en kortfattet, elementær fremstilling af lydets udbredelse i bygninger og metoderne til begrænsning af lydgener i almindelighed.

De eksempler på bygningsdele og

samlinger, der er anført i denne anvisning, kan forventes at opfylde kravene til lydforhold i BR-77, når udførelsen sker på en teknisk og håndværksmæssig forsvarlig måde. Der er i anvisningen påpeget nogle af de forhold, der i forbindelse med udførelsen er særlig vigtige for, at en tilstrækkelig lydmæssig kvalitet kan opnås, fx tætning af fuger og samlinger og foranstaltninger til forhindring af flanketransmission.

Det er naturligvis også muligt at opfylde lydkravene ved anvendelse af bygningsdele og samlinger med en anden udformning end anført i anvisningen. Laboratoriemålinger af bygningsdeles lydisolation kan i denne forbindelse være en hjælp ved bedømmelse af bygningsdelenes forventede lydisolation, men lydtransmissionsforholdene i et laboratorium er så forskellige fra forholdene i praksis, at der ved målinger i bygninger ikke kan forventes så gunstige måleresultater for lydisolationen som i laboratoriet.

Med henblik på forberedelse af næste udgave af denne anvisning modtager SBI meget gerne forslag til ændringer og supplerende eksempler.

Statens Byggeforskningsinstitut, 1978.

Kapitel 1. Lovmæssige bestemmelser

Bygningsreglementets krav samt konstruktioner, der kan opfylde kravene

Kravene til lydforhold i Bygningsreglement 1977 (BR-77) er ikke udtrykt på samme måde som kravene i BR-72, da metoderne for vurdering af måleresultater er ændrede.

Bestemmelserne om luftlydisolation, trinlydniveau og støjniveau fra installationer fastsætter det laveste, acceptable kvalitetsniveau. Derfor skal måleresultater opfylde de i BR-77, kapitel 9, specificerede krav, som er gengivet i de her viste tabeller og desuden nærmere beskrevet i de følgende kapitler.

Kravene til luftlydisolation mellem boliger har stort set samme niveau i BR-77 som i BR-72. Bestemmelsen om luftlydisolation mellem boliger og service- eller erhvervsrum er en skærpelse i forhold til tidligere krav. Den angivne værdi på mindst $I_a = 60$ dB vil i de fleste tilfælde sikre tilfredsstillende lave støjniveauer i boligerne¹⁾.

Luftlydisolationen for en væg med dør er fastlagt ved I_a -værdien.

Kravene til isolation mod trinlyd fra beboelsesrum har stort set samme niveau i BR-77 som i BR-72. Kravene til

isolation mod trinlyd fra gulve i baderum er i BR-77 lempet i forhold til BR-72, men ikke så meget, at gulvene kan udføres med mosaikstifter eller terrazobelægning på afretningslag. I de fleste tilfælde vil en svømmende konstruktion være nødvendig for at opfylde kravene til trinlydniveauet.

Bestemmelsen om trinlydniveau i boligers opholdsrum fra service- og erhvervsrum er en skærpelse i forhold til tidligere krav. Den angivne værdi på højst $I_t = 54$ dB vil i de fleste tilfælde sikre tilfredsstillende lave støjniveauer i boligerne²⁾.

I BR-77 stilles specificerede krav til efterklangstiden, som, i modsætning til kravene i BR-72, fastsætter afvigelseskriterier, der gør det muligt at afgøre, om kravene er overholdt.

I BR-77 stilles krav til støjniveauet fra installationer dels i beboelsesrum og dels på udendørs rekreative arealer. Kravene til støjniveau i boligers opholdsrum er tilsyneladende lempet med 5 dB(A). Men da korrektioner for efterklangstid målt i tomme rum ikke mere skal foretages, og da korrektionerne almindeligvis lå mellem 3 og 7 dB, så betyder de nye krav en lempelse

¹⁾ Der kan forekomme tilfælde, hvor et lavere trinlydniveau er nødvendigt, fx fra et diskotek, for at opnå et støjniveau i en omliggende bolig som angivet i Miljøstyrelsens vejledning nr. 3/74, se side 12. Det nødvendige trinlydniveau er i dette tilfælde mindre end $I_t = 40$ dB.

eller en skærpelse på normalt ikke over 2 dB i forhold til de tidligere krav. Når det er valgt at indføre denne større vilkårlighed i de stillede krav, skyldes det ønsket om at forenkle målemetoden, så de udførende og projekterende teknikere selv kan foretage produktionskontrol. Indeholder støjen impulslyde, kortvarig lyd fx ved start eller stop af

motorer, kompressorer mv. eller hørbar støj i smalle frekvensbånd, angives støjniveauet ved den maksimale værdi forøget med 5 dB(A).

Litteratur:
Bygningsreglement BR-72 og BR-77.
SBI-særtryk 269. Bygningsreglement 1977, kapitel 9: Lydforhold.

Krav til luftlydisolation i Bygningsreglement 1977

og:	Mindste luftlydisolation I_a mellem:						
	Beboelsesbygninger		Hoteller, plejehjem mv.		Bygninger til undervisning		
	Sammenbyggede enfamiliehuse	Etageboliger Hori-sonantal retning	Vertikal retning	Beboelsesenheder Hori-sonantal retning	Vertikal retning	Undervisningsrum Hori-sonantal retning	Vertikal retning
Rum i omliggende boliger, beboelsesenheder, trappe- og fællesrum	55 dB ¹⁾	52 dB ²⁾	53 dB	52 dB ²⁾	53 dB		
Rum til fælles service eller erhvervsrådgivning	60 dB	60 dB	60 dB	60 dB	60 dB		
Undervisningsrum og fællesrum						48 dB ²⁾	51 dB
Undervisningsrum til sang, musik, sløjd						60 dB ³⁾	60 dB ³⁾
Fællesgang adskilt ved væg med en dør		39 dB ⁴⁾		39 dB ⁴⁾		34 dB ⁵⁾	
Undervisningsrum adskilt ved væg med en dør						44 dB ⁵⁾	

¹⁾ Ikke mellem to boligers pulter-, vaske-, fyrrum og garager.

²⁾ Lydtransmission gennem eventuelle døre forhindret under måling.

³⁾ Også mellem undervisningsrum til sang, musik og sløjd indbyrdes.

⁴⁾ Ved væg med en bred dør til sengetransport dog kun 34 dB.

⁵⁾ Generelt vil døre i lydklasserne 25, 30 og 35 dB indsat i vægge give I_a -værdier på henholdsvis 34, 39 og 44 dB.

Vægge som kan forventes at opfylde kravene til luftlydisolation

Eksempel på vægge (se kapitel 3 og 4 om bygnings- delenes udførelse og samlinger)	Krav i BR-77 om mindste luftlydisolation I_a			
	60 dB ¹⁾	55 dB	52 dB	48 dB
<i>Enkeltvæg af:</i> mursten kalksandstensblokke beton	1-sten + forsatsvæg 150 mm + forsatsvæg	1 1/2-sten 250 mm	1-sten 230 mm 150 mm	190 mm ²⁾ 120 mm ²⁾
<i>Dobbeltvæg af:</i> mursten beton letbeton	2 × 1/2-sten 2 × 100 mm 2 × 150 mm			

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

²⁾ Kun når der er ringe flanketransmission.

Etageadskillelser som kan forventes at opfylde kravene til luftlydisolation

Eksempler på etageadskillelser (se kapitel 3 og 4 om bygnings- delenes udførelse og samlinger)	Krav i BR-77 om mindste luftlydisolation I_a			
	60 dB	55 dB	53 dB	51 dB
<i>Svømmende gulv på:</i> massiv betonplade betonhulplade betonribbeplade	150 mm + underloft 185 mm + underloft 320 kg/m ² + underloft	200 mm	150 mm 185 mm 320 kg/m ²	120 mm 280 kg/m ²
<i>Trinlyddæmpende belægning på:</i> massiv betonplade betonhulplade med afretning	180 mm + underloft 430 kg/m ² + underloft	250 mm	180 mm 430 kg/m ²	

Krav til trinlydniveau i Bygningsreglement 1977

fra:	Største trinlydniveau I_t i:		
	<i>Beboelsesbygninger</i>	<i>Hoteller, plejehjem mv.</i>	<i>Bygninger til undervisning</i>
	Rum ¹⁾ i sammenbyggede enfamiliehuse	Rum ¹⁾ i etageboliger	Beboelsesrum, fælles opholdsrum
Gulve i omliggende boliger ²⁾ , trapper, reposer, tagterrasser, altangange	58 dB	63 dB ³⁾	63 dB ³⁾
Gulve i omliggende bade-, wc-, pulterrum og lign. over 2,5 m ²		63 dB	
Gulve i omliggende bade- og wc-rum samt altaner over 2,5 m ²		68 dB	68 dB
Gulve i rum til fælles service eller erhvervsmæssig virksomhed	54 dB	54 dB	54 dB
Gulve i omliggende rum			68 dB
Gulve i omliggende undervisningsrum til sang, musik og sløjf			58 dB

¹⁾ Trinlydniveau i bade-, wc-, pulterrum o.l. undtaget.

²⁾ Gulve i bade-, wc-, pulterrum samt altaner under 2,5 m² undtaget.

³⁾ Trinlydniveau i køkkener ved altangange dog indtil 68 dB.

Etageadskillelser som kan forventes at opfylde kravene til trinlydniveau

Eksempler på etageadskillelser ¹⁾ (se kapitel 3 og 4 om bygnings- delenes udførelse og samlinger)	Krav i BR-77 om største trinlydniveau I_t			
	52 dB ²⁾	58 dB	63 dB	68 dB
<i>Svømmende gulv på:</i> massiv betonplade betonhulplade betonribbeplade		200 mm	150 mm 185 mm 320 kg/m ²	120 mm 280 kg/m ²
<i>Trinlyddæmpende belægning på:</i> massiv betonplade betonhulplade med afretning		250 mm	180 mm 430 kg/m ²	

¹⁾ De anførte eksempler på etageadskillelser opfylder kravene til trinlydniveau målt i direkte underliggende rum (modtagerum). I skråt underliggende rum, via bærende enkeltvæg, og med de samme etageadskillelser, vil trinlydniveauet være ca. 5 dB mindre.

²⁾ Kravet til et trinlydniveau på højst $I_a = 54$ dB har normalt ikke relation til gulve i rum direkte over modtagerummet, men til gulve i rum under eller ved siden af modtagerummet.

Krav til efterklangstid i Bygningsreglement 1977

	Efterklangstid	
	Sekunder	Frekvensområde
<i>Etagehuse, hoteller, plejehjem mv.</i>		
Trapperum fælles for mere end 4 boliger	maks. 1,5 s	500 Hz og derover
Gange fælles for mere end 2 boliger	maks. 1,0 s	500 Hz og derover
<i>Bygninger til undervisning¹⁾</i>		
Trapperum	maks. 1,5 s	500 Hz og derover
Fællesgange	maks. 1,0 s	500 Hz og derover
Normalklasserum	0,6-0,9 s i gennemsnit	125-2000 Hz
Klasserum for særundervisning	maks. 0,6 s i gennemsnit	125-2000 Hz
Gymnastiksale	maks. 1,6 s i gennemsnit	125-2000 Hz
Svømmesale til undervisningsbrug	maks. 2,0 s i gennemsnit	125-2000 Hz

¹⁾ Møblerede, men i øvrigt tomme rum.

Krav til støjniveau fra installationer i Bygningsreglement 1977

Installationer:	Største støjniveau fra installationer		
	<i>Beboelsesbygninger, hoteller, plejehjem mv.</i>	<i>Beboelsesrum og fælles oph.rum¹⁾</i>	<i>Bygninger til undervisning</i> <i>Undervisningsrum²⁾</i>
Fælles installationer (afløbs- og brugsvandsinstallationer, elevatorer, kompressorer, ventilationsanlæg, varmecentraler), installationer i vaske-, strygerum o.l.	35 dB(A)	40 dB(A)	
Radiatorer i fælles vandvarmeanlæg	30 dB(A)	30 dB(A)	
Individuelle installationer i omliggende boliger	35 dB(A)	40 dB(A)	
Individuelle, ikke-manuelt styrede installationer inden for boligen	35 dB(A)		
Installationer i erhvervsvirksomheder i beboelsesbygninger, hoteller mv.	30 dB(A)		
Tekniske installationer i bygninger til undervisningsbrug			35 dB(A)
	Støjniveau på rekreative arealer, herunder altaner, uderum og lign.		
Fælles anlæg: ventilationsmaskineri, varmecentraler, renovationsanlæg mv.	40 dB(A)		

For momentane lyde eller for hørbar støj i smalle frekvensbånd er de største tilladte værdier 5 dB mindre end anført.

¹⁾ Umøblerede rum.

²⁾ Møblerede, men iøvrigt tomme rum.

Andre bestemmelser og vejledninger

Der er i medfør af anden lovgivning end byggeloven udsendt vejledninger og anvisninger med hensyn til støj i og omkring beboelsesbygninger. Nogle af disse bestemmelser omtales her, fordi de har betydning for støjniveauet i boliger.

I Miljøstyrelsens vejledning nr. 3 om ekstern støj fra virksomheder angives grænser for summen af den eksterne støj fra virksomheder og grænser for støj transmitteret fra en virksomhed til en bolig inden for samme bygning.

Det i vejledningen anførte støjniveau er det såkaldte ækvivalente, konstante lydtrykniveau dB(A) korrigeret for impulslyde, tydelige toner og efterklangstid. Dette støjniveau er mere tidskrævende og mere kompliceret at måle end det i BR-77 definerede støjniveau. Interesserede henvises til Miljøstyrelsens vejledning.

Erhvervsaktiviteter kan i princippet fortolkes meget vidt. Støj fra såvel forretninger og restauranter som foreningslokaler, varmecentraler og lign. vurderes med udgangspunkt i de niveauer, der er anført i denne vejledning. Dette gælder både i forbindelse med godkendelse af nye virksomheder og ved bedømmelse af støjgener fra eksisterende virksomheder.

I Miljøstyrelsens vejledning nr. 2, Miljøhensyn ved planlægning, maj 1974, anføres i afsnit 5 en række vejledninger med hensyn til, hvilke støjniveauer der bør tilstræbes ved trafikplanlægning i relation til diverse bebyggelsesområder.

I NKB-skrift nr. 17, Støj og byplan, 1974, angives i afsnit B, at det ækvivalente, konstante lydtrykniveau fra trafik ikke bør overstige 30 dB(A)_{eq} i boliger

målt på døgnbasis. Dette vil som regel betyde natniveauer under 25 dB(A)_{eq}.

Områder for	Maksimalt støjniveau dB(A) _{eq}		
	Dag	Aften	Nat
Etagehusbebyggelse	50	45	40
Åben og lav bebyggelse	45	40	35

Grænser for ekstern støj fra virksomheder. Da grænserne gælder for summen af støjniveauet, kan krav om grænseværdier for støj fra den enkelte virksomhed godt blive strengere end angivet i skemaet.

Kilde: Miljøstyrelsens vejledning nr. 3, Ekstern støj fra virksomheder. Maj 1974. Afsnit 6, stk. 6.1.

Tidsrum	Maksimalt støjniveau dB(A) _{eq}	
Dag	Kl. 07-18	30
Aften	Kl. 18-22	30
Nat	Kl. 22-07	25

Grænser for støj transmitteret fra en virksomhed til en bolig i samme bygning.

Kilde: Miljøstyrelsens vejledning nr. 3, Ekstern støj fra virksomheder. Maj 1974. Afsnit 6, stk. 6.2.

Se også fodnoter på side 12.

Kapitel 2. Vurdering af lydisolations

I BR-77 er indført de internationale begreber I_a (Index of airborne insulation) for angivelse af luftlydisolation og I_i (Index of impact sound) for angivelse af trinlydniveau. Til disse størrelser er knyttet nogle vurderingsmetoder, der er fastlagt i den internationale ISO/R717, Rating of sound insulation for dwellings, 1968.

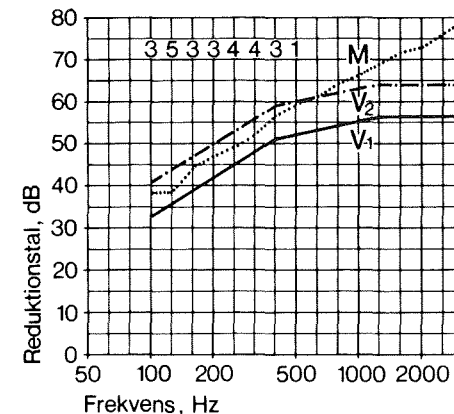
Luftlydisolation I_a

I_a -værdien angiver med et enkelt tal luftlydisolationen mellem to rum, bestemt på grundlag af de tilsyneladende reduktionstal R' ved hver $\frac{1}{3}$ oktav i frekvensområdet 100-3150 Hz. Målinger foretages således ved 16 frekvenser. På grundlag af målingerne beregnes reduktionstallet ved hver frekvens - her kaldet »Måleresultat«.

I_a -værdien findes på følgende måde. Måleresultatet, dvs. reduktionstallet R' , indtegnes i et diagram som funktion af frekvensen. Måleresultatet er betegnet M .

Dernæst indtegnes i samme diagram en standardiseret vurderingskurve V_1 ; som udgangsbegivenhed er valgt et kurveforløb med ordinatværdien 52 dB ved 500 Hz.

Så forskydes vurderingskurven parallelt med ordinataksen i trin på 1 dB til den beliggenhed V_2 , som, bestemt af betingelserne *a* og *b*, giver den mindste I_a -værdi.



Bestemmelse af I_a -værdi.

M : »Måleresultat«, reduktionstal R' som funktion af frekvensen

V_1 : Standardiseret vurderingskurve, ordinatværdi ved 500 Hz: 52 dB

V_2 : Forskudt vurderingskurve, ordinatværdi ved 500 Hz: 62 dB = I_a

Betingelser for vurderingskurvens beliggenhed:

- Summen af ugunstige afvigelser må ikke være større end 32 dB.
- Ingen ugunstig afvigelse må være større end 8 dB. Hvis en ugunstig afvigelse er 8 dB, skal summen af ugunstige afvigelser være mindre end 32 dB.

Ved ugunstige afvigelser forstås, at måleresultater, M , har lavere værdier end den forskudte vurderingskurve V_2 .

Ugunstige afvigelser er anført ved tallene oven i figuren. Største ugunstige afvigelse er 5 dB, sum af ugunstige afvigelser er 26 dB. Hvis kurven V_2 forskydes endnu et trin op, bliver summen af ugunstige afvigelser 34 dB, dvs. større end det tilladte maksimum på 32 dB.

I_a -værdien aflæses nu som den forskudte vurderingskurves ordinatværdi ved frekvensen 500 Hz.

Luftlydisolation I_a gælder for målinger i bygninger. Når resultater fra laboratoriemålinger vurderes efter denne metode, benyttes betegnelsen $I_{a,tab}$.

Trinlydniveau I_t

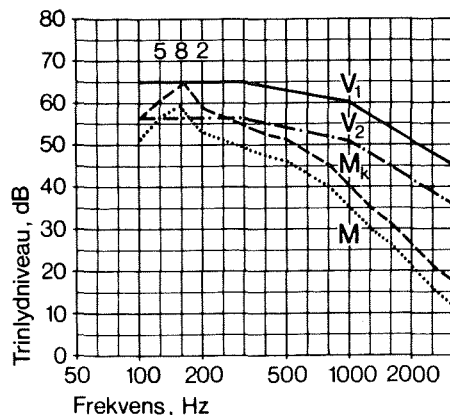
I_t -værdien angiver med et enkelt tal trinlydniveauet i et rum, bestemt på grundlag af trinlydniveauet L'_n ved hver $\frac{1}{3}$ oktav i frekvensområdet 100–3150 Hz. Målinger foretages således ved 16 frekvenser. På grundlag af målingerne beregnes trinlydniveauet ved hver frekvens – her kaldet »Måleresultat«.

I_t -værdien findes på følgende måde. Måleresultatet, dvs. trinlydniveauet L'_n i dB pr. $\frac{1}{3}$ oktav som funktion af frekvensen, indtegnes i et diagram. Til måleresultatet adderes 5 dB, hvorved der i diagrammet fremkommer et korrigeret måleresultat. Måleresultatet er betegnet M og det korrigerede måleresultat M_k .

Dernæst indtegnes i samme diagram en standardiseret vurderingskurve V_1 ; som udgangsbeliggenhed er valgt kurveforløb med ordinatværdien 63 dB ved 500 Hz.

Så forskydes vurderingskurven parallelt med ordinataksen i trin på 1 dB til den beliggenhed V_2 , som, bestemt af betingelserne *a* og *b*, giver den største I_t -værdi.

I_t -værdien aflæses nu som den forskudte vurderingskurves ordinatværdi ved frekvensen 500 Hz.



Bestemmelse af I_t -værdi.

M : »Måleresultat«, reduktionstal L'_n som funktion af frekvensen

M_k : Måleresultatet, korrigeret med 5 dB.

V_1 : Standardiseret vurderingskurve, ordinatværdi ved 500 Hz: 63 dB

V_2 : Forskudt vurderingskurve, ordinatværdi ved 500 Hz: 54 dB = I_t

Betingelser for vurderingskurvens beliggenhed:

a. Summen af ugunstige afvigelser må ikke være større end 32 dB.

b. Ingen ugunstig afvigelse må være større end 8 dB. Hvis en ugunstig afvigelse er 8 dB, skal summen af ugunstige afvigelser være mindre end 32 dB.

Ved ugunstige afvigelser forstås, at måleresultater, M_k , har lavere værdier end den forskudte vurderingskurve V_2 .

Ugunstige afvigelser er anført ved tallene foroven i figuren. Største ugunstige afvigelse er 8 dB, sum af ugunstige afvigelser er 15 dB. Hvis kurven V_2 forskydes endnu et trin op, bliver den største ugunstige afvigelse 9 dB, dvs. større end det tilladte maksimum på 8 dB.

Lydklasser – luftlydisolation

I denne anvisning er der ved vurdering af luftlydisolationen for separate bygningsdele og for bygningsdele i sammenbygning anvendt en inddeling af luftlydisolation i lydklasser.

Hver klasse er kendetegnet ved et antal dB. Når en konstruktions luftlydisolation er vurderet til n dB, betyder det, at konstruktionen er i klassen n dB og hermed kan forventes at give en lydisolation på mindst $I_a = n$ dB.

Ved vurdering af *indervægges og etageadskillelsers luftlydisolation* anvendes lydklasser svarende til kravene i BR-77. Klasserne har de i tabellen angivne mindste I_a -værdier.

Da bygningers klimaskærm har stor indvirkning på indelydklimaet, angives også luftlydisolation for almindeligt benyttede ydervægs- og tagkonstruktioner, selv om BR-77 ikke indeholder krav hertil.

Ved vurdering af *ydervægges, vinduers og tages luftlydisolation* anvendes en klasseinddeling med de i tabellen angivne mindste I_a -værdier.

	36 dB	40 dB	44 dB
48 dB	52 dB	55 dB	60 dB

Lydklasser for indervægge. Værdierne under 48 dB er ikke indeholdt i BR-77. De benyttes her i anvisningen til at vurdere almindeligt anvendte tynde og lette vægge i lydмæssig henseende.

		44 dB	48 dB
51 dB	53 dB	55 dB	60 dB

Lydklasser for etageadskillelses. Værdierne 44 og 48 dB er ikke indeholdt i BR-77.

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

Lydklasser for ydervægge, vinduer og tage. BR-77 indeholder ikke krav til facadens lydisolation, og der findes ingen standardiseret metode til vurdering heraf. I de fleste tilfælde vil luftlydisolationen I_a eller $I_{a,tab}$ være lig med middelduktionstallet R'_m plus 2–3 dB. Groft sagt kan der for tætte konstruktioner regnes med følgende:

For ydervægge: $I_a \approx R'_m + 2$ dB

For døre: $I_{a,tab} \approx R_m + 2$ dB

For vinduer: $I_{a,tab} \approx R_m + 3$ dB

For vinduer, lette ydervægge og tage kan der regnes med, at $I_a \approx I_{a,tab}$.

54 dB	58 dB	63 dB	68 dB	73 dB
-------	-------	-------	-------	-------

Lydklasser for trinlydniveau. Værdien 73 dB er ikke indeholdt i BR-77.

Lydklasser – trinlydniveau

Også trinlydniveauet for bygningsdele er i denne anvisning vurderet ved hjælp af klasser. Hver klasse er kendetegnet ved et antal dB. Når en konstruktions trinlydniveau er vurderet til n dB, betyder det, at konstruktionen er i klassen n dB og hermed kan forventes at give et trinlydniveau på højst $I_t = n$ dB i omliggende rum. De anvendte klasser svarer til kravene i BR-77, og klassernes største I_t -værdier er angivet i tabellen.

Kapitel 3. Bygningsdele

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

Der er ikke her foretaget en opdeling af vægge efter statisk funktion i bærende og ikke-bærende. Fra et akustisk synspunkt er det kun formen for tilslutning af de omgivende bygningsdele, der er af betydning. En muret væg kan fx sluttes til undersiden af et dæk, eller den kan være sammenstøbt med dækket.

Trinlydniveauer vurderes kun på basis af måleresultater fra bygninger, idet der ikke er entydig sammenhæng mellem trinlydniveauer under ens etageadskillelser målt i bygninger og målt i laboratorier.

Stål- og træbjælkelag er ikke omtalt her, da de kræver en helt speciel byggeteknik, for at kravene i BR-77 kan opfyldes.

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

På side 33-42 anvises luftlydisolation for ydervægs- og tagkonstruktioner, selv om bygningsreglementet ikke

indeholder krav hertil. For at opnå god beskyttelse mod støj udefra anvises loftsbeklædning med to lag plader ved alle tagkonstruktioner af træ, selv om to lag plader kun i enkelte tilfælde er nødvendige af hensyn til luftlydisolationen mellem boliger, se tabellen side 64.

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

Enkeltvægge af mursten

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

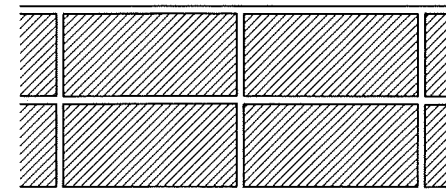
Kravet om en luftlydisolation på mindst $I_a = 48$ dB mellem to undervisningsrum kan opfyldes ved anvendelse af murstensvægge med en tykkelse på 1-sten, eventuelt udført som to $\frac{1}{2}$ -stens vægge hvis der ønskes upudsede overflader på begge sider. Ved at indmure bindere og udfylde fugen mellem de to $\frac{1}{2}$ -stens vægge med mørtel opnås en bedre lydisolation af sådanne upudsede vægge.

Mellem sammenbyggede enfamiliehuse, hvor der stilles krav om en luftlydisolation på mindst $I_a = 55$ dB, skal murstensvægge have en tykkelse på mindst $1\frac{1}{2}$ -sten.

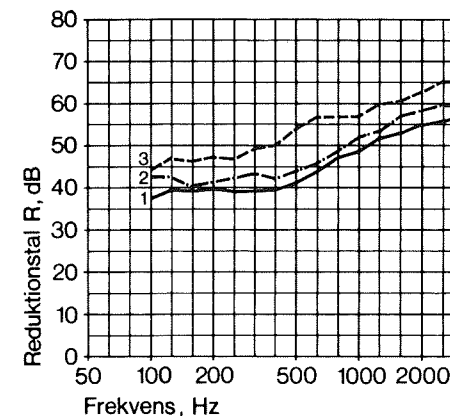
Murede vægge forudsættes opført af tegl- eller kalksandsten med en rumvægt på 1600 kg/m^3 , muret med fyldte fuger og pudset eller fuget. For vægge med tykkelse på 1-sten eller mere er forskellen i middelreduktionstal mellem en pudset og en fuget væg mindre end 1,0 dB.

Udsparinger i vægge formindsker væggenes lydisolation, og deres I_a -værdier kan blive mindre end angivet i tabellen.

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



1-sten. Vandret snit 1:10.



Laboratoriemålinger for vægtyperne 1, 2 og 3.

Væg	1	2	3	4	
	$\frac{1}{2}$ -sten	168 mm	1-sten	$\frac{1}{2}$ -sten	
		sten			
Vægt ca.	200	290	370	570	kg/m ²
$I_{a,tab}$	47	50	56		dB
I_a	44	44	52	55	dB

Luftlydisolation for enkeltvægge af mursten. $I_{a,tab}$ er angivet ved målte værdier. I_a er angivet ved lydklasse, se side 15.

Litteratur:

SBI-lydpjece 9. Murstensvægge, enkelte. 1974.

Enkeltvægge af kalksandstensblokke

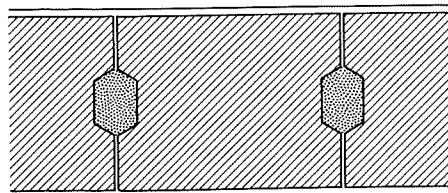
I fleretages beboelsesbygninger samt i hoteller, kollegier og plejehjem kan bygningsreglementets krav om en luftlydisolation på mindst $I_a = 52$ dB mellem to beboelsesenheder og mellem beboelsesenheder og andre rum opfyldes ved anvendelse af murede vægge af kalksandstensblokke med en tykkelse på mindst 230 mm.

Kravet om en luftlydisolation på mindst $I_a = 48$ dB mellem to undervisningsrum kan opfyldes ved anvendelse af murede vægge af kalksandstensblokke med en tykkelse på 190 mm, når der er ringe flanketransmission.

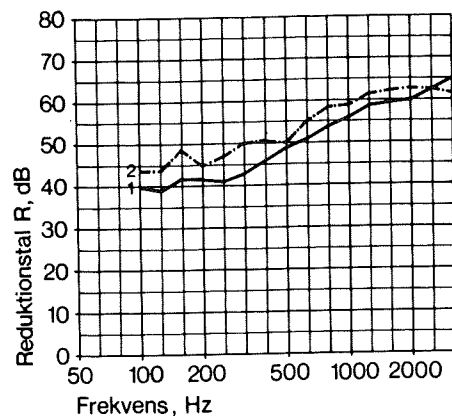
Væggene forudsættes muret med fyldte fuger og pudset. Det er i praksis nødvendigt, at væggene opføres med det af fabrikanten anbefalede muregrej, og at den foreskrevne udførelsesvejledning følges.

Udsparinger i vægge formindsker deres luftlydisolation, hvorved I_a -værdierne kan blive mindre end angivet i tabellen.

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



230 mm kalksandsten. Vandret snit 1:10.



Laboratiormålinger for vægtyperne 1 og 2.

Væg	1	2	
	190 mm kalk-sandsten	230 mm kalk-sandsten	
Vægt ca.	360	430	kg/m ²
$I_{a,tab}$	53	57	dB
I_a	48	52	dB

Luftlydisolation for enkeltvægge af kalksandstensblokke. $I_{a,tab}$ er angivet ved målte værdier. I_a er angivet ved lydklasse, se side 15.

Enkeltvægge af beton

I fleretages beboelsesbygninger samt i hoteller, kollegier og plejehjem kan bygningsreglementets krav om en luftlydisolation på mindst $I_a = 52$ 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 på mindst $I_a = 48$ dB mellem to undervisningsrum kan opfyldes ved anvendelse af betonvægge med en tykkelse på 120 mm, når der er ringe flanketransmission.

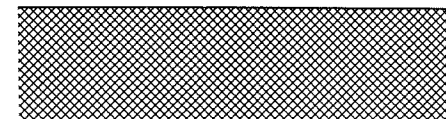
Mellem sammenbyggede enfamiliehuse, hvor der stilles krav om en luftlydisolation på mindst $I_a = 55$ dB, skal betonvægge have en tykkelse på mindst 250 mm.

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, skal mertykkelsen udnyttes til at forøge afstanden mellem dækpladernes knastender, så der opnås bedst mulige betingelser for udstøbnings og dermed bedre luftlydisolation.

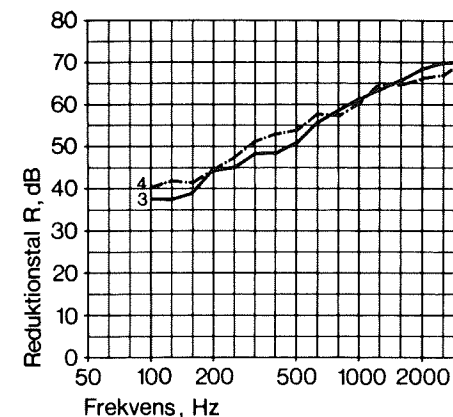
Udsparinger i vægge formindsker deres luftlydisolation, hvorved I_a -værdierne kan blive mindre end angivet i tabellen.

Det skal ved tynde ikke-bærende betonvægge sikres, at dækkene ved nedbøjning ikke belaster væggene, hvilket giver en forøgelse af flanketransmissionen og en forøget risiko for revner i væggene.

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



150 mm beton. Vandret snit 1:10.



Laboratiormålinger for vægtyperne 3 og 4.

Væg	1	2	3	
	60 mm beton	90 mm beton	120 mm beton	
Vægt ca.	140	210	280	kg/m ²
$I_{a,tab}$			55	dB
I_a	40	44	48	dB

Væg	4	5	6	
	150 mm beton	180 mm beton	250 mm beton	
Vægt ca.	350	420	580	kg/m ²
$I_{a,tab}$	58	59		dB
I_a	52	52	55	dB

Luftlydisolation for enkeltvægge af beton. $I_{a,tab}$ er angivet ved målte værdier. I_a er angivet ved lydklasse, se side 15.

Litteratur:
SBI-anvisning 90. Lydisolation i montagebyggeri. 1972.
SBI-lydpjece 10. Betonvægge, enkelte. 1974.

Enkeltvægge af letbeton

Indervægge af letbeton kan anvendes som adskillelse mellem rum, hvor der i bygningsreglementet ikke stilles krav til luftlydisolationen.

Letbetonvægge anvendes almindeligvis i tykkelser fra 75 mm til 150 mm, og de kan da, ligesom andre tynde og stive vægge, give flanketransmission, der især viser sig ved lodret transmission mellem boliger i bygninger med flere beboelseslag. Derfor bør det sikres, at nedbøjede dæk ikke belaster letbetonvægge. Belastning af letbetonvægge giver desuden risiko for dannelse af revner, som vil nedsætte væggenes luftlydisolation.

Letbetonvægge forudsættes opført af elementer eller blokke af letbeton med en rumvægt på 800 kg/m^3 .

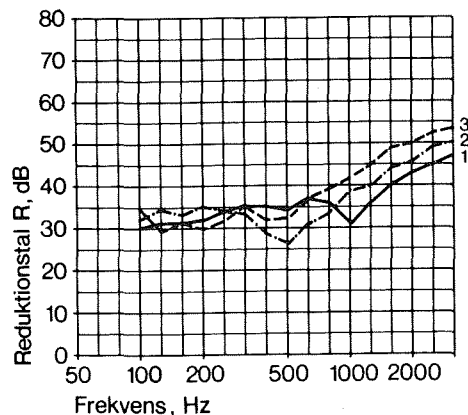
Det forudsættes, at samlinger mellem vægelementer udføres således, at de forbliver tætte, og at der tætnes omkring alle rørgennemføringer.

Vægge af letbetonblokke forudsættes muret med fyldte fuger.

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



100 mm letbeton. Vandret snit 1:10.



Laboratiemålinger for vægtyperne 1, 2 og 3.

Væg	1	2	3	4	
	75 mm	100 mm	150 mm	300 mm	
	letb.	letb.	letb.	letb.	
Vægt ca.	60	80	120	240	kg/m^2
$I_{a,tab}$	36	38	41		dB
I_a	36	36	40	44	dB

Luftlydisolation for enkeltvægge af letbeton. $I_{a,tab}$ er angivet ved målte værdier. I_a er angivet ved lydklasse, se side 15.

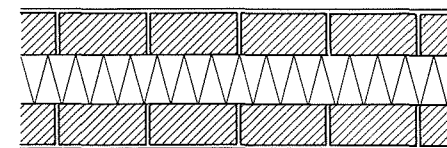
Dobbeltvægge af mursten, beton og letbeton

I bygningsreglementet stilles krav om forøget luftlydisolation på mindst $I_a = 60 \text{ dB}$ mellem beboelsesenheder og rum, der anvendes til fælles service eller erhvervsmæssig virksomhed samt mellem undervisningsrum for sang, musik og sløjd og mellem disse og andre undervisningsrum.

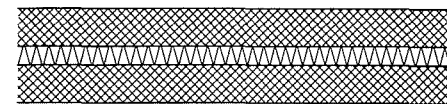
Dobbeltvægge kan opfylde dette krav, forudsat at de to vægdele er fuldstændig adskilte og at alle samlinger med omgivende bygningsdele udføres på en måde, som forhindrer flanketransmission gennem omgivende bygningsdele.

Da de nævnte forudsætninger er vanskelige at opfylde i etagehuse, hoteller mv. og i skoler, anvendes dobbeltvægge normalt ikke i disse bygningskategorier.

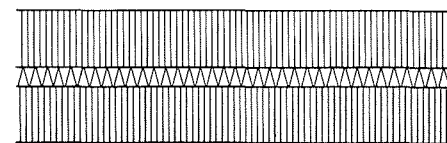
I praksis finder dobbeltvægge af mursten, beton eller letbeton især anvendelse som adskillelse mellem rækkehuse, når der tilstræbes en luftlydisolation væsentlig større end det krævede minimum på 55 dB og et trinlydniveau målt i et naboehus væsentlig mindre end det krævede maksimum på 58 dB. Forudsætningen om fuldstændig adskillelse mellem dob-



$2 \times \frac{1}{2}$ -sten.



$2 \times 100 \text{ mm}$ beton.



$2 \times 150 \text{ mm}$ letbeton. Vandret snit 1:20.

beltvægges to vægdele – også ved samlinger med omgivende bygningsdele – medfører, at de statiske betingelser for stabilitet må være opfyldt for hvert enkelt hus i en række.

Dobbeltvægge skal udføres med adskillelse mellem de to vægdele, og i

Væg	1	2	3	4	5	
	350 mm	350 mm	410 mm	250 mm	350 mm	
	$2 \times$	$2 \times$	$2 \times$	$2 \times$	$2 \times$	
	$\frac{1}{2}$ -sten	150 mm sten	bredsten	100 mm beton	150 mm letbeton	
Vægt ca.	360	500	570	460	250	kg/m^2
I_a	60	60	60	60	60	dB
$I_{a,min}$	48	52	52	52	44	dB

Luftlydisolation for dobbeltvægge af mursten, beton og letbeton. I_a er angivet ved lydklasse, se side 15. Med korrekt udførte dobbeltvægge vil der i praksis kunne opnås I_a -værdier mellem 65 og 70 dB. $I_{a,min}$ angiver den lydklasse, hvortil luftlydisolationen kan aftage, hvis væggene ikke er udført korrekt.

mellemrummet skal anbringes mineraluld, som ikke må være sammenpresset. I vægge af mursten og letbeton skal anvendes mineraluld med stor tæthed. Glasuld og stenuld med lige stor akustisk tæthed, dvs. strømningsmodstand, har imidlertid forskellig rumvægt. I vægge af mursten og letbeton skal derfor benyttes glasuld med en rumvægt på 50–60 kg/m³ eller stenuld med en rumvægt på 100–120 kg/m³.

Vægge forudsættes pudset, fuget eller spartlet således, at der opnås en tæt overflade. Fuger skal være fyldte, og alle samlinger mellem elementer skal være udstøbte. Der må ikke foretages udsparinger.

Rumvægten for letbeton skal være mindst 800 kg/m³ og for mursten 1600 kg/m³. Det er en absolut forudsætning, at der ikke anvendes bindere, ledere, styreskinner eller andre faste forbindelser mellem dobbeltvægges to vægdele, og at der under arbejdsudførelsen ikke efterlades mørtel eller andet i hulrummet.

Flankerende bygningsdele må ikke sammenkoble de to vægdele.

Luftlydisolationen kan blive mindre for en dobbeltvæg med stive forbindelser mellem vægdelene end for en enkeltvæg med samme vægt. Risikoen for, at luftlydisolationen ikke opfylder bygningsreglementets krav er derfor størst ved brug af de letteste vægge.

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

Enkelte og dobbelte stålskeletvægge

I fleretages beboelsesbygninger samt i hoteller, kollegier og plejehjem kan bygningsreglementets krav om en luftlydisolation på mindst $I_a = 52$ dB mellem to beboelsesenheder og mellem beboelsesenheder og andre rum opfyldes ved anvendelse af gipspladebeklædte stålskeletvægge med delvis adskilte skeletter, to lag 13 mm gipsplader på hver side og en vægtykkelse på mindst 145 mm.

Kravet om en luftlydisolation på mindst $I_a = 48$ dB mellem to undervisningsrum kan opfyldes ved anvendelse af stålskeletvægge med samme udførelse.

Mellem sammenbyggede enfamiliehuse, hvor der stilles krav om en luftlydisolation på mindst $I_a = 55$ dB, skal stålskeletterne være helt adskilte, beklædningen af to lag 13 mm gipsplader på hver side og vægtykkelsen mindst 230 mm.

Mellem undervisningsrum til sang, musik og sløjd og mellem disse og andre undervisningsrum, hvor der stilles krav om en luftlydisolation på mindst $I_a = 60$ dB, skal stålskeletterne være helt adskilte, beklædningen af tre lag 13 mm gipsplader på hver side og vægtykkelsen mindst 230 mm.

Mellem rum, hvor bygningsreglementet ikke stiller krav til luftlydisolationen, kan anvendes pladebeklædte stålskeletvægge med mindre tykkelse.

Monteringsvejledninger for pladebeklædte vægge skal følges, og ved alle vægge med større lydisolation end 40 dB skal anvendes fugemasse ved samlinger til omgivende bygningsdele.

Der må ved projektering tages til-

strækkeligt hensyn til væggenes tilslutningsbetingelser til omgivende bygningsdele, idet flanketransmissionen kan nedsætte lydisolationen betydelig mere end forventet. Derfor bør omgivende massive bygningsdeles reduktionstal være 4–6 dB større end væggenes reduktionstal. For at opnå dette kan det eventuelt være nødvendigt at forsyne de omgivende bygningsdele med lydisolerende forsatsvægge og underlofter.

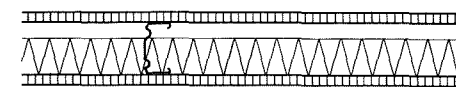
Der må ikke anbringes installationer i stålskeletvægge med større lydisolation end $I_a = 52$ dB.

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

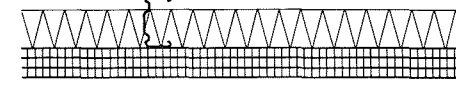
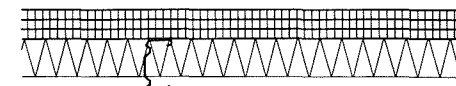
Litteratur:

SBI-lydplade 5. Pladebeklædte stålskeletvægge, enkelte. 1975.

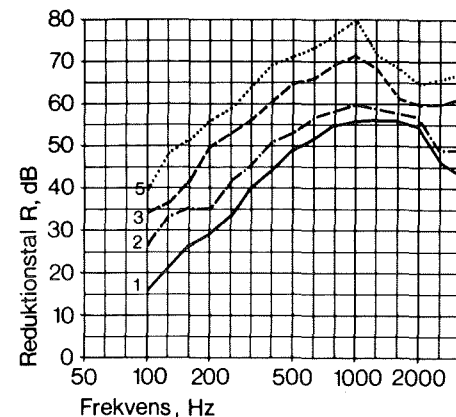
SBI-lydplade 6. Pladebeklædte stålskeletvægge, dobbelte. 1975.



95 mm enkelt stålskeletvæg.



230 mm dobbelt stålskeletvæg. Vandret snit 1:10.



Laboratoriemålinger for vægtyperne 1, 2, 3 og 5.

Væg	1	2	3	4	5
	95 mm	120 mm	145 mm	230 mm	230 mm
Stålskelet	1 × 70 mm	1 × 70 mm	70 mm/90 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 × 3 × 13 mm
Mineraluld	50 mm	50 mm	100 mm	150 mm	100 mm
Vægt ca.	25	45	48	50	70
$I_{a,tab}$	43	51	59		66
I_a	36	44	52	55	60

Luftlydisolation for stålskeletvægge. $I_{a,tab}$ er angivet ved målte værdier. I_a er angivet ved lydklasse, se side 15.

Litteratur:

SBI-lydplade 11. Murstensvægge, dobbelte. 1979.

SBI-lydplade 12. Betonvægge, dobbelte. 1979.

Vægge med lydisolierende forsatsvæg

I bygningsreglementet stilles krav om forøget luftlydisolation på mindst $I_a = 60$ dB mellem beboelsesenheder og rum, der anvendes til fælles service eller erhvervmæssig virksomhed samt mellem undervisningsrum for sang, musik og sløjd og mellem disse og andre undervisningsrum.

Denne forøgede luftlydisolation kan opnås ved anvendelse af murstensvægge med en tykkelse på 1-sten eller betonvægge med en tykkelse på 150 mm, begge forsynet med en lydisolierende forsatsvæg.

Opfyldelse af kravet om forøget luftlydisolation gør det nødvendigt, at også de øvrige vægge og dæk i rum, hvori der frembringes høje lydtrykniveauer, forsynes med lydisolierende forsatsvægge og underlofter for at modvirke flanketransmission.

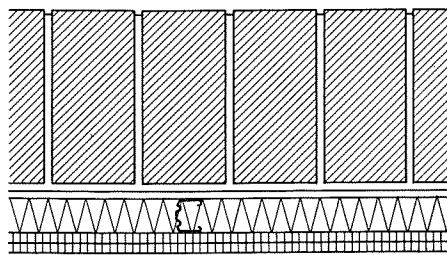
Afstanden mellem den tunge væg og stålskelettet skal være ca. 10 mm, hulrummet udfyldes med mineraluld af »A«-typen, og forsatsvæggen fastgøres kun i de flankerende vægge og dæk.

Forsatsvægge med træskelet kan også anvendes, men de giver erfaringsmæssigt mindre forbedring af lydisolationen end forsatsvægge med stålskelet. Afstanden mellem væg og træskelet bør være mindst 30 mm.

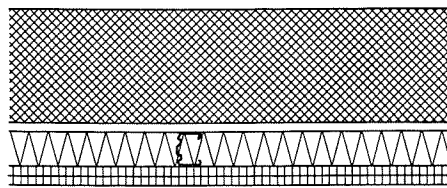
Til forsatsvægge bør der anvendes to lag beklædninger med tykkelser på 10–13 mm. De benyttede plader skal opfylde de brandtekniske krav.

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

Vægges samlinger med omgivende bygningsdele har afgørende indvirkning på luftlydisolationen, se kapitel 4, side 75.



1-stensvæg med forsatsvæg.



150 mm betolvæg med forsatsvæg. Vandret snit 1:10.

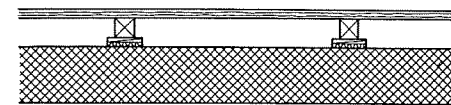
	1-sten med forsatsvæg	150 mm beton med forsatsvæg	
Vægt ca.	390	370	kg/m ²
I_a	60	60	dB

Luftlydisolation for vægge med lydisolierende forsatsvæg. I_a er angivet ved lydklasse, se side 15. For at opnå de angivne værdier for luftlydisolation forudsættes det, at forsatsvæggenes resonansfrekvens er mindre end 90 Hz, se side 108.

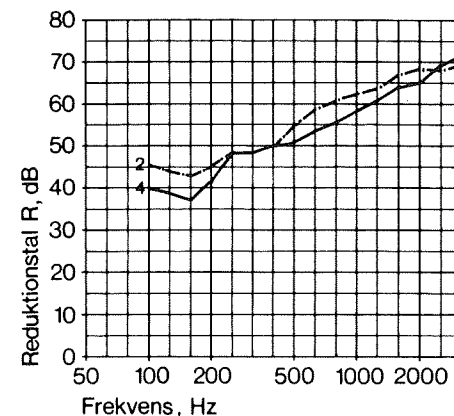
Beton- og letbetondæk

I fleretages beboelsesbygninger samt i hoteller, kollegier og plejehjem stilles bygningsreglementet krav om en luftlydisolation på mindst $I_a = 53$ dB mellem to beboelsesenheder og mellem beboelsesenheder og andre rum. I de samme bygningskategorier stilles der krav om et trinlydniveau målt i en omliggende beboelsesenheds rum på højst $I_t = 63$ dB. Kravene kan opfyldes af følgende typer dæk: massive betonplader med tykkelse på mindst 150 mm, betonhulplader med tykkelse på mindst 185 mm eller betonribbeplader med vægt på mindst 320 kg/m². Dækkene skal forsynes med svømmende gulv af træ, beton eller asfalt. En anden mulighed er at benytte dæk med en samlet vægt på ca. 430 kg/m², bestående af enten massive betonplader eller betonhulplader med betonafretning. På disse dæk skal udlægges en trinlyddæmpende belægning, se side 32.

Mellem undervisningsrum stilles bygningsreglementet krav om en luftlydisolation på mindst $I_a = 51$ dB, og i undervisningsrum kræves et trinlydniveau på højst $I_t = 68$ dB. Disse krav kan opfyldes af følgende typer dæk: massive betonplader med tykkelse på mindst 120 mm, betonhulplader med



150 mm beton med trægulv. Lodret snit 1:20.



Laboratoriemålinger for dæktypene 2 og 4 forsynet med trægulv på strøer.

Dæk	1	2	3	4	5	6	7	8	
	120 mm beton	150 mm beton	200 mm beton	185 mm betonhulplade	215 mm betonhulplade	betonribbeplade	betonribbeplade	200 mm letbeton	
Vægt ca.	290	360	480	310	330	280	320	160	kg/m ²
$I_{a,tab}$		58		55					dB
I_a	51	53	55	53	53	51	53	44	dB
I_t	68	63	58	63	63	68	63	73	dB

Luftlydisolation og trinlydniveau for beton- og letbetondæk forsynet med trægulv på strøer. $I_{a,tab}$ er angivet ved målte værdier. I_a er angivet ved lydklasse og I_t ved lydklasse for trinlydniveau, se side 15.

tykkelse på mindst 185 mm eller betonribbeplader med vægt på mindst 280 kg/m². Dækkene skal forsynes med svømmende gulv. Det er også muligt at benytte dæk med en samlet vægt på ca. 430 kg/m², bestående af enten massive betonplader eller betonhulplader med betonafretning, i begge tilfælde forsynet med en trinlyddæmpende belægning.

For etageadskillelser uden svømmende gulv er der anført samme m²-vægt i undervisningsbygninger og i fleretages beboelsesbygninger, selv om bygningsreglementets krav ikke er lige strenge for disse bygningskategorier.

Dette skyldes, at undervisningsrum er større end almindelige beboelsesrum, og at trinlydniveauet er højere jo større modtagerummet er, se side 114.

Mellem sammenbyggede enfamiliehuse stiller bygningsreglementet krav om en luftlydisolation på mindst $I_a = 55$ dB, og trinlydniveauet målt i et nabo-hus må være højst $I_i = 58$ dB. For at opfylde disse strenge krav kan eventuelle fælles etageadskillelser fx udføres af massive betonplader med en tykkelse på mindst 200 mm og forsynet med trægulv på strøer.

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

De i tabellen angivne værdier for trinlydniveau gælder ved målinger i direkte underliggende rum. Ved målinger i skråt underliggende rum, via bærende enkeltvæg, vil trinlydniveauet være ca. 5 dB lavere.

Installationsgennemføringer kan nedsætte lydisolationen. Derfor bør de være få, tætte og rigtigt placeret. Gul-

ve skal udlægges således, at der ikke dannes lydbroer mellem den svømmende gulvplade og det bærende dæk.

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

Betondæk med lydisolerende underloft

Bygningsreglementet stiller krav om forøget luftlydisolation på mindst $I_a = 60$ dB mellem boliger og rum, der anvendes til fælles service eller erhvervs-mæssig virksomhed. Det samme krav er gældende mellem undervisningsrum for sang, musik og sløjde og mellem disse og andre undervisningsrum.

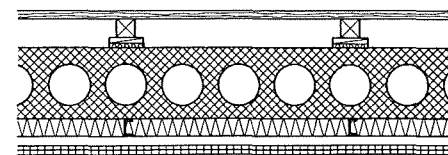
Opfyldelse af kravet om forøget luftlydisolation kan ske ved brug af de etageadskillelser, som benyttes mellem to boliger, se side 75, når der i de rum, hvori de høje lydtrykniveauer frembringes, benyttes lydisolerende underlofter.

I bygninger, som rummer både boliger og erhvervsvirksomhed, kan der i medfør af anden lovgivning stilles krav til støjniveauet i boligerne, se side 12. Disse krav kan nødvendiggøre endnu større luftlydisolation og lavere trinlydniveau end foreskrevet i bygningsreglementet, men der kan ikke gives generelle anvisninger på, hvorledes kravene kan opfyldes.

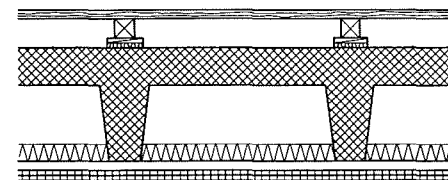
Den i bygningsreglementet krævede luftlydisolation på mindst $I_a = 60$ dB vil næppe kunne nås med installationsgennemføringer i etageadskillelsen. Derfor bør installationsfremføringer ske i skakt eller andet flankerende rum.

Der må ved brug af betondæk med lydisolerende underloft også regnes med, at de flankerende massive vægge skal forsynes med lydisolerende forsatsvægge.

Etageadskillelsers samlinger med omgivende bygningsdele har afgørende indvirkning på luftlydisolationen, se kapitel 4, side 75.



185 mm betonhulplade med trægulv og underloft.



Betonribbeplade, 320 kg/m², med trægulv og underloft. Lodret snit 1:20.

Dæk	1	2	3	
	150 mm beton	185 mm betonhulplade	Betonribbeplade	
Vægt ca.	360	310	320	kg/m ²
I_a	60	60	60	dB
I_i	54	54	54	dB

Luftlydisolation og trinlydniveau for betondæk med trægulv på strøer og lydisolerende underloft. I_a er angivet ved lydklasse og I_i ved trinlydniveaunklasse, se side 15. Det er en forudsætning for de angivne værdier, at underloftet har en afstand til dækunderside, som giver en resonansfrekvens for loftsbeklædningen på under 90 Hz, se side 108.

Gulvkonstruktioner

Trinlydniveauet er højere under et dæk uden gulvkonstruktion end under samme dæk med gulvkonstruktion. Forskellen mellem trinlydniveauerne med og uden gulvkonstruktion kaldes for trinlyddæmpningen.

Hvis afretningslag udlægges på bløde underlag af fx mineraluld, kaldes de svømmende gulve, uanset om der anvendes belægning.

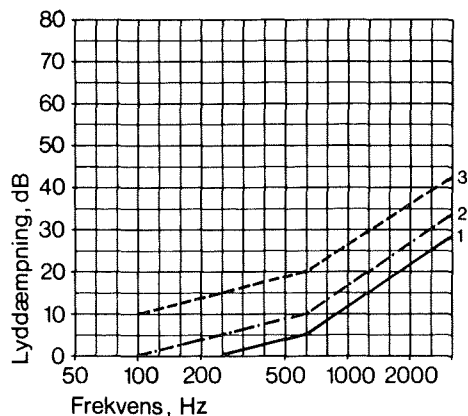
Fra et lydteknisk synspunkt er det praktisk at tale om svømmende gulve og om trinlyddæmpende gulvbelægninger. De svømmende gulve kan være asfalt- og betongulve med eller uden gulvbelægning samt trægulve på strøer på brikker af blød træfiberplade. Gulvbelægningens trinlyddæmpning må vurderes i forhold til dækket med afretningslag, dvs. at afretningslaget i dette tilfælde skal betragtes som en del af dækket.

Hvis afretningslag udlægges direkte på dæk, er der ikke tale om svømmende gulve, og den lydtekniske vurdering er meget afhængig af gulvbelægningen. Nogle gulvbelægninger, fx fliser, forbedrer ikke trinlydniveauet, og andre, fx tæpper, forbedrer trinlydniveauet væsentligt.

Kendes trinlydniveauet under et dæk i en bygning og trinlyddæmpningen for et gulv eller en gulvbelægning, kan det resulterende trinlydniveau under etageadskillelsen beregnes. Trinlyddæmpningen trækkes fra trinlydniveauet under dækket, og differensen angiver med rimelig nøjagtighed trinlydniveauet under etageadskillelsen. Dette niveau vurderes i forhold til bygningsreglementets krav.

Der kan opnås en mindre forbedring af trinlydniveauet under et dæk med

svømmende gulv eller under en træeta-geadskillelse ved brug af tæppebelægning, men det er ikke muligt at beregne forbedringen, idet flere konstruktioners trinlyddæmpninger ikke er additive.



Nødvendig trinlyddæmpning for gulve udlagt på dæk med en vægt på ca. 310 kg/m² i rum af forskellige kategorier.

- 1: Trinlyddæmpning for gulve i baderum i fleretages beboelsesbygninger. Trinlydniveau $I_t = 68$ dB.
- 2: Trinlyddæmpning for gulve i beboelsesrum i fleretages beboelsesbygninger. Trinlydniveau $I_t = 63$ dB.
- 3: Trinlyddæmpning for gulve i undervisningsrum med forøget krav til isolation. Trinlydniveau $I_t = 58$ dB.

Trinlyddæmpning ΔL

Med betegnelsen ΔL angives differencen pr. 1/3 oktav mellem trinlydniveauer målt uden og med gulv eller gulvbelægning. Denne difference er frekvensafhængig. Målingerne udføres normalt i laboratorium, men de kan også udføres i bygninger. Der er som regel god overensstemmelse mellem resultater fra målinger i bygning og laboratorium, når der anvendes tynde belægninger. Overensstemmelsen er mere tvivlsom, når det drejer sig om gulvkonstruktioner, hvis virkemåde er meget afhængig af arbejdsudførelsen. Det gælder fx svømmende gulv af beton.

Trægulve på strøer

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

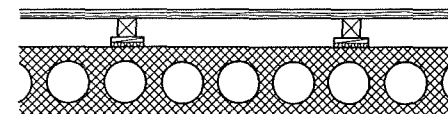
Trægulve udlægges normalt på opklodsede strøer. Hvis et gulv skal opfylde krav til trinlydniveau, skal der under hver opklodsning udlægges en brik af blødt materiale, fx blød træfiberplade, i en tykkelse på mindst 12 mm. Der skal anvendes ens tykkelser af blødt materiale under alle opklodsninger. Strøer og gulvbrædder skal lægges med en afstand på mindst 10 mm til omgivende vægge. Opklodsningen bør fastholdes med stiksøm, som dog ikke må berøre det bløde underlagsmateriale. Trægulve bør ikke lægges sammenhængende over mere end ca. 50 m².

I beboelsesbygninger, hoteller, kollegier og plejehjem med flere etager kan gulvene anvendes på massive betondæk eller hulpladedæk med tykkelse på henholdsvis 150 og 185 mm.

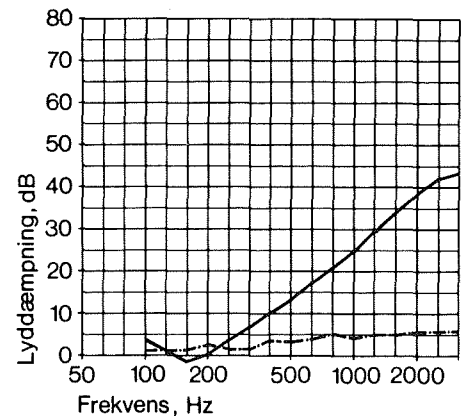
Trægulve kan udføres af spånplader eller krydsfiner i stedet for brædder. Derved kan trinlydniveauet i omliggende rum blive noget højere, og lydtrykniveauet i selve rummet stiger. Selv om gulvet forsynes med tæppebelægning, er lydtrykniveauet, der ofte betegnes som trommelydniveauet, temmelig højt ved lave frekvenser. Det har flere steder vist sig at være en alvorlig gene, når gulvet er brugt i fællesgange eller gennemgangsrum. Erfaringer viser, at det er meget vanskeligt at nedsætte trommelydniveauet i rum med trægulve.

Litteratur:

SBI-lydpejce 1. Trægulve på strøer. 1974.



Trægulv på strøer, udlagt på hulpladedæk. Lodret snit 1:20.



Forbedring af trinlydniveau og luftlydisolation med et trægulv på strøer på bløde brikker.

1. Trinlyddæmpning.
2. Dæmpning af luftlydtransmission.

Svømmende betongulve

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

Isoleringslagets tykkelse, elasticitet og sammentrykkelighed har betydning for den opnåelige trinlyddæmpning. Stor materialetykkelse og stor sammentrykkelighed, hvilket vil sige en ringe dynamisk stivhed, giver stor trinlyddæmpning.

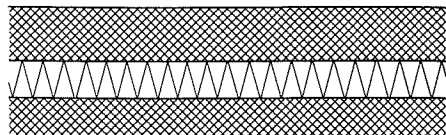
Tyke isoleringslag kan være mineraluld med en tæthed afhængig af belastningen. Isoleringslag på ca. 30 mm kan anvendes i boligens opholdsrum og i undervisningsrum. Isoleringslag på ca. 50 mm kan anvendes i undervisningsrum og rum i beboelsesbygninger, hvor der stilles forøgede krav til trinlydniveau i omliggende rum.

Med tynde isoleringslag øges risikoen for lydbroer, der kan opstå ved at mørtel eller ujævnheder i dækooverflader trykkes ind i isoleringslaget. På jævne betonoverflader kan fx anvendes 2×4 mm nålefilt som underlag for en svømmende betonplade i våde rum i boliger. Materialer som let lider mekanisk overlast må frarådes til brug som tynde isoleringslag.

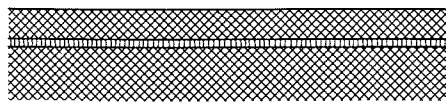
Svømmende betongulve bør ikke udføres sammenhængende over mere end 30 m^2 , og gulvene må ikke berøre de omgivende vægge.

Velisolerede vægge bør ikke opstilles på svømmende gulve, fordi flanketransmissionen kan nedsætte væggenes luftlydisolation væsentligt. Der bør foreskrives fuger i gulve under adskillelse af vægge med luftlydisolation større end $I_a = 36 \text{ dB}$.

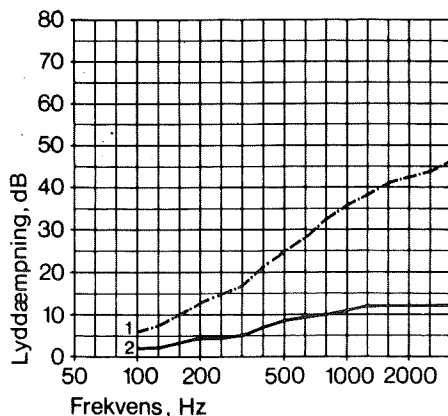
Vægge med en luftlydisolation større end $I_a = 48 \text{ dB}$ skal opstilles på den bærende konstruktion. Da svømmen-



50-70 mm beton på 50 mm mineraluld.



30 mm beton på isolering, der sammentrykket er mindst 6 mm tyk. Lodret snit 1:10.



Forbedring af trinlydniveau og luftlydisolation med et svømmende betongulv: 50 mm beton på 30 mm mineraluld.

1. Trinlyddæmpning.
2. Dæmpning af luftlydstransmission.

de gulves lyddæmpning er meget afhængig af udførelsen, skal der føres skærpet tilsyn. Vedrørende svømmende betongulve i våde rum se også side 89.

Litteratur:
SBI-lydpjece 2. Svømmende betongulve. 1970.

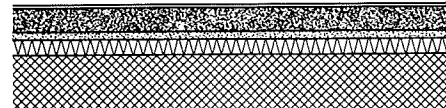
Svømmende asfaltgulve

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

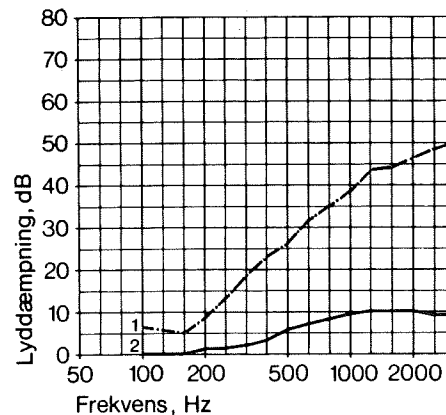
Svømmende asfaltgulve må ikke berøre de omgivende vægge.

Vægge med stor luftlydisolation bør ikke opstilles på svømmende gulve, fordi flanketransmissionen kan nedsætte væggenes luftlydisolation væsentligt. Der bør foreskrives fuger i gulve under adskillelse af vægge med luftlydisolation større end $I_a = 44 \text{ dB}$.

Vægge med luftlydisolation større end 48 dB , skal opstilles på den bærende konstruktion.



Asfaltgulv på mineraluld. Lodret snit 1:5.



Forbedring af trinlydniveau og luftlydisolation med et svømmende asfaltgulv.

1. Trinlyddæmpning.
2. Dæmpning af luftlydstransmission.

Trinlyddæmpende gulvbelægninger

I fleretages beboelsesbygninger, hoteller, kollegier og plejehjem stiller bygningsreglementet krav om et trinlydniveau på højst $I_t = 63$ dB i beboelsesrum. Dette krav kan opfyldes med trinlyddæmpende belægninger, som har den på side 28 angivne nødvendige trinlyddæmpning. Da også kravene til luftlydisolationen skal opfyldes, vil det være nødvendigt med massive betondæk på 180 mm eller andre dæk med et afretningslag, som bringer dækkets samlede vægt op på ca. 430 kg/m^2 , se side 25.

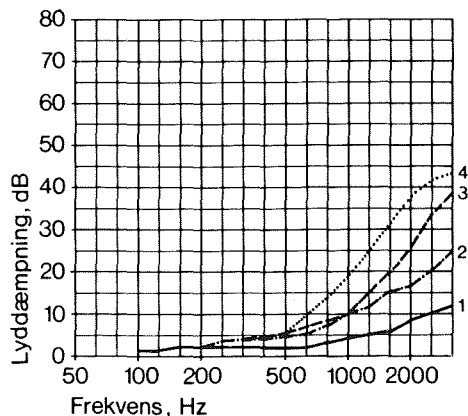
Trinlyddæmpende belægninger er linoleum på kork, vinyl på skumplast, filt eller kork, tæppebelægninger mv. Disse belægninger giver ingen forøgelse af luftlydisolationen.

Betondæk skal renses inden udstøbing af et eventuelt afretningslag, idet dårlig vedhæftning mellem afretningslag og dæk kan formindske luftlydisolationen og forøge trinlydniveauet.

Der bør ikke anvendes gulvbelægninger, hvis akustiske egenskaber ikke kan dokumenteres af leverandøren. Belægninger skal pålægges med de typer af klæbematerialer, som er anvendt ved afprøvning af gulvbelægningserne. Det bør sikres, at der er tale om egnede klæbemidler, som ikke trænger ind i det elastiske lag og derved nedsetter dets elasticitet.

Enkle belægninger af linoleum, vinyl, kork eller lignende kan anvendes som slidlag, men udlagt på svømmende gulve ændrer de hverken trinlydniveauet eller luftlydisolationen.

Vedrørende trinlyddæmpende belægninger på trapper, fællesgange, altangange og altaner se side 88. Vedrørende trinlyddæmpning se side 28.



Trinlyddæmpning som funktion af frekvensen for tynde gulvbelægninger.

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

Ydervægge af mursten

Hulmure med formur af tegl- eller kalksandsten og hulrum udfyldt med varmeisoleringsmateriale anvendes som ydervægge i alle bygningskategorier.

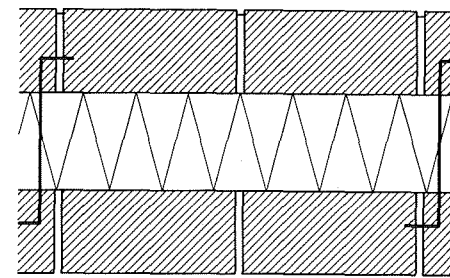
Dimensioner på for- og bagmur bestemmes af statiske krav, mens bredde af hulrum bl.a. bestemmes af varmetekniske krav. Bagmure af $\frac{1}{2}$ -sten eller af 100 mm letbeton i bloksten eller elementer kan give problemer med flanketransmission, se side 49, men i almindelighed yder de tilstrækkelig isolation mod ude fra kommende støj.

I bygningsreglementet stilles der ingen krav til ydervægges isolation mod støj ude fra.

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

Det forudsættes, at murede vægge er opført med fyldte fuger.

Vedrørende ydervægges samlinger med indervægge og etageadskillelser, se siderne 47 og 71.



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

Væg	1	2	3	
	350 mm	410 mm	470 mm	
	$\frac{1}{2}$ -sten + $\frac{1}{2}$ -sten	$\frac{1}{2}$ -sten + 168 mm	$\frac{1}{2}$ -sten + 1 sten	
Vægt ca.	370	460	550	kg/m^2
Lydklasse	50	55	55	dB

Luftlydisolation for ydervægge af mursten angivet i lydklasse, se side 15.

Ydervægge af beton

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

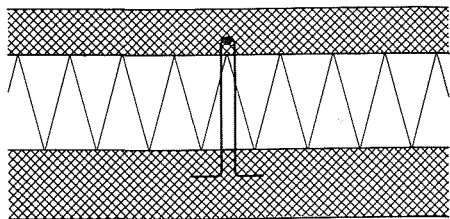
Dimensioner på for- og bagstøbning bestemmes bl. a. af statiske krav, mens isoleringslagets tykkelse bestemmes af varmetekniske krav.

Sandwichelementer med tynde bagstøbninger kan give anledning til betydelige problemer med flanketransmission, se side 49, men i almindelighed yder de tilstrækkelig isolation mod ude fra kommende støj.

I bygningsreglementet stilles der ingen krav til ydervægges isolation mod støj ude fra.

Af lydmæssige grunde er det vigtigt, at samlinger mellem betonelementer og andre bygningsdele projekteres og udføres således, at de forbliver tætte, dvs. så de kan modstå normale temperatur- og fugtbetingede bevægelser i ydervæggene.

Vedrørende ydervægges samlinger med indervægge og etageadskillelser se siderne 47 og 71.



275 mm sandwichvæg. Vandret snit 1:10.

Væg	1	2	3	
	275 mm	305 mm	335 mm	
	60 mm + 90 mm beton	60 mm + 120 mm beton	60 mm + 150 mm beton	
Vægt ca.	350	420	490	kg/m ²
Lydklasse	50	50	55	dB

Luftlydisolation for ydervægge af beton angivet i lydklasse, se side 15.

Ydervægge af letbeton

Ydervægge med for- og bagmur af letbeton i bloksten eller elementer kan anvendes i lavt byggeri, herunder beboelsesbygninger, hoteller, kollegier, plejehjem og undervisningsbygninger.

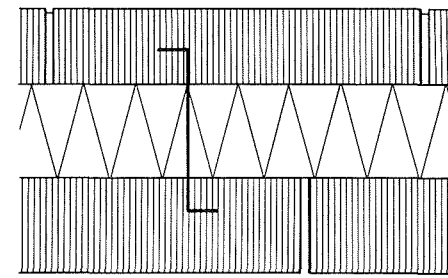
For- og bagmurenes dimensioner bestemmes bl. a. af statiske krav, og isolationstykkelsen bestemmes af varmetekniske krav.

Bagmure af letbeton kan give problemer med flanketransmission, se side 49, men i almindelighed yder de tilstrækkelig isolation mod ude fra kommende støj.

I bygningsreglementet stilles der ingen krav til ydervægges isolation mod støj ude fra.

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

Vedrørende ydervægges samlinger med indervægge og etageadskillelser, se siderne 47 og 71.



350 mm ydervæg af letbeton. Vandret snit 1:10.

350 mm letbetonhulmur,
100 mm + 125 mm letbeton

Vægt ca. 180 kg/m²
Lydklasse 45 dB

Luftlydisolation for ydervæg af letbeton angivet i lydklasse, se side 15.

Lette ydervægge

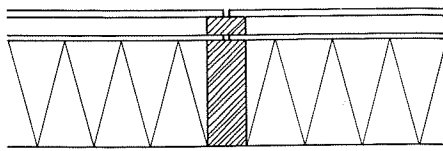
Lette vægge anvendes som ydervægge i alle bygningskategorier.

Almindeligvis består lette ydervægge af en skeletkonstruktion beklædt med plader på begge sider og hulrumsudfyldning med varmeisoleringsmateriale. I den seneste tid er der udviklet lette ydervæggelementer uden skeletkonstruktion, foreløbig dog kun som ikke-bærende. Ydervægge af disse elementer har en luftlydisolation, som i en del situationer kan være uacceptabel.

I bygningsreglementet stilles der ingen krav til ydervægges isolation mod støj ude fra.

For at opnå tilstrækkelig isolation mod ude fra kommende støj bør der kun anvendes ydervægge med en luftlydisolation, som er mindst 5 dB større end den lydisolation, som med den aktuelle beliggenhed er nødvendig for vinduerne, se skema side 42.

En forudsætning for at opnå tilfredsstillende luftlydisolation mellem naborum i en bygning med lette ydervægge er, at dæk og tværvægge føres helt eller delvis ud gennem ydervægge, se siderne 50 og 74.



Let ydervæg med træskelet, beklædningsplader, mineraluld og udluftet hulrum. Vandret snit 1:10.

Træskeletvæg, ca. 200 mm

Vægt ca. 50 kg/m²

Lydklasse 40 dB

Luftlydisolation for let ydervæg med træskelet angivet i lydklasse, se side 15.

Tagdæk og tagkonstruktioner af træ

Tagdæk af beton eller letbeton med tagbelægning eller suppleret med en ikke-bærende tagkonstruktion af træ anvendes oftest i fleretages bygninger.

Bærende tagkonstruktioner af træ med loftsbeklædning på underside af gitterspær eller bjælker anvendes hovedsagelig i enfamiliehuse og andet lavt byggeri.

For at opnå en rimelig isolation mod støj fra trafik bør loftsbeklædningen bestå af to lag gipsplader eller lydteknisk tilsvarende plader. Dette kræves ikke i bygningsreglementet, som ikke stiller krav til isolation mod støj ude fra. Loftspladerne skal sluttes tæt til alle vægge og eventuelt forsegles med fugemasse. Beklædninger af gipsfliser eller trælister forudsætter en tæt underbeklædning.

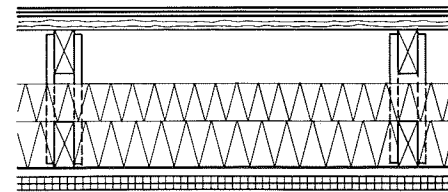
Med blot et enkelt lag loftsplader uden særlig tæt tilslutning til inder- og ydervægge vil de fleste tage beklædt med tagsten eller bølgeplader have lydklasser på kun 30 eller 35 dB.

I tage med lille fri højde mellem tagbelægning og isoleringslag sker der en stor dæmpning af lydets udbredelse i tagrummet, mens dæmpningen er ringe i tage med stor fri højde.

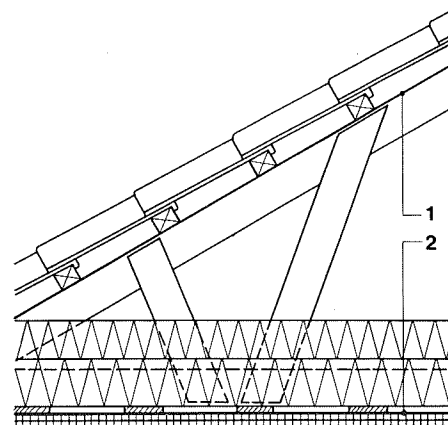
Et tag med lav rejsning og tæt tagbelægning, fx brædder med sammensvejsede tagpaplag, har en luftlydisolation, som svarer omtrent til det flade tag, mens et tag med bølgeplader har en ringere luftlydisolation, omtrent som et tag med høj rejsning.

Ved tagkonstruktioner af træ kan mineraluld med stor tæthed, dvs. stor strømningsmodstand, forøge tagets luftlydisolation med 3-5 dB.

Vedrørende tages og lofters samlinger med indervægge se side 61-65.



Fladt tag med built-up tagdækning. Lodret snit 1:20.



Tag med stor taghældning. Lodret snit 1:20.

1. Vandafledende underlag.
2. Dampspærre.

Tag	Lydklasse
Bærende tagdæk af beton, isolation, tagbelægning	55 dB
Bærende tagdæk af letbeton, isolation, tagbelægning	50 dB
Tagkonstruktion af træ, built-up tagdækning	45 dB
Tagkonstruktion af træ, lille hældning, bølgeplader	40 dB
Tagkonstruktion af træ, stor hældning, tagsten	40 dB

Luftlydisolation for bærende tagdæk med belægning og for tagkonstruktioner af træ. Vedrørende lydklasse se side 15.

Søjler og bjælker

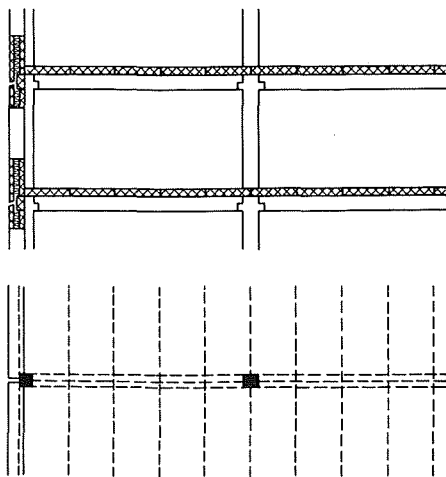
Byggesystemer med søjler og bjælker eller med rammer i forbindelse med dæk og vægge anvendes både til bolig-, erhvervs- og institutionsbyggeri.

Søjler og bjælker af beton med tykkelser over 200 mm kan anvendes i bygninger, hvor kravene om luftlydisolation mellem boliger i fleretages bygninger er gældende. Krav om forøget lydisolation nødvendiggør særlige foranstaltninger.

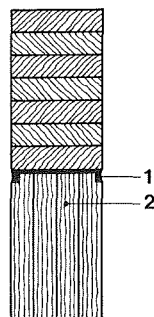
Konstruktioner med søjler og bjælker af træ i tykkelser over 200 mm kan anvendes i bygninger til undervisning, når træet udgør højst 10 pct. af vægarealet mellem normalklasserum, og når de anvendte vægges luftlydisolation er mindst $I_a = 52$ dB. Søjler og bjælker bør være mindst 10–20 mm tykkere end væggene.

Luftlydisolationen mellem rum i en bygning med skeletkonstruktion er bestemt af fugetæthed, flanketransmission og benyttede vægge. Rammesystemer har færre fuger og dermed færre svage punkter end søjle-bjælkesystemer.

Ved søjle-bjælkesystemer er det vigtigt at sikre en vedvarende tæthed mellem bygningsdelene. Eventuelle knasfuger må vurderes nøje, idet produktions- og montageunøjagtigheder kan medføre utætheder. Planlægning af fugegeometrien ud fra beregning af konstruktionernes deformationer har stor betydning for den opnåelige luftlydisolation. Det er også nødvendigt at tage hensyn til produktionsteknikken, herunder udførelsen af fugearbejdet. Når der anvendes lejeplader i samlinger, må der træffes foranstaltninger til at tætte med fugeunderlag og fuge-masse.



Bærende søjler og bjælker. Plan og lodret snit 1:200.



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

1. Fugeforsegling i udspartlet not.
2. Limtræssøjle.

Svind og vindskævhed i trækonstruktioner kan påvirke den opnåelige tæthed i samlinger. Hvor der påregnes en lydisolation $I_a = 44$ dB, er det nødvendigt at indlægge måludjævrende og lyd-dæmpende materiale i knasfuger.

Vedrørende samlinger mellem vægge og dæk i søjle-bjælkesystemer se side 79.

Døre

En dørs lydisolation afhænger af dørpladens lydisolation, af tætning mellem dørplade og karm og af tætning mellem karm og væg.

Tætningen mellem karm og dørplade, falstætningen, skal have en lyd-dæmpning svarende til dørpladens lydisolation, for at døren kan give maksimal lydisolation.

Det er nødvendigt at bruge tætningslister. Disse består i reglen af et eller to gummiprofiler. Det er vigtigt, at profiler slutter tæt overalt mellem dørplade og karm langs dørens kanter. Der må lægges vægt på tætningernes placering og tætningsmaterialets bestandighed.

Døre uden karmunderstykke giver mindre luftlydisolation end døre med understykke, selv om dørene forsynes med en selvlukkende tætning, fx en sænkeskinne.

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

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

Mærkningsordning

Der er indført en mærkningsordning for såkaldte lyd-døre. Ordningen omfatter i øjeblikket tre klasser, 25 dB, 30 dB og 35 dB lyd-døre, og den administreres af Dansk Standardiseringsråd. Dørenes middelreduktionstal bestemmes i laboratorium, og det skal være 3 til 4 dB højere end den klasse, hvori døren skal godkendes. Mærkningsord-

ningen giver i princippet køberne sikkerhed for, at dørpladen og tætningen mellem dørplade og karm på købstidspunktet har den angivne lydisolation. Lyddøre skal indsættes efter fabrikan-tens monteringsanvisning, som er på-klaæbet ved levering.

Ikke-klassificerede døre: Døre med enkeltfals uden tætningsliste. De har en lydisolation på maksimalt $I_{a,tab} = 20$ dB, med tætningsliste mellem 20 og 25 dB.

Lydklasse 25 dB: Lyddøre med DS-mærke 25 dB. De har normalt en lydisolation på mindst $I_{a,tab} = 27$ dB og anvendes primært i skoler og plejehjem.

Lydklasse 30 dB: Lyddøre med DS-mærke 30 dB. De har en lydisolation på mindst $I_{a,tab} = 32$ dB og anvendes primært som entrédøre.

Lydklasse 35 dB: Lyddøre med DS-mærke 35 dB. De har en lydisolation på mindst $I_{a,tab} = 37$ dB. Dørene anvendes i skoler mellem klasserum og bør finde anvendelse i venteværelser hos læger, socialforvaltninger og lignende steder, hvor samtaler ikke bør høres af uvedkommende.

Lydklasse 40 dB: Omfattes ikke af mærkningsordningen. Nogle firmaer forhandler specialdøre, som angives at være i lydklasse 40 dB. Der stilles som regel specielle indbygningsbetingelser, og montering må foretages af særlig uddannede montører.

Døre i lydklasserne 40 dB og derover finder anvendelse i målerum, undervisningsrum, studierum og lignende

rum, hvor der stilles ekstremt høje krav til luftlydisolationen.

Indsættes døre i vægge med større lydisolation end dørens, bliver det resulterende indeks for luftlydisolation større end dørens.

I tabellen er angivet den forventede luftlydisolation for nogle kombinationer af døre og vægge.

Vedrørende døres indsætning se side 83.

	Dør: væg + dør 1:3 - 1:5				Dør: væg + dør 1:10			
	Dør-lydklasse i dB 25 30 35 40				Dør-lydklasse i dB 25 30 35 40			
I_a for væg i dB	Resultierende I_a for væg + dør i dB							
36	32	35	36	36	34	35	36	36
40	33	37	39	40	35	38	39	40
44	33	38	41	43	36	40	42	44
48	34	38	43	46	37	41	44	47
52	34	39	43	47	37	41	46	49

Den resulterende luftlydisolation I_a som funktion af lydklasse og arealforhold. For lydklasserne 25, 30 og 35 dB er regnet med DS-mærkede lyd-døre. For 40 dB-klassen skal døres lydisolation målt i laboratorium være mindst $I_{a,tab} = 47$ dB.

Litteratur:
SBI-lydpjec 7. Døre. 1974.
DS 1082. Lydisolerende døre. Klasseinddeling.
2. udgave 1976.

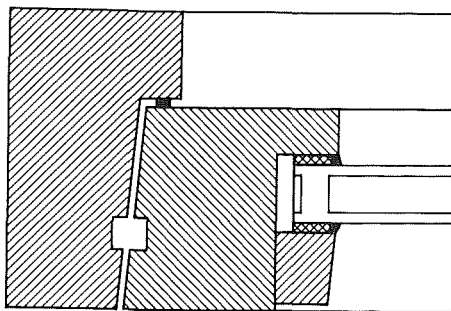
Vinduer

Vinduers lydisolation afhænger af ruderens lydisolation, tæthed mellem rammer og karme og tæthed mellem karme og ydervæg. Vinduer med op-lukkelige rammer giver ringere lydisolation end vinduer med faste rammer.

Vinduer med stor lydisolation har samtidig stor tæthed, så en tilfredsstillende ventilation må sikres ad anden vej.

Lydisolationen vokser, når afstanden mellem glassene forøges. En almindelig isoleringsrude med to ens glas i kun 12 mm afstand giver ikke større lydisolation end et enkelt glas med isoleringsrudens vægt pr. m^2 .

Der findes specielle isoleringsruder, hvor det ene glas er erstattet med lamineret glas. Herved nedsættes glassets bøjningsstivhed, og der kan opnås ca. 5 dB større lydisolation end med almindelige isoleringsruder. Større lydisolation kan også opnås ved i stedet for atmosfærisk luft mellem glassene at anvende en neutral luftart med større rumvægt. Ved en punktering af ruden må der regnes med et større isolationstab end normalt.



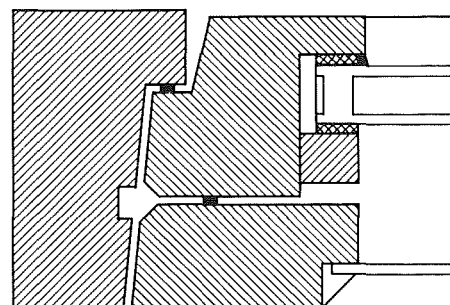
Enkelt ramme med isoleringsrude. Vandret snit 1:2.

I vinduer med flere lag glas, der ikke er udført som isoleringsruder, er der risiko for kondens mellem glassene, hvorfor det ydre glasmellemrum må udluftes. Det bør af hensyn til lydisolationen ske gennem 6 mm cirkulære huller pr. 200 mm i vinduesrammens understykke. Større huller eller spalter vil nedsætte lydisolationen.

Vinduer med koblede rammer bør have tætningslister mellem de to rammer. Udluftning kan ske gennem huller i de koblede rammers understykker eller i tætningslisterne ved rammernes understykker.

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

I bygningsreglementet stilles ingen krav til vinduers lydisolation. Klassifikation af vinduer i lydmæssig henseende bør af praktiske årsager følge samme skala som ydervægge, se side 15. De neden for angivne vurderinger er baseret på laboratoriemålinger.

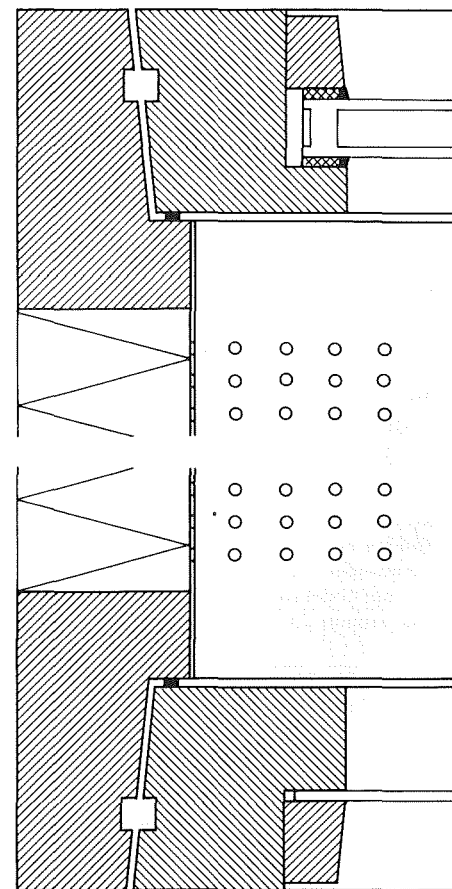


Koblede rammer, glasafstand 40 mm. Vandret snit 1:2.

Lydklasse 30 dB: Fx vinduer med isoleringsruder (4 + 12 + 4) i ramme indsat i karm med enkelt fals og tætningslister.

Lydklasse 35 dB: Fx vinduer som i klasse 30 dB, forsynet med isoleringsruder, hvis ene glas er lamineret. Desuden vinduer med koblede rammer med 3 mm glas, 50 mm glasafstand og tætningslister i fals.

Lydklasse 40 dB: Fx vinduer med koblede rammer med 4 mm glas, 100 mm



Dobbelte rammer, adskilte karme, glasafstand 200 mm. Vandret snit 1:2.

glasafstand og tætningslister i to false. Det indvendige glas kan erstattes af isoleringsrude.

Lydklasse 45 dB: Vinduer med to selvstændige karme, indvendig isoleringsrude, udvendig 4 mm glas, afstanden mellem glas og isoleringsrude ca. 200 mm og tætningslister i to false. Desuden vinduer med adskilte karme.

Lydklasse 50 dB: Vinduer med metalrammer og karme med specielle tætninger i flere false, mindst 6 mm glas, glasafstand større end 300 mm og lydabsorption mellem karmene.

Med det tilstræbte indendørs støjniveau og bygningens forventede støjeksponering som udgangspunkt kan den nødvendige lydklasse for vinduer findes af tabellen. Det forudsættes, at ydervægges lydisolering er mindst en lydklasse højere end vinduers, og at vinduers areal ligger mellem 10 og 25 pct. af gulvarealet. Støjeksponeringen angives ved døgnmiddelniveauet L_{eq} , målt eller beregnet, se den under litteratur anførte beregningsmodel.

Vedrørende vinduers indsætning se side 83.

Litteratur:

Isætning af termoruder i nyt og gammelt byggeri. Teknologisk Institut. 1976.

Beregningsmodel for vejtrafikstøj. Vejdatalaboratoriet rapport 23 1978.

Indendørs støjniveau dB(A)			
Sygehus	Bolig	Skole	Kontor
Bolig	Skole	Kontor	
25	30	35	40

Eksponeringsniveau L_{eq} dB(A)	Vinduers lydklasse i dB			
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

Vinduers lydklasse i dB bestemt ud fra det ønskede indendørs støjniveau og det forventede eksponeringsniveau. Bygningers støjeksponering er angivet ved det ækvivalente konstante lydtrykkniveau over et døgn, døgnmiddelniveauet L_{eq} .

Det er forudsat at ydervæggens lydisolering er mindst 5 dB større end vinduernes.

Kapitel 4. Samlinger

Adskillende bygningsdeles samlinger med andre bygningsdele påvirker adskillelsernes luftlydisolation. Det kan dels skyldes lydtransmission gennem flankerende bygningsdele, dels lydtransmission gennem utætheder i samlinger. I dette kapitel foretages der en vurdering af den lydtekniske kvalitet af adskillende bygningsdele med tilhørende samlinger. Vurderingen forudsætter, at samlinger udføres lydteknisk korrekt. De angivne samlinger er løsninger, hvor flanketransmissionen er begrænset mest muligt.

Samlingers lydisolering kan ikke måles direkte, men der kan foretages et kvalificeret skøn over luftlydisolationen for en bygningsdel med en given samling.

Dobbeltvægge af massive vægdele anvendes især som adskillelse mellem rækkehuse. De statiske betingelser for stabilitet skal være opfyldt for hvert enkelt hus i rækken, idet der ikke må forekomme gennemgående længdeafstivninger mellem husene.

Korrekt udførte dobbeltvægge kan i praksis give større luftlydisolation end $I_a = 60$ dB. Ofte opnås I_a -værdier mellem 65 og 70 dB. Men hvis de ikke udføres med adskilte vægdele og med samlinger med omgivende bygningsdele som vist i dette kapitel, vil luftlydisolationen blive betydeligt lavere. I teksten til nogle af samlingerne er der givet oplysninger om ofte forekom-

mende fejl. De viste ydervægge er tegnet med en varmeisolationstykkelse, der opfylder kravene i BR-77. De viste lette ydervægge er kun angivet skitse-mæssigt, og aktuelle løsninger må undersøges nærmere.

Litteratur:

SBI-anvisning 90. Lydisolation i montagebyggeri. 1972.

SBI-anvisning 111. Bygningers varmeisolerings. 1977.

SBI-rapport 101. Lydisolation i betonbyggeri. 1977.

Fuger, generelt

Ud over selve bygningskomponenterne indgår der i langt de fleste samlinger også fuger af forskellig form og med forskellige formål. Fuger skal give samme lydisolering som de bygningskomponenter, der omgiver dem. Fuger skal derfor enten udføres af samme materiale som de omgivende komponenter - eksempel, udstøbte fuger mellem betonelementer - eller udføres med fugemateriale, som i det aktuelle tilfælde giver samme lydisolering.

Det vigtigste krav til lydisolierende fuger er, at de skal være tætte. I praksis kan det være vanskeligt at udføre fuger tilstrækkeligt tætte, fordi der ofte sker vedvarende deformationer i byggematerialer. Kravet om tæthed er derfor kun opfyldt, når der er tale om vedvarende tæthed.

Fuger og forsegling bør dimensioneres. Ved dimensionering må der både tages hensyn til geometriens direkte betydning for lyddæmpning 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 af fugens bredde og dybde samt af lyddæmpningen i et eventuelt udfyldningsmateriale. Forholdet mellem fugedybde og fugebredde skal være så stort som muligt. Mellem komponenter, der både har stor lydisolations og relativt ringe tykkelse, er det vanskeligt at etablere en fuge med tilstrækkelig lyddæmpning. Ved revner mellem komponenter, hvor forholdet mellem fugedybde og fugebredde overstiger ca. 300, er tætning med tape med tæt overflade i princippet tilstrækkelig; men en større sikkerhed for tæthed opnås ved at etablere mulighed for fugemasseforsegling.

Er dybde-breddeforholdet væsentligt mindre end 100, er det nødvendigt at udfylde hele fugen. Det kan ske med mineraluld tæt stoppet eller sammenklemmt, eller andet materiale med tilsvarende lydtekniske egenskaber. Det vil i dette tilfælde være nødvendigt at forsegle fugen med fugemasse. I praksis må dybde-breddeforholdet ikke være mindre end 10, og fugetykkelserne skal ligge mellem ca. 5 og 20 mm.

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

Samlinger mellem væg- og dækkonstruktioner anvendes meget hyppigt i praksis. Da der ofte forekommer utætheder i disse samlinger, og da samlingernes fuger ofte er vanskeligt tilgæn-

gelige på et senere tidspunkt, må fugerne ofres særlig opmærksomhed. I montagebyggeriet udføres en del af disse fuger som knasfuger eller selvfor-skallende udstøbningsfuger, som ikke kan forventes at blive tætte uden særlige foranstaltninger, som fx forsegling.

I det traditionelle etagekryds med 185 mm dæk- og 150 mm vægelementer af beton forekommer det ofte, at samlingens målafvigelser, fx forskydning i længderetning og små vindskævheder i dæk eller vederlag, fører til revner med stor lydgenngang i fugen mellem dækunderside og væg.

En anden kilde til utætheder er svindrevner og andre deformationer. Svindet, som optræder både i fugebetonen og i de omgivende elementer kan begrænses ved korrekt udførte betonblandinger med passende lave vandcementtal. Det er vigtigt at overholde den foreskrevne lagringstid for elementerne inden montage og sammenstøbning.

Litteratur:
SBI-anvisning 108. Fugemasser og facadefuger. 1977.
SBI-anvisning 90. Lydisolation i montagebyggeri. 1972.
Modul og montagebyggeri. Henrik Nissen. Polyteknisk forlag. Lyngby. 1970.

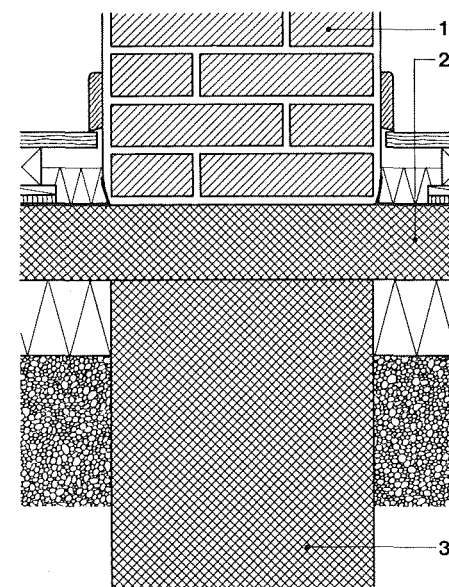
Enkeltvægge/fundamenter

Enkeltvægge kan udføres af mursten, kalksandstensblokke eller beton. Det forudsættes, at den del af væggene, som ligger under gulvoverflader, er udført med samme grad af tæthed som den øvrige del. Murede vægge skal være pudset, fuget, filtset eller berappet helt til terrændæk. Betonvægge skal være understoppet tæt.

Fundamenter kan afsluttes under terrændæk, som vist på figuren, således at dæk udstøbes sammenhængende over fundamentoversider. Fundamenter kan også afsluttes ved terrændæks overside, således at disse støbes mod fundamentssider. Lydteknisk set er de to former for udførelse ikke ligeværdige under alle forhold. I de tilfælde, hvor terrændæk afbrydes med en 5-10 mm fuge langs indervægge, vil transmissionen af trinlyd i terrændæket nedsættes betydeligt, og hvor der ikke anvendes svømmende gulve, vil også transmissionen af luftlyd blive reduceret.

I baderum, der ligger umiddelbart op mod indervægge, er trinlyddæmpende belægninger, svømmende gulve eller andre trinlyddæmpende foranstaltninger nødvendige for at opfylde bygningsreglementets krav til trinlydniveauet, se side 9.

I rækkehuses beboelsesrum kan kravene til trinlydniveau målt i et nabohus opfyldes med trinlyddæmpende belægning på et terrændæk med betontykkelse på mindst 150 mm. Vedrørende trinlyddæmpende gulvbelægninger se side 32.



Lodret snit 1:10.

1. Indervæg, 1½-sten.
2. 100 mm beton.
3. Fundament.

Enkeltvæg	I_a , dB
168 mm bredsten	44
1-sten	52
1½-sten	55
190 mm kalksandstensblokke	48
230 mm kalksandstensblokke	52
120 mm beton	48
150 mm beton	52
180 mm beton	52
250 mm beton	55

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

I_a er angivet ved lydklasse, se side 15.

Dobbeltvægge/fundamenter

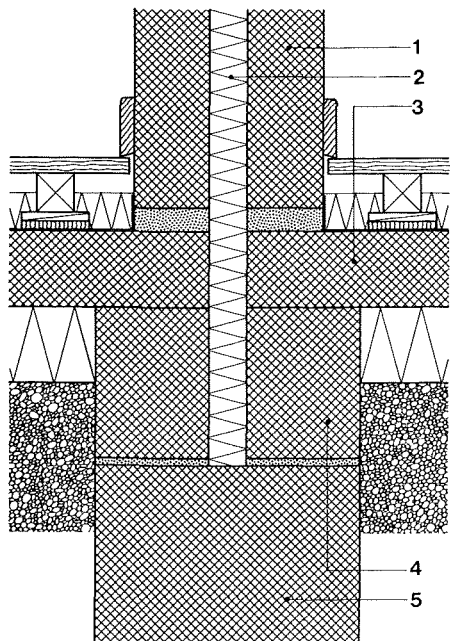
Dobbeltvægge kan udføres af mursten, beton, letbeton eller som pladebeklædte skeletvægge. Det forudsættes, at den del af væggenes overflader, som ligger under gulvoverflader, er udført med samme grad af tæthed som den øvrige del. Murede vægge skal være pudset, fuget, filtset eller berappet helt til overside af terrændæk. Elementvægge skal være understoppet tæt.

Da understopning af betonvægge ikke på normal måde kan udføres med modforhold, skal der i mellemrummet mellem fundamentsblokke og mindst 0,2 m over terrændæks overside ved vægge af beton- eller letbetonelementer anvendes mineraluld, hvis sammentrykning for en belastning på ca. 10 kN/m² ikke overstiger ca. 8 mm.

Imellem de to vægdele skal der anvendes de på side 22 anførte mineraluldsindlæg.

Fundamenter kan afsluttes med et skifte fundamentsblokke under terrændæk som vist i figuren eller med to skifter fundamentsblokke mellem fundamenters overside og dobbeltvægges underside. Afstanden mellem de to rækker fundamentsblokke bør være ca. 50 mm. Dybden af mellemrummet mellem de to rækker fundamentsblokke bør være mindst 0,3 m under terrændæks overside.

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



Lodret snit 1:10.

1. Indervæg, 2 × 100 mm beton.
2. Mineraluld, 50 mm.
3. Terrændæk, 100 mm beton.
4. Fundamentsblokke, 150 mm beton.
5. Fundament.

Dobbeltvæg	I_a , dB
350 mm, 2 × ½-sten	60
350 mm, 2 × 150 mm sten	60
410 mm, 2 × 168 mm bredsten	60
250 mm, 2 × 100 mm beton	60
350 mm, 2 × 150 mm letbeton	60
230 mm, dobbelt stålskelet med dobbelt gipsplade	55

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

I_a er angivet ved lydklasse, se side 15.

Indervægge/tunge ydervægge

Indervægge kan være enkelte eller dobbelte, og de samles kun med ydervæggens bagmure.

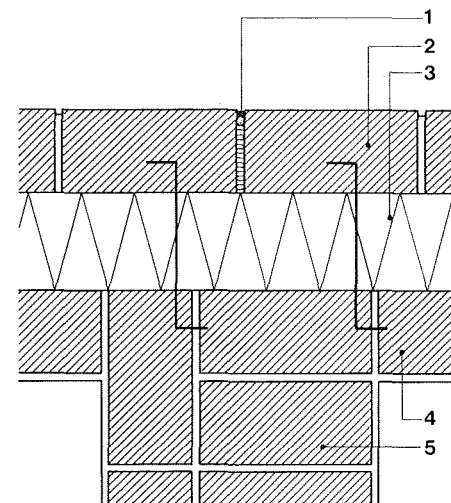
Massive indervægges lydisolering er i almindelighed afhængig af ydervæggens konstruktion, idet der kan forekomme betydelig flanketransmission. Bestemmende herfor er for- og bagmurens art, deres indbyrdes forankring samt det mellemliggende isoleringsmateriale.

Lydtransmission gennem en flankerende ydervæg sker hyppigst ved, at lydenergi transmitteres fra bagmur på den ene side af en indervæg via bindere og isolering til formur, heri forbi indervæggen og via bindere og isolering til bagmur på den anden side af indervæggen. I nogle tilfælde er transmissionen så stor, at det er nødvendigt at lave lodrette fuger i ydervægges formure ud for de massive indervægge. I betonvægge er udførelse af sådanne fuger normalt ikke noget problem.

Ved murede ydervægge kan fuger i formure ud for murede enkeltvægge undgås, hvis formurene gives frem-spring eller vinger ud for indervæggene.

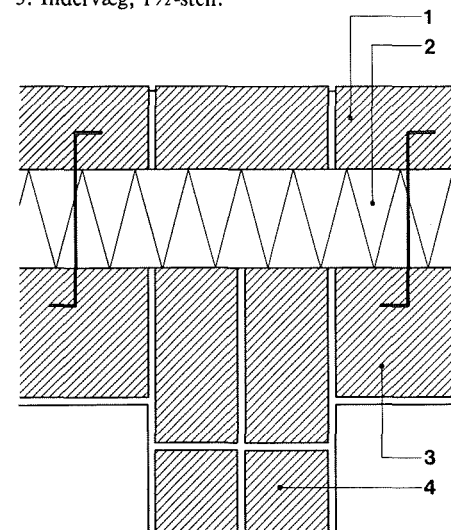
Ved samlinger mellem dobbelte indervægge og tunge ydervægge er det en generel forudsætning, at der udføres adskillelser både i ydervægges formure og bagmure ud for indervæggenes hulrum. Undlades fuger i formure, kan der ikke forventes den i tabellen angivne luftlydisolation.

Fuger i formure skal være stoppet og forsejlet med fugemasse eller forsynet med regnskærm og bagved liggende tætning.



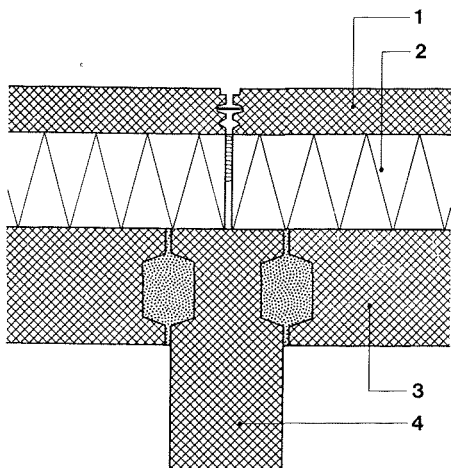
Vandret snit 1:10.

1. Elastisk fuger.
2. Formur, ½-sten.
3. Varmeisolering.
4. Bagmur, ½-sten.
5. Indervæg, 1 ½-sten.



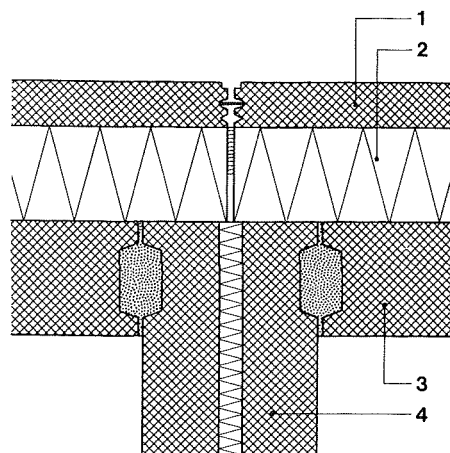
Vandret snit 1:10.

1. Formur, ½-sten.
2. Varmeisolering.
3. Bagmur, 168 mm bredsten.
4. Indervæg, 1-sten.



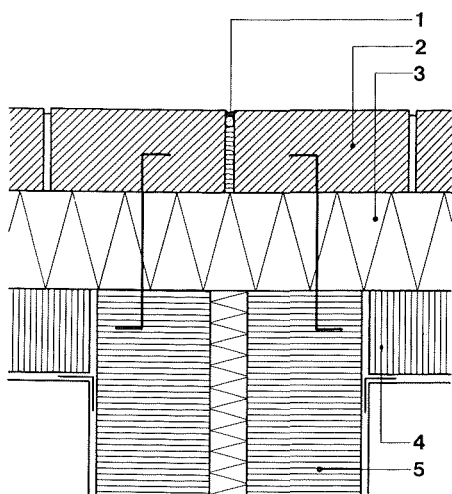
Vandret snit 1:10.

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



Vandret snit 1:10.

1. Forstøbning, 60 mm beton.
2. Varmeisolering.
3. Bagstøbning, 150 mm beton.
4. Indervæg, 2×100 mm beton.



Vandret snit 1:10.

1. Elastisk fuge.
2. Formur, ½-sten.
3. Varmeisolering.
4. Bagmur, 100 mm letbeton.
5. Indervæg, 2×150 mm letbeton.

Indervæg	Flankerende bagmur eller bagstøbning i ydervæggen						Letbeton 100 mm
	Mursten ½-sten	168 mm 1-sten	Beton 90 mm	120 mm	150 mm		
Massiv enkeltvæg							
½-sten	40	44	44				40
168 mm bredsten	44	44	44				40
1-sten	52*	52	52				52*
1½-sten	55*	55*	55				55*
190 mm kalksand.blokke	44	44	48				40
230 mm kalksand.blokke	52*	52	52				52*
60 mm beton				40	40	40	
90 mm beton				40	44	44	
120 mm beton				44	48*	48	40
150 mm beton	44	48	48	44	48*	52	52*
180 mm beton	52*	52	52	52*	52*	52	52*
250 mm beton	55*	55*	55	55*	55*	55*	55*
75-100 mm letbeton	36	36	36				36
Dobbeltvæg							
350 mm, 2×½-sten	60	60	60				60
350 mm, 2×150 mm sten	60	60	60				60
410 mm, 2×168 mm sten	60	60	60				60
250 mm, 2×100 mm beton				60	60	60	
350 mm, 2×150 mm letb.	60	60	60				60
230 mm dob. stålskelet							
2×2×13 mm gipspl.	44	44	52	44	48	52	40

Luftlydisolation I_a i dB for indervægge samlet med tunge ydervægge som vist i figurerne.

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

De med * mærkede værdier forudsætter, at der i ydervæggens formur eller forstøbning er udført en fuge ud for indervæggen. Ud for en dobbeltvæg er fuge i formur eller forstøbning altid nødvendig. I_a er angivet ved lydklasse, se side 15.

Indervægge/lette ydervægge

Indervægge kan være enkelte eller dobbelte, og de kan samles med ydervægge på tre forskellige måder. Indervægge kan føres ud gennem ydervægge med udragende vinger, de kan føres delvis ud gennem ydervægge eller de kan tilsluttes ydervæggens indersider.

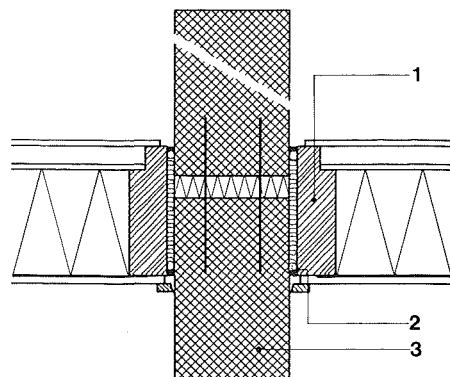
Indervægge af beton med fremspringende søjler eller udragende vinger vil i de fleste tilfælde have et varmeisoleringslag på 30–50 mm mellem indervægge og fremspringende vægge. Isoleringen skal anbringes nær ved facadens yderside.

Det må i hvert konkret tilfælde vurderes, om murede vægge kan anses som uvæsentlige kuldebroer og føres gennem ydervægge uden varmeisoleringslag. Det er uden betydning for indervæggens lydisolations, om udragende vinger er af samme materiale som indervægge.

Dobbelte vægge med udragende vinger skal udføres således, at murvingerne ikke forbinder de to vægdele, dvs. at murvingerne kun fastgøres til dobbeltvæggens ene vægdel. Når dobbeltvægge fortsætter i dobbelte murvinger, må overdækningen på murvinger ikke sammenkoble de to vægdele. Derfor må overdækningen kun fastgøres til den ene vægdel, og der skal være en elastisk fuger mellem overdækningen og den anden vægdel.

Udragende vingers stabilitet skal undersøges, og om nødvendigt må de sikres ved forankring i fundamenterne.

Indervægge, der føres delvis ud i ydervægge, men ikke gennem disse, skal føres så langt ud, at der skabes en tilfredsstillende tæthed mellem indervægge og ydervægge. Forbindelser mellem ydervægge ud for indervægge



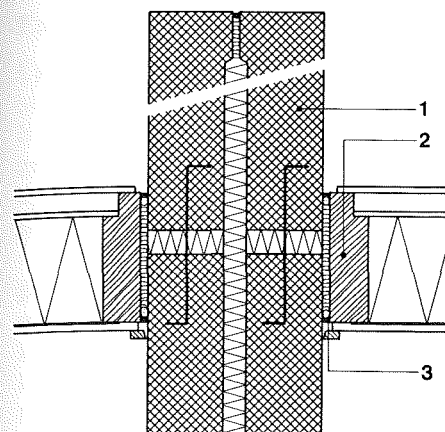
Vandret snit 1:10.

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

udføres almindeligvis af pladebeklædning, der bør have mindst mulig bøjningsstivhed for en bøjningspåvirkning omkring en lodret akse. Fx kan pladebeklædningens bagside forsynes med en eller flere lodrette riller af størst mulig dybde.

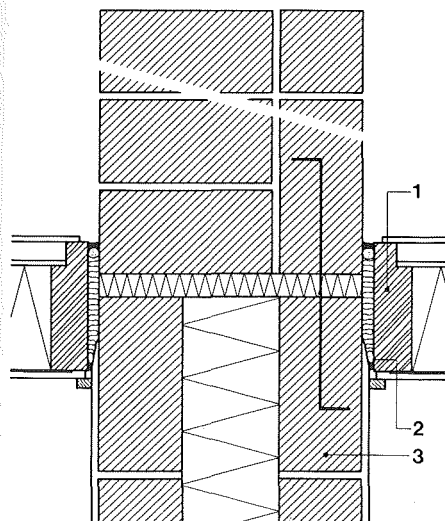
En luftlydisolation på $I_a = 48$ dB eller mere forudsætter tilfredsstillende tæthed i samlinger. Dette opnås, når de to fuger mellem indervæg og ydervægge har en dybde på mindst 100 mm, en bredde på højst 15 mm, og når fugerne stoppes tæt med mineraluld og forsegles med fugemasse. Fugedybden måles fra forkant af indervæg til den indvendige side af ydervæg.

Tilslutning til lette ydervægges indvendige sider forekommer hovedsagelig ved lette indervægge. Hvor indervægge med stor luftlydisolation tilsluttes på denne måde, vil flanketransmission gennem ydervægge i reglen betyde, at indervæggens resulterende luftlydisolation ikke kan forventes at blive større end $I_a = 44$ dB.



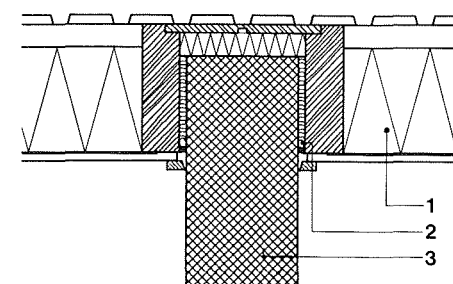
Vandret snit 1:10.

1. Indervæg, 2 × 100 mm beton.
2. Let ydervægskomponent.
3. Fugeforsegling.



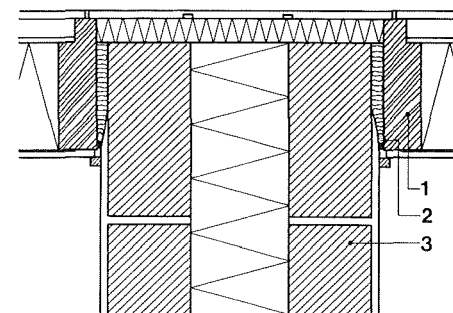
Vandret snit 1:10.

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



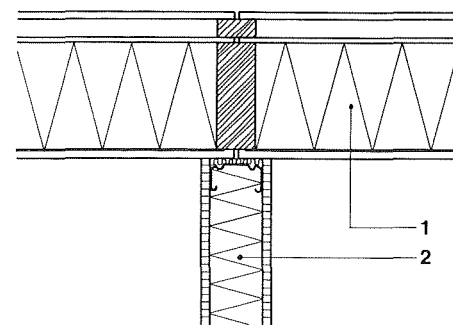
Vandret snit 1:10.

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



Vandret snit 1:10.

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



Vandret snit 1:10.

1. Let ydervægskomponent.
2. 95 mm stålskeletvæg.

Indervæg	Indervæg samlet med flankerende let ydervæg ved:	
	udragende vinge	indv. til slutning facade
Massiv enkeltvæg		
½-sten		44
168 mm bredsten		44
1-sten	52	52
1½-sten	55	55
190 mm kalksand-blokke		48
230 mm kalksand-blokke	52	52
60 mm beton		40
90 mm beton		44
120 mm beton	48	48
150 mm beton	52	52
180 mm beton	52	52
250 mm beton	55	55
75-100 mm letbeton		36
150 mm letbeton		40
<hr/>		
Dobbeltvæg		
350 mm,		
2 × ½-sten	60*	60
350 mm,		
2 × 150 mm sten	60*	60
410 mm,		
2 × bredsten	60*	60
250 mm,		
2 × 100 mm beton	60*	60
350 mm,		
2 × 150 mm letb.	60*	60
<hr/>		
Skeletvæg		
95 mm enk. stål-skelet, 2 × 1 × 13 mm gipspl.	36	36
120 mm enk. stål-skelet, 2 × 2 × 13 mm gipspl.	44	44
145 mm dob. stål-skelet, 2 × 2 × 13 mm gipspl.	52	44
230 mm dob. stål-skelet, 2 × 2 × 13 mm gipspl.	55	44

Luftlydisolation I_a i dB for indervægge samlet med lette ydervægge som vist i figurerne.

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

De med * mærkede værdier forudsætter, at der ikke ved overdækning af vinger dannes lydbroer mellem dobbeltvæggenes to vægdele.

I_a er angivet ved lydklasse, se side 15.

Enkeltvægge/dæk, sammenstøbt

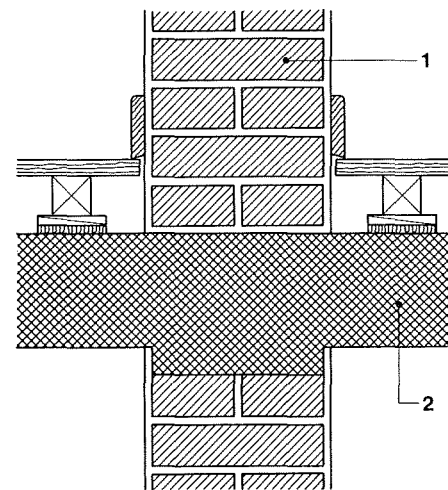
Lydteknisk set er der forskel på de tæthedsproblemer, som fremkommer, hvor tunge vægge sammenstøbes i etagekryds, og hvor ikke-bærende vægge opstilles på dæk og tilsluttes ovenliggende dæk.

Ved samlinger mellem vægge og etagedæk udført af elementer, forekommer der ofte utætheder både ved dækundersider og ved dækoversider og for letbetondæk tillige en væsentlig flanketransmission. Det er vigtigt, at etagekryds udstøbes således, at der i alle tilfælde opnås tæthed. Etagekryds bør projekteres med den størst mulige afstand mellem dækpladernes ender, hvilket er en forudsætning for at opnå de i tabellen angivne værdier for luftlydisolation.

Ved betonelementvægge forekommer meget ofte utætheder i understopninger, som formindsker lydisolationen. Det er en forudsætning for at opnå de angivne isolationer, at væggenes understopninger udføres helt tætte. Desuden er der regnet med, at dækkene er forsynet med svømmende trægulve på strøer. Svømmende gulve af beton eller asfalt kan også anvendes.

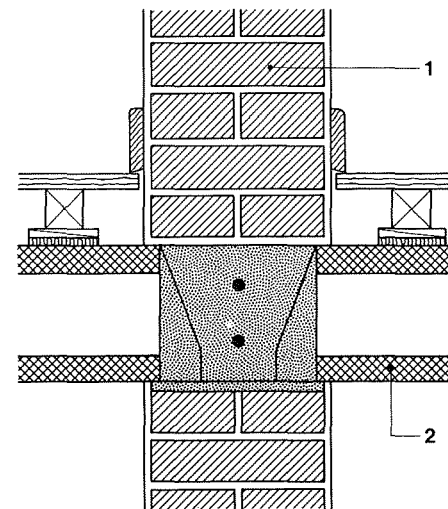
Hvis de i tabellen anførte dæk benyttes uden svømmende gulv, må der regnes med 2 til 3 dB mindre luftlydisolation. Derfor skal der anvendes 30 til 50 mm betonafretning under trinlyddæpende belægningslag for at opnå de i tabellen angivne værdier. For at opnå en lydisolation vertikalt på $I_a = 53$ dB, som er nødvendig mellem etageboliger, skal dæk med trinlyddæpende belægningslag have en vægt på ca. 430 kg/m².

Afretningslag skal have god vedhæftning over hele dækoverfladen,



Lodret snit 1:10.

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

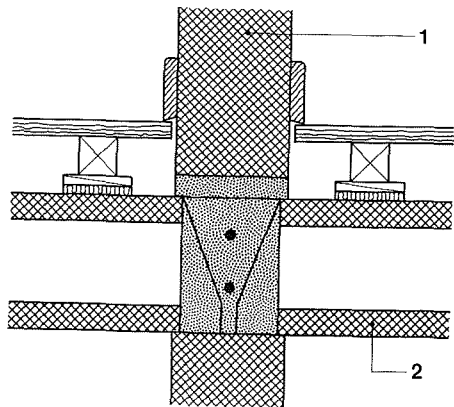


Lodret snit 1:10.

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

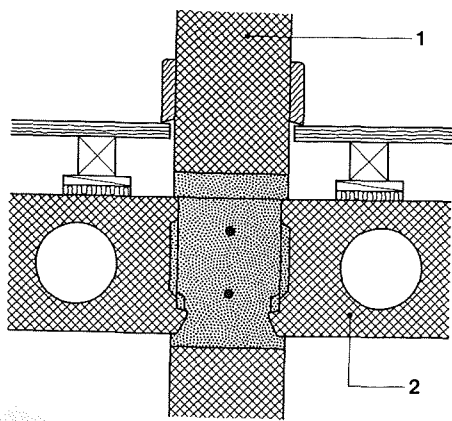
idet dårlig vedhæftning mellem afretningslag og betondæk kan formindskes luftlydisolationen og forøge trinlydniveauet.

I praksis findes der meget ofte huller i vægge ved dækoversider, det gælder også ved murede og in situ støbte vægge. Disse huller skal udmures, udstøbes eller på anden måde tætnes effektivt, før gulve udlægges. Vægge skal overfladebehandles, pudses, filttes, fuges, berappes eller spartles fra dækunderside til dækoverside også hvor overflader ikke bliver synlige i det færdige byggeri.



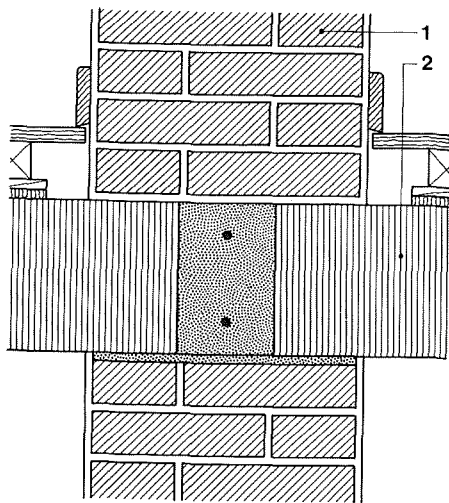
Lodret snit 1:10.

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



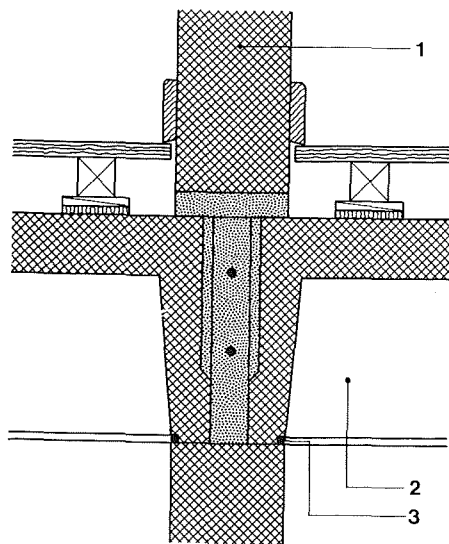
Lodret snit 1:10.

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



Lodret snit 1:10.

1. Indervæg, 1½-sten.
2. Dæk, 200 mm letbeton.



Lodret snit 1:10.

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

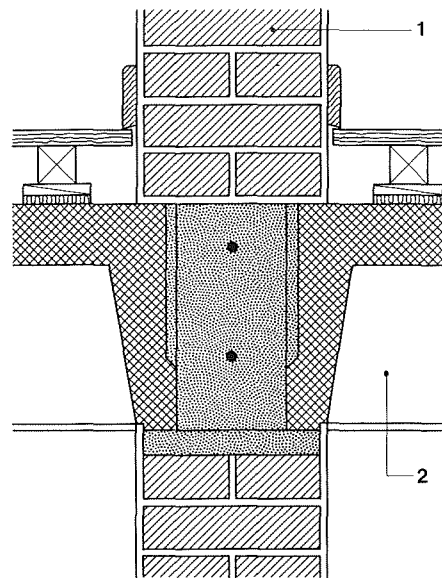
Enkeltvæg sammenstøbt med dæk	Etageadskillelse, med trægulv på strøer							
	Massiv betonplade		Betonhulplade		Betonribbeplade		Letbetonplade	
	120 mm	150 mm	200 mm	185 mm	220 mm	280 kg m ² vægt	320 kg m ² vægt	200 mm
168 mm bredsten	44/48	44/51	44/53	44/51	44/51			
1-sten	48/51	52/53	52/55	52/53	52/53	52/51	52/53	48/44
1½-sten	55/51	55/53	55/55	55/53	55/53	55/51	55/53	55/44
190 mm kalksand-blokke	48/48	48/51	48/53	48/51	48/51			44/44
230 mm kalksand-blokke	48/51	52/53	52/55	52/53	52/53	52/51	52/53	48/44
120 mm beton	48/51	48/53	48/53	48/51	48/51	48/48	48/51	
150 mm beton	48/51	52/53	52/55	52/53	52/53	52/51	52/53	
180 mm beton	52/51	52/53	52/55	52/53	52/53	52/51	52/53	
250 mm beton	55/51	55/53	55/55	55/53	55/53	55/51	55/53	

Luftlydisolation I_a i dB for enkeltvægge og etageadskillelser sammenstøbt i etagekryds som vist i figurerne.

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

Værdier før skråstreger gælder for vægge, og værdier efter skråstreger for etageadskillelser.

I_a er angivet ved lydklasse, se side 15.



Lodret snit 1:10.

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

Træetageadskillelser i rækkehus

Samlinger mellem massive enkeltvægge og træetageadskillelser forekommer hyppigt i rækkehuse. Erfaringer viser, at der ofte findes utætheder i vægge ud for bjælkelag. Derfor bør bjælker ligge parallelt med boligadskillende vægge. Bjælker vinkelret på adskillende vægge bør forsættes mindst 1 sten for hinanden. Vederlag bør være højst ½-sten. Der skal mures helt ud omkring bjælkeender og eventuelt forsegles med fugemasse omkring bjælkeenderne. Væggen ud for bjælkelag må ikke have huller og overfladebehandling skal svare til overfladebehandlingen for den synlige del af væggen.

Litteratur:

SBI-anvisning 90. Lydisolation i montagebyggeri. 1972.

Dobbeltvægge/dæk, sammenstøbt

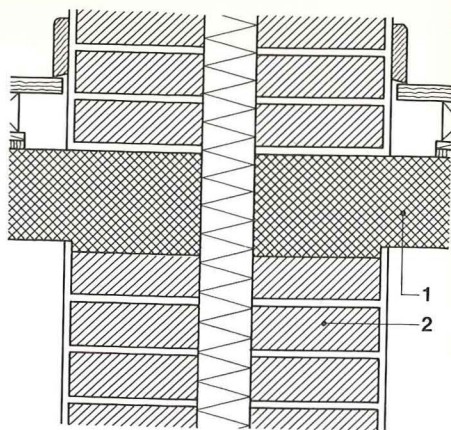
Ved samlinger mellem dobbeltvægge og etagedæk er det helt afgørende for dobbeltvæggenes luftlydisolation, at sammenstøbning sker på en måde, der sikrer fuldstændig adskillelse mellem vægdelenene. På side 22 er angivet, hvilke mineraluldstyper, der skal anvendes i dobbeltvægge af mursten, beton og letbeton.

Da understøpning af betonvægge ikke på normal måde kan udføres med modhold, skal der i mellemrummet mellem dækplader anvendes mineraluld, hvis sammentrykning for en belastning på ca. 10 kN/m^2 ikke overstiger ca. 8 mm.

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

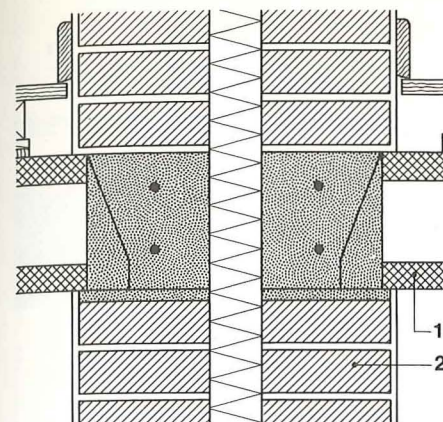
Hvis de i tabellen anførte dæk benyttes uden svømmende gulv, må der regnes med 2 til 3 dB mindre luftlydisolation. Derfor skal der anvendes 30 til 50 mm betonafretning under trinlyddæmpende belægninger for at opnå de i tabellen angivne værdier.

Er dobbeltvægges adskillelse ikke udført lydteknisk korrekt, kan luftlydisolationen aftage til meget lavere værdier, se side 21.



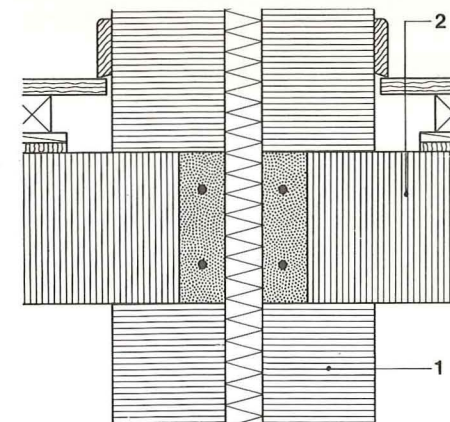
Lodret snit 1:10.

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



Lodret snit 1:10.

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



Lodret snit 1:10.

1. Indervæg 350 mm, 2×150 mm letbeton.
2. Dæk, 200 mm letbeton.

	Etageadskillelse, med trægulv på strøer					
	Massiv betonplade		Betonhulplade			Letbetonplade
Dobbeltvæg	120 mm	150 mm	200 mm	185 mm	220 mm	200 mm
350 mm, 2×150 mm sten	60/51	60/53	60/53	60/53	60/53	60/44
410 mm, 2×168 mm sten	60/51	60/53	60/53	60/53	60/53	60/44
250 mm, 2×100 mm beton	60/51	60/53	60/53	60/53	60/53	
350 mm, 2×150 mm letbeton				60/48	60/48	60/40

Luftlydisolation I_a i dB for dobbeltvægge og etageadskillelser med sammenstøbning for hver vægdel som vist i figurerne.

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

Værdier før skråstreger gælder for indervægge og værdier efter skråstreger for etageadskillelser. I_a er angivet ved lydklasse, se side 15.

Indervægge/dæk, tilsluttet

Ikke-bærende indervægge opført på dæk og tilsluttet ovenliggende dæk kan være massive vægge samt enkelte og dobbelte stålskeletvægge.

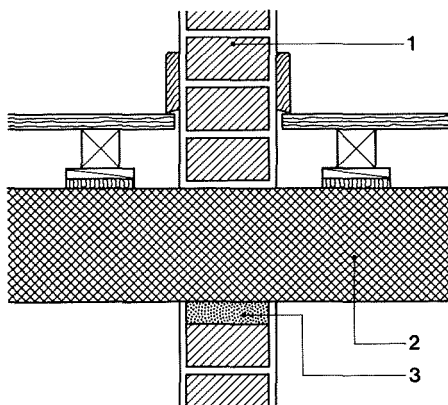
Flanketransmission gennem tynde vægge af letbeton, beton og mursten er i adskillige situationer medvirkende årsag til, at etageadskillelsers luftlydisolation nedsættes. Derfor bør der anvendes elastiske mellemlag mellem vægge og dækundersider.

Det gælder for alle her omtalte vægtyper, at huller i vægge under gulve skal være tætnet, før gulve udlægges.

Murede vægge, der føres op til underside af et ovenliggende dæk, giver almindeligvis en række tæthedsproblemer. Disse kan løses ved, at fuger stoppes med mineraluld og forsegles med fugemasse, eller ved at mørtelfyldte fuger udkradses ved dækundersider og forsegles med fugemasse. Forsegling med fugemasse må anses for nødvendig ved vægge med luftlydisolation på $I_a = 48$ dB og derover. Når samlinger til dækundersider er tætte, kan væggene i princippet give samme luftlydisolation som murede vægge med støbt etagekryds, dog kan flanketransmission gennem dæk i nogle tilfælde betyde, at der opnås mindre luftlydisolation.

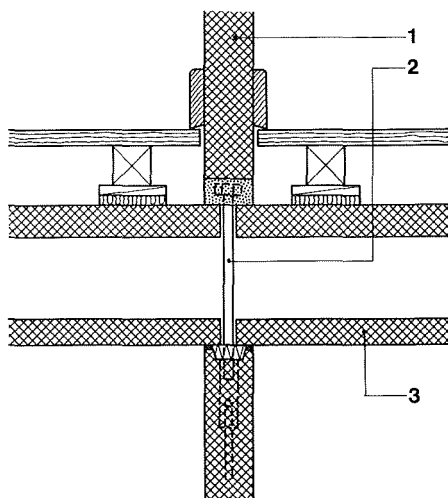
Betonvægge kan give de samme tætheds- og flanketransmissionsproblemer som murede vægge. Det vil derfor i almindelighed være nødvendigt at anvende fugemasse for at opnå en rimelig fugetæthed. For vægge med luftlydisolation på $I_a = 48$ dB og derover vil fugeforsegling næsten altid være nødvendig.

Letbetonvægges samlinger til dækundersider giver væsentlig mindre



Lodret snit 1:10.

1. Indervæg, $\frac{1}{2}$ -sten.
2. Dæk, 150 mm beton.
3. Mørtel.



Lodret snit 1:10.

1. Indervæg, 60 mm beton.
2. Styre- og montagebolt.
3. Dæk, 185 mm betonhulplade.

problemer end vægge af mursten eller beton på grund af væggens mindre luftlydisolation. Forsegling med fugemasse vil normalt ikke være nødvendig for denne vægtype. Letbetonvægge og tynde betonvægge må ikke være i spænd mellem to dækplader, fordi

	Etageadskillelse, med trægulv på strøer									
	Massiv betonplade			Betonhulplade 185 og 220 mm		Betonribbeplade 280 kg/m ²		Betonribbeplade 320 kg/m ²		Letbeton- plade
	120 mm	150 mm	200 mm	Væg ⊥ huller	Væg ≠ huller	Væg ⊥ ribber	Væg ≠ ribber	Væg ⊥ ribber	Væg ≠ ribber	200 mm
Massiv enkeltvæg										
½-sten	44/51	44/53	44/55	44/53	44/53	40/51	44/51	40/53	44/53	40/44
168 mm bredsten	44/51	44/53	44/55	44/53	44/53	40/51	44/51	40/53	44/53	40/44
1-sten	48/51	52/53	52/55	48/53	52/53	48/51	48/51	48/53	52/53	44/44
190 mm kalksand.blokke	48/51	48/53	48/55	48/53	48/53	44/51	48/51	44/53	48/53	44/44
230 mm kalksand.blokke	48/51	52/53	52/55	48/53	52/53	48/51	48/51	48/53	52/53	44/44
60 mm beton	40/51	40/53	40/55	40/53	40/53	40/51	40/51	40/53	40/53	
90 mm beton	44/51	44/53	44/55	44/53	44/53	40/51	44/51	40/53	44/53	
120 mm beton	48/51	48/53	48/55	48/53	48/53	44/51	48/51	44/53	48/53	
150 mm beton	48/51	52/53	52/55	48/53	52/53	44/51	48/51	48/53	52/53	
75-100 mm letbeton	36/51	36/53	36/55	36/53	36/53	36/51	36/51	36/53	36/53	36/44
150 mm letbeton	40/51	40/53	40/55	40/53	40/53	40/53	40/53	40/51	40/51	40/44
Skeletvæg										
95 mm enk. stålskelet										
2×1×13 mm gipspl.	36/51	36/53	36/55	36/53	36/53	36/51	36/51	36/53	36/53	36/44
120 mm enk. stålskelet										
2×2×13 mm gipspl.	44/51	44/53	44/55	44/53	44/53	40/51	44/51	44/53	44/53	40/44
145 mm dob. stålskelet										
2×2×13 mm gipspl.	48/51	52/53	52/55	48/53	52/53	44/51	48/51	48/53	52/53	44/44
230 mm dob. stålskelet										
2×2×13 mm gipspl.	48/51	52/53	55/55	48/53	52/53	44/51	48/51	48/53	52/53	44/44

Luftlydisolation I_a i dB for indervægge og etageadskillelser, samlet som vist i figureerne.

De angivne værdier forudsætter, at vægges og etageadskillelsers samlinger med øvrige omgivende bygningsdele er vurderet til samme luftlydisolation. Værdier for skråstreg er gælder for indervægge og værdier efter skråstreg er etageadskillelser.

I_a er angivet ved lydklasse, se side 15.

lydtransmissionen gennem de lette vægge derved forøges.

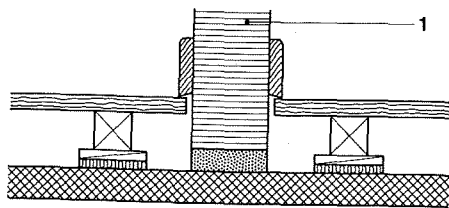
Pladebeklædte stål skeletvægge tilsluttet betondæk kan give problemer med hensyn til tæthed. Flanketransmission i vertikal retning giver ingen problemer, men derimod kan flanketransmission horisontalt via etageadskillelser give anledning til nedsættelse af den opnåelige luftlydisolation.

Opstilles stål skeletvægge på svømmende gulve vil luftlydisolationen blive reduceret til værdier mellem $I_a = 30$ dB og $I_a = 45$ dB, afhængigt af gulvenes tykkelse samt underlagets tykkelse og art. Grænserne er uafhængige af den med væggene opnåelige luftlydisolation uden flanketransmission. Den største luftlydisolation fås ved svømmende gulve af 70–100 mm beton og den mindste ved trægulve på strøer. Værdierne i tabellen forudsætter, at stål skeletvægge opstilles på dækplader.

Pladebeklædte stål skeletvægge skal sluttes tæt til både under- og ovenliggende dæk. For alle vægge med $I_a = 36$ dB og derover skal der anbringes et tæt sammenklemmt materiale, fx mineraluld, mellem skelet og dæk. For vægge med luftlydisolation på $I_a = 44$ dB eller mere bør der altid forsegles med fugemasse, men også for vægge med mindre luftlydisolation kan forsegling være nødvendig, hvis tilslutningsfladerne er ujævne.

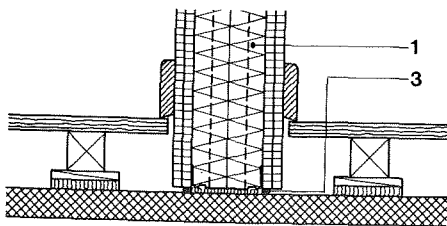
Det er en forudsætning for at opnå de i tabellen angivne værdier for luftlydisolation, at dækkene er forsynet med svømmende trægulve på strøer. Svømmende gulve af beton eller asfalt kan også anvendes.

Hvis de i tabellen anførte dæk benyttes uden svømmende gulv, må der regnes med 2 til 3 dB mindre luftlydisolation.



Lodret snit 1:10.

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



Lodret snit 1:10.

1. 145 mm stål skeletvæg.
2. Dæk, 185 mm betonhulplade.
3. Fugeforsegling.

isolation. Derfor skal der anvendes 30 til 50 mm betonafretning under trinlyddæmpende belægninger for at opnå de i tabellen angivne værdier. For at opnå en luftlydisolation vertikalt på $I_a = 53$ dB, som er nødvendig mellem etageboliger, skal dæk med trinlyddæmpende belægninger have en vægt på ca. 430 kg/m^2 .

Indervægge/tagdæk

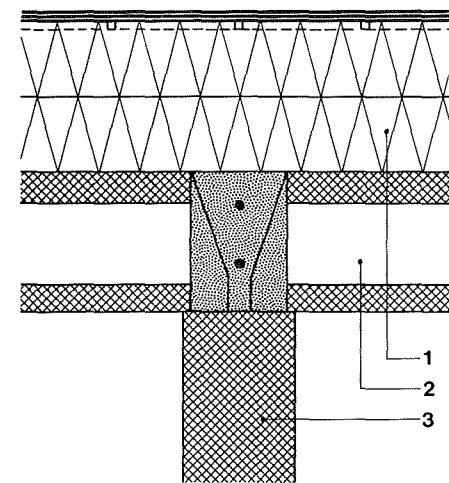
Det er vanskeligere at opnå lydteknisk tilfredsstillende sammenstøbninger mellem tagdæk og vægge end mellem etagedæk og vægge. Udstøbning af samlinger mellem massive enkeltvægge og tagdæk skal derfor foretages særlig omhyggeligt. Der er en betydelig risiko for, at der opstår sprækker mellem vægge og tagdæk; herved forøges dels risikoen for transmission af luftlyd, dels risikoen for flanketransmission i dækplader. De i tabellen angivne værdier for luftlydisolation må betragtes som maksimumværdier. Det vil sige, at 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 henholdsvis 180 mm beton, 230 mm mursten, 250 mm beton og $1\frac{1}{2}$ -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.

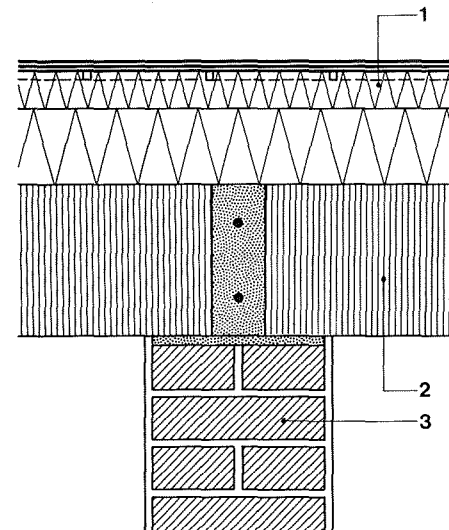
Når indervægge ikke sammenstøbes med, men tilsluttes et ovenliggende tagdæk, udføres samlingerne som beskrevet på side 58–60.

Ved dobbelte vægges samlinger med tagdæk er det en forudsætning for at opnå de angivne luftlydisolationer, at dobbeltvægges hulrum fortsætter gennem dækplader. Det er derfor tilrådeligt at benytte mineraluld med stor tæthed for at sikre, at udstøbninger kan ske på tilfredsstillende måde.



Lodret snit 1:10.

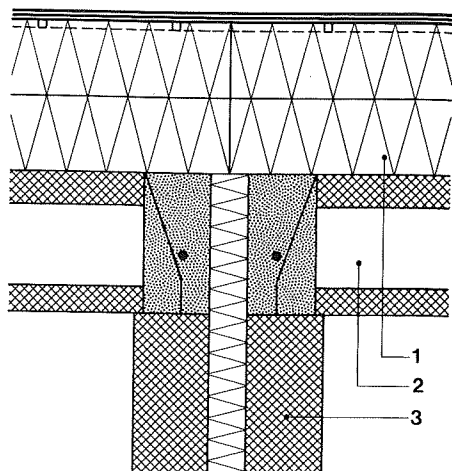
1. Tagisolering.
2. Tagdæk, 185 mm betonhulplade.
3. Indervæg, 150 mm beton.



Lodret snit 1:10.

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

På side 22 er angivet, hvilke mineraluldstyper, der skal anvendes i dobbeltvægge af mursten og letbeton.



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 120 mm	150 mm	200 mm	Betonhulplade 185 mm	220 mm	Letb.plade 200 mm
Massiv enkeltvæg						
168 mm bredsten	44	44		44	44	
1-sten	48	52	52	52	52	48
1½-sten	55	55	55	55	55	55
190 mm kalksand.blokke	44	48		48	48	
230 mm kalksand.blokke	48	52	52	52	52	48
150 mm beton	48	52	52	52	52	
180 mm beton	52	52	52	52	52	
250 mm beton	55	55	55	55	55	52
Dobbeltvæg						
350 mm, 2 × 150 mm sten	60	60	60	60	60	60
410 mm, 2 × 168 mm sten	60	60	60	60	60	60
250 mm, 2 × 100 mm beton	60	60	60	60	60	
350 mm, 2 × 150 mm letbeton	60	60	60			60

Luftlydisolation I_a i dB for indervægge sammenstøbt med tagdæk som vist i figurerne. Vægge som fuges mod tagdæk se skema side 59.

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

I_a er angivet ved lydklasse, se side 15.

Indervægge/tagkonstruktioner af træ

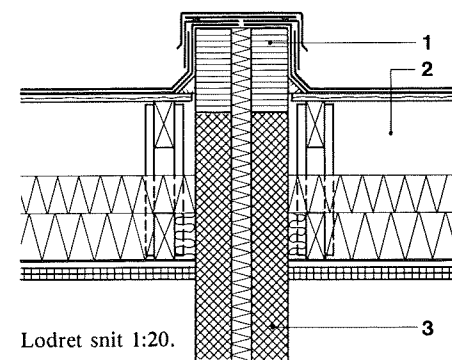
Indervægge kan samles med bærende tagkonstruktioner af træ på fire lydteknisk forskellige måder. Indervægge kan føres op over tagfladen, de kan føres til underside af tagfladen, de kan føres op over loftsfladen eller de kan sluttes til loftet. Erfaringer viser, at der hyppigt forekommer utætheder i forbindelse med vægge, det ikke føres gennem loft.

Loftsbeklædningen er i figurerne vist med to lag gipsplader. Denne beklædning giver rimelig isolation mod ude fra kommende støj. I bygningsreglementet stilles der ikke krav til tages isolation mod støj ude fra.

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

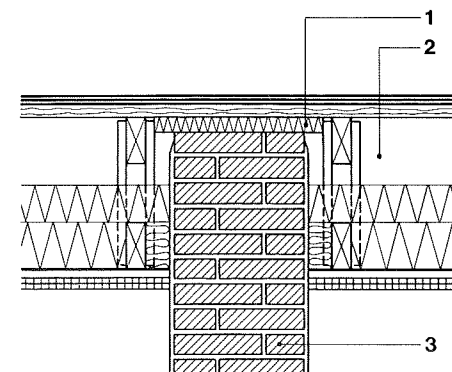
Når indervægge afsluttes ved underside af tagflade, bør afstanden mellem vægge og tagbeklædning ikke være større end 30 mm, og hulrummet skal udfyldes med mineraluld af type A. Afstanden mellem overside væg og underside loft bør være mindst 350 mm.

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



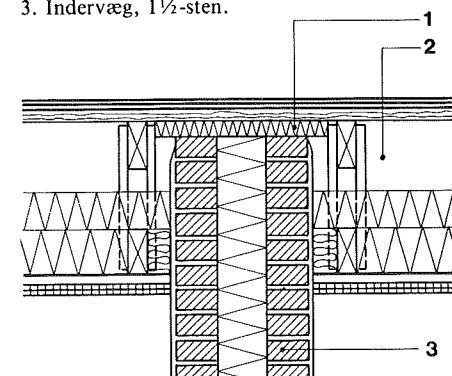
Lodret snit 1:20.

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



Lodret snit 1:20.

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



Lodret snit 1:20

1. Lydisolering, maks. 30 mm.
2. Tagrum.
3. Indervæg, 2 × ½-sten.

Indervæg	Samling med bærende tagkonstruktion af træ, indervæg er afsluttet:			
	op over tagflade	op mod tagflade	op over loftsflade	op mod loftsflade
Massiv enkeltvæg				
½-sten		44	44	
168 mm bredsten		44	44	
1-sten	52	52	52*	
1½-sten	55	55	52*	
190 mm kalksand.blokke		48	48*	
230 mm kalksand.blokke	52	52	52*	
60 mm beton			40	
90 mm beton			44	
120 mm beton		48	48*	
150 mm beton	52	52	52*	
180 mm beton	52	52	52*	
250 mm beton	55	55	52*	
75-100 mm letbeton			36	
150 mm letbeton			40	
Dobbeltvæg				
350 mm, 2 × ½-sten	60	60	52*	
350 mm, 2 × 150 mm sten	60	60	52*	
410 mm, 2 × 168 mm sten	60	60	52*	
250 mm, 2 × 100 mm beton	60	60	52*	
350 mm, 2 × 150 mm letbeton	60	60	52*	
Skeletvæg				
95 mm enk. stålskelet, 2 × 1 × 13 mm gipspl.				36
120 mm enk. stålskelet, 2 × 2 × 13 mm gipspl.		44	44	40
145 mm dob. stålskelet, 2 × 2 × 13 mm gipspl.		52	52	44
230 mm dob. stålskelet, 2 × 2 × 13 mm gipspl.		55	52	44

Luftlydisolation I_a i dB for indervægge samlet med bærende tagkonstruktion af træ som vist i figurerne.

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

De med * mærkede værdier forudsætter, at indervæggen er ført mindst 200 mm op over loftsbeklædningens underside, og at der anvendes to lag loftsplader.

I_a er angivet ved lydklasse, se side 15.

Når der på grund af terrænfald forekommer spring i tagniveau ved dobbeltvægge, som er ført op til underside af tagflade, må der udføres elastisk fugge mellem tagfladen og den ene af dobbeltvæggens vægdele.

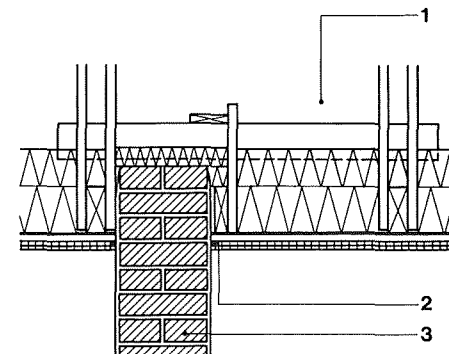
Indervægge, som føres op i loftsrummet, men ikke til tagfladen, skal når de adskiller etageboliger eller undervisningsrum afsluttes mindst 200 mm over loftsbeklædningens underside. Fuger mellem loft og skillevægge forsegles med fugemasse. Denne løsning kan ikke anvendes mellem rækkehuse.

Hvis indervægge føres til underside af loftsforskalling, kan det være vanskeligt at opnå tilfredsstillende tæthed. Når der anvendes vægelementer, skal disse være fuldkantede ved opsætningen. Beskadigede kanter må repareres før opsætning af loftsplader. Også ved denne løsning forsegles fuger mellem loft og vægge.

Indervægge tilsluttet loftsundersider forudsætter tætte fuger mellem lofter og vægge. Fugetykkelsen må derfor ikke være for stor, og det er nødvendigt at tætte fugerne med tæt sammenklemt lydæmpende materiale, fx mineraluld. Hvis væggenes luftlydisolation er $I_a = 44$ dB eller mere, bør der både stoppes med mineraluld og forsegles med fugemasse.

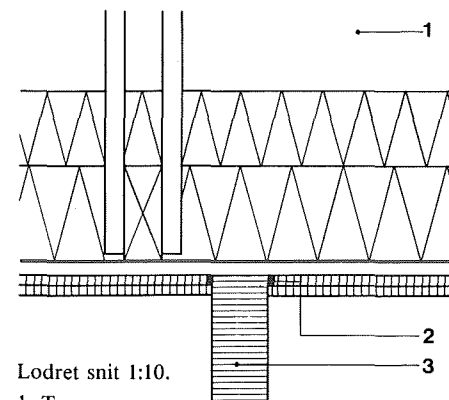
Indervægge i boliger udføres undertiden med 20-30 mm fuger under lofter og fugerne blot dækket med lister på begge sider af væggene. Men selv med mineraluldsstopning vil disse vægge give en luftlydisolation under 30 dB.

Den øvre grænse for vægges luftlydisolation ved tilslutning til pladebeklædning på spredt forskalling på tagkonstruktion af træ ligger under $I_a = 45$ dB.



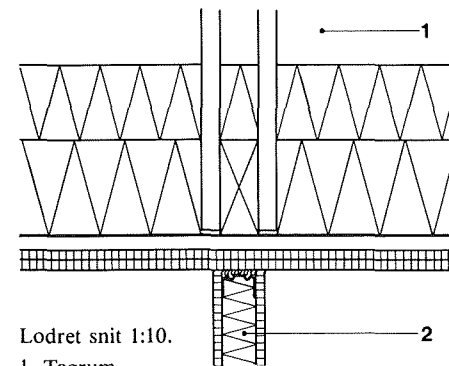
Lodret snit 1:20.

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



Lodret snit 1:10.

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



Lodret snit 1:10.

1. Tagrum.
2. 70 mm stålskeletvæg.

Massive indervægge/massive indervægge

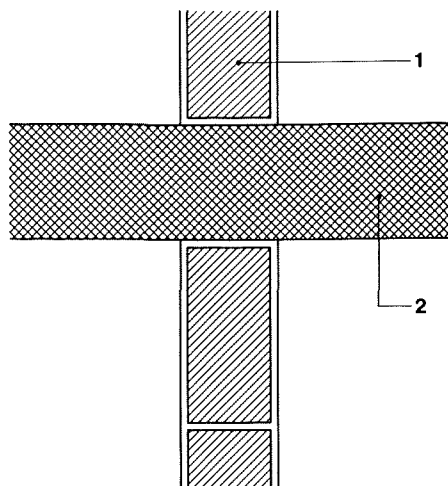
Ved samlinger mellem massive indervægge kan luftlydisolationen blive nedsat på grund af utætheder og flanketransmission. Forekomst af utætheder og flanketransmission afhænger både af vægmateriale og af samlingens konstruktion og udførelse. Samlinger mellem indervægge og den ene vægdel i dobbeltvægge kan lydteknisk vurderes som samlinger mellem massive indervægge.

Massive vægge er i reglen af murværk, beton eller letbeton, og utætte samlinger vil især forekomme mellem vægge af to forskellige materialer samt ved samlinger mellem vægge af rumhøje elementer.

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

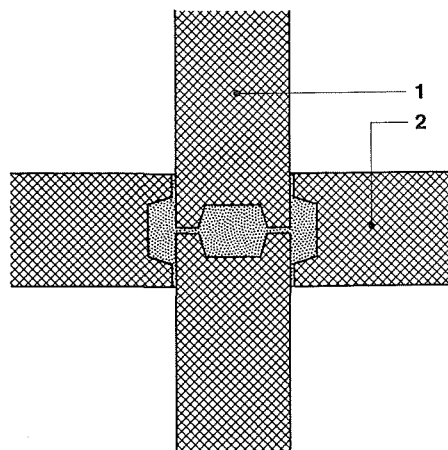
I tynde vægge optræder hyppigt koincidens, se side 106, og derved forholdsvis lavere lydlydisolation i området omkring koincidensfrekvensen. Tynde flankerende vægge, som afbrydes ved de adskillende vægge, kan indvirke på tunge, massive vægges luftlydisolation, når der anvendes stive samlinger. Derfor bør tynde, massive vægge anvendes med forsigtighed, idet væggenes indvirkning på luftlydisolationen ikke er tilstrækkeligt belyst.

Indbyrdes samlinger mellem murede vægge eller mellem in situ støbte betonvægge er normalt problemfri med hensyn til utætheder, men ikke altid med hensyn til flanketransmission. I samlinger mellem 1/2-stens vægge og 1-



Vandret snit 1:10.

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



Vandret snit 1:10.

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

Indervæg	Flankerende væg – afbrudt/gennemgående				Kalksand.blok	
	Mursten 1/2-sten	168 mm	1-sten	1 1/2-sten	190 mm	230 mm
1/2-sten	40/40	40/40	44/44	44/44	44/44	44/44
168 mm bredsten	40/40	40/40	44/44	44/44		44/44
1-sten	48/48	52/52	52/52	52/52	52/48	52/52
1 1/2-sten	55/55	55/55	55/55	55/55	55/52	55/55
190 mm kalksand.blok	44/44		48/48	48/48	48/48	48/48
230 mm kalksand.blok	52/52	52/52	52/52	52/52	52/52	52/52
60 mm beton						
90 mm beton						
120 mm beton	48/	48/	48/48	48/48		
150 mm beton	52/	52/	52/52	52/52		
180 mm beton	52/	52/	52/52	52/52		
250 mm beton	55/	55/	55/55	55/55		
75-100 mm letbeton	/36	/36	/36	/36	/36	/36

Indervæg	Flankerende væg – afbrudt/gennemgående						
	Beton				Letbeton		
	60 mm	90 mm	120 mm	150 mm	180- 250 mm	75- 100 mm	150 mm
1/2-sten			/44	/44	/44	40/40	40/40
168 mm bredsten			/44	/44			
1-sten			52/48	52/52	52/52	52/	52/44
1 1/2-sten			55/48	55/52	55/55	55/	55/44
190 mm kalksand.blok						48/	
230 mm kalksand.blok						52/	
60 mm beton	36/36	40/40	40/40	40/40		36/36	
90 mm beton	40/40	40/40	44/44	44/44		40/40	
120 mm beton	48/44	48/44	48/48	48/48		48/44	
150 mm beton	52/44	52/48	52/48	52/52		52/44	
180 mm beton	52/44	52/48	52/48	52/52		52/	
250 mm beton	55/44	55/48	55/48	55/52		55/	
75-100 mm letbeton	36/36	36/36	36/36	36/36	/36	36/36	36/36

Luftlydisolation I_a i dB for massive indervægge som vist i figurerne.

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

Værdier før skråstreger gælder for indervægge, når de flankerende vægge er afbrudt ved skillevæggene. Værdier efter skråstreger gælder for indervægge, når de flankerende vægge er gennemgående. De flankerende vægge kan være enkeltvægge eller den ene vægdel i dobbeltvægge.

I_a er angivet ved lydklasse, se side 15.

stens vægge vil flanketransmissionen gennem $\frac{1}{2}$ -stens væggene således påvirke 1-stens væggenes luftlydisolation.

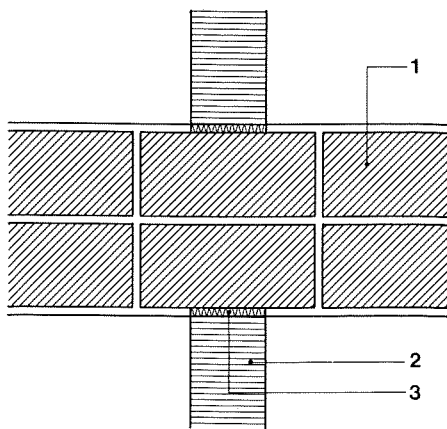
Når der er tale om T-samlinger mellem adskillende 1-stens vægge og flankerende $\frac{1}{2}$ -stens vægge, vil flanketransmissionen i reglen være så stor, at 1-stens væggenes luftlydisolation bliver mindre end $I_a = 52$ dB. Tilsvarende forhold gør sig gældende ved samling mellem 90 og 150 mm betonvægge.

I samlinger mellem murede og støbte vægge vil flanketransmission være forholdsvis større i en gennemgående betonvæg end i en gennemgående murstensvæg. Utætheder ved murede vægges tilslutninger til en betonvæg vil overvejende være et problem i forbindelse med murstensvæggenes luftlydisolation. Hvis betonvægge tilsluttes en gennemgående murstensvæg, vil problemet være det omvendte.

I samlinger mellem betonelementvægge forekommer ofte utætheder, fx svindrevner, og det kan blive nødvendigt at udføre fuger, som forsegles med fugemasse.

Samlinger mellem letbetonvægge og vægge af beton eller mursten bør udføres med mellemlag af polystyrenskum, som skal udfylde hele fugebredden. Mellem to letbetonvægge kan anvendes limfuge eller elastisk mellemlag.

Samlinger mellem enkeltvægge og korrekt udførte dobbeltvægge har kun indvirkning på enkeltvæggenes luftlydisolation.



Vandret snit 1:10.

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

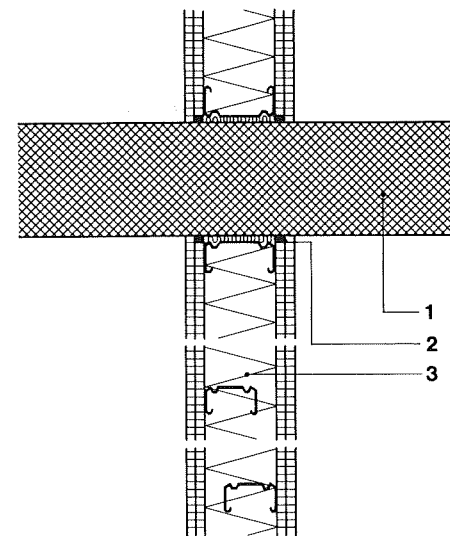
Stålskeletvægge/indervægge

Ved samlinger mellem pladebeklædte stålskeletvægge og massive vægge vil det normalt være skeletvæggene, der tilsluttes gennemgående, massive vægge. Hvis massive vægge tilsluttes en flankerende stålskeletvæg i T-samlinger, skal disse i princippet udføres som samlinger mellem massive vægge og lette ydervægge, dvs. at de massive vægge føres ind i den lette væg, se side 50.

Ved pladebeklædte stålskeletvægges samlinger med massive indervægge influerer almindeligvis både utætheder i samlinger og flanketransmission gennem de massive vægge på skeletvæggenes luftlydisolation. Derimod har pladebeklædte stålskeletvægge meget ringe indvirkning på massive vægges lyd-isolation.

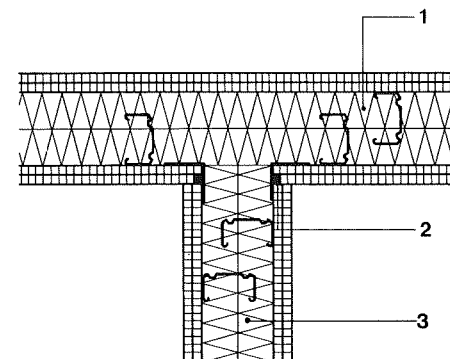
Når skeletvægge tilsluttes massive vægge, skal der være en jævn, plan overflade på tilslutningsstedet. Eventuelle tilbageliggende fuger i blank mur udfyldes med mørtel. Desuden indlægges mineraluldsstrimler eller andet lydabsorberende materiale før opsætning af skelettet. Undlades denne ekstra tætning, kan de i tabellen anførte luftlydisolationer ikke påregnes. Ved vægge med luftlydisolation på $I_a = 44$ dB eller mere er det nødvendigt at forsegle fugerne med fugemasse.

Når dobbelte skeletvægges luftlydisolation påvirkes væsentligt af flanketransmission gennem massive vægge, kan isolationen forbedres ved at forsyne de massive vægge med forsatsvægge, se side 24.



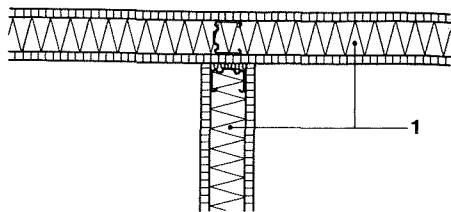
Vandret snit 1:10

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



Vandret snit 1:10.

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



Vandret snit 1:10.

1. 70 mm stålskeletvæg.

Flankerende indervæg eller bagmur i en ydervæg	Pladebeklædt stålskeletvæg			
	Enkelt stålskelet		Dobbelt stålskelet	
	95 mm 2 × 1 × 13 mm gipspl.	120 mm 2 × 2 × 13 mm gipspl.	145 mm 2 × 2 × 13 mm gipspl.	230 mm 2 × 2 × 13 mm gipspl.
Massiv enkeltvæg				
½-sten	36	40	44	44
150 mm sten	36	40	44	44
168 mm bredsten	36	40	44	44
1-sten	36	44	52	52
1½-sten	36	44	52	55
190 mm kalksand.blokke	36	44	48	48
230 mm kalksand.blokke	36	44	52	52
60 mm beton	36	40	44	44
90 mm beton	36	40	44	44
120 mm beton	36	44	48	48
150 mm beton	36	44	52	52
180 mm beton	36	44	52	52
250 mm beton	36	44	52	55
75-100 mm letbeton	36	40	40	40
150 mm letbeton	36	40	44	44
Skeletvæg				
95 mm enk. stålskelet, 2 × 1 × 13 mm gipspl.	36	40	44	44
120 mm enk. stålskelet, 2 × 2 × 13 mm gipspl.	36	44	48*	52*
145 mm dob. stålskelet, 2 × 2 × 13 mm gipspl.	36	44	52*	55*
230 mm dob. stålskelet, 2 × 2 × 13 mm gipspl.	36	44	52*	55*

Luftlydisolation I_a i dB for stålskeletvægge tilsluttet flankerende indervægge som vist i figurerne. 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 stålskeletvæggene.

I_a er angivet ved lydklasse, se side 15.

Tunge ydervægge/dæk

Tunge ydervægge kan være udført med bagmure af mursten, beton eller letbeton. I tynde bagmure, ½-sten eller 90 mm beton, er flanketransmissionen ofte så stor, at etageadskillelsers luftlydisolation påvirkes væsentligt. I murede ydervægge sker flanketransmissionen i både for- og bagmure, mens den i sandwichvægge af beton normalt kun sker i bagstøbninger, idet elementernes forstøbninger i reglen ikke sammenstøbes.

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

Hvis dæk oplægges uden sammenstøbning med vægge, er det meget vigtigt, at understopning udføres omhyggeligt, så alle huller er helt udfyldte, før gulve lægges.

De i tabellen angivne værdier for luftlydisolation gælder for dæk forsy-

net med svømmende trægulve på strøer. Svømmende gulve af beton eller asfalt kan også anvendes. Hvis de i tabellen anførte dæk benyttes uden svømmende gulv, må der regnes med 2 til 3 dB mindre luftlydisolation. Derfor skal der anvendes 30 til 50 mm betonafretning under trinlyddæmpende belægnings for at opnå de i skemaet angivne værdier. For at opnå en lydisolation vertikalt på $I_a = 53$ dB, som er nødvendig mellem etageboliger, skal dæk med trinlyddæmpende belægnings have en vægt på ca. 430 kg/m².

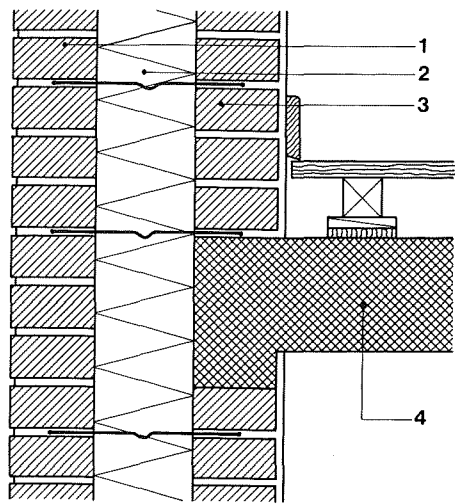
De viste eksempler på murede ydervægge med ½-stens bagmure forudsætter statiske beregninger af murværket. Det vil ofte være nødvendigt med bagmure af bredsten eller 1-sten.

Etageadskillelse med trægulv på strøer	Flankerende ydervæg Bagmur af mursten			Bagstøbning af beton			Bagmur af Letbeton ydervæg	
	½-sten	168 mm	1-sten	90 mm	120 mm	150 mm	100 mm	200 mm
120 mm betonplade	48	51	51	51	51	51	48	51
150 mm betonplade	51	53	53	53	53	53	51	53
200 mm betonplade	53	53	55	53	53	55	53	55
185-230 mm betonhulplade	51	53	53	53	53	53	51	53
Betonribbeplade 280 kg/m ²	48	51	51	51	51	51	48	51
Betonribbeplade 320 kg/m ²	51	53	53	53	53	53	51	53
200 mm letbetonplade	44	44	44				40	44

Luftlydisolation I_a i dB for etageadskillelser samlet med ydervægge som vist i figurerne.

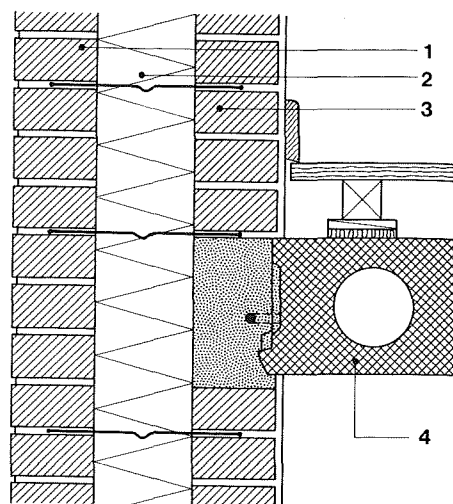
De angivne værdier forudsætter, at etageadskillelsernes samlinger med øvrige omgivende bygningsdele er vurderet til samme luftlydisolation.

I_a er angivet ved lydklasse, se side 15.



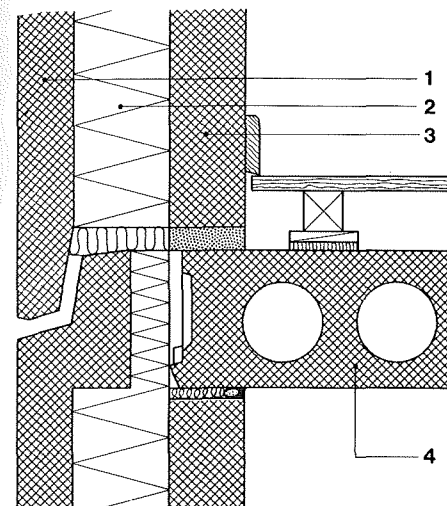
Lodret snit 1:10.

1. Formur, ½-sten.
2. Varmeisolering.
3. Bagmur, ½-sten.
4. Dæk, 150 mm beton.



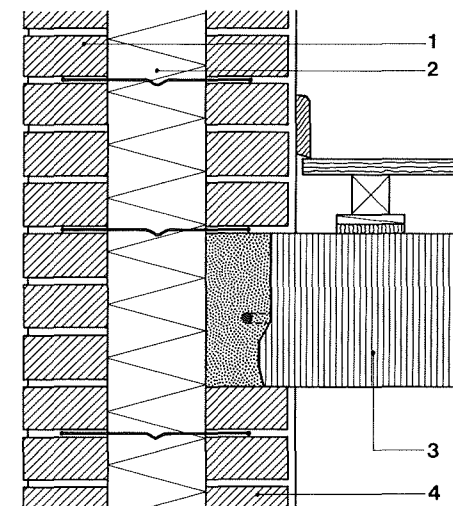
Lodret snit 1:10.

1. Formur, ½-sten.
2. Varmeisolering.
3. Bagmur, ½-sten.
4. Dæk, 185 mm betonhulplade.



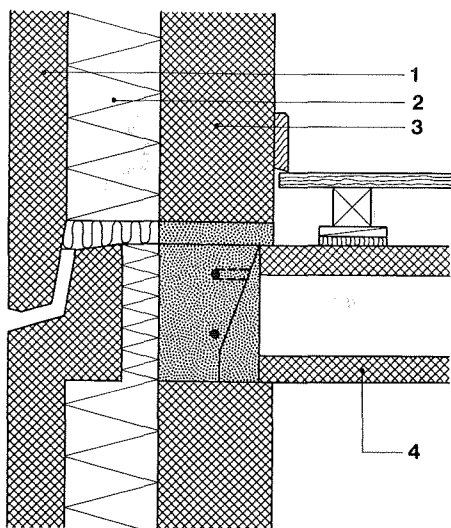
Vandret snit 1:10.

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



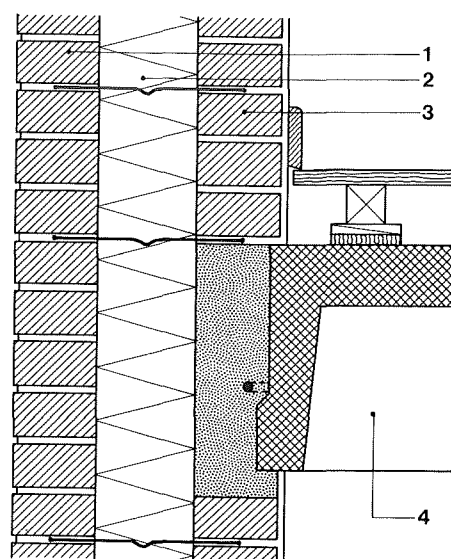
Vandret snit 1:10.

1. Formur, ½-sten.
2. Varmeisolering.
3. Dæk, 200 mm letbeton.
4. Bagmur, ½-sten.



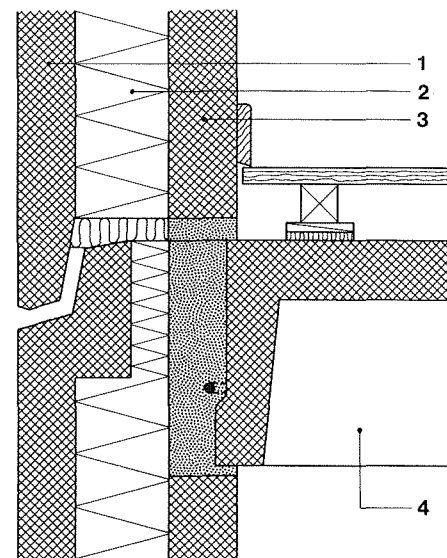
Lodret snit 1:10.

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



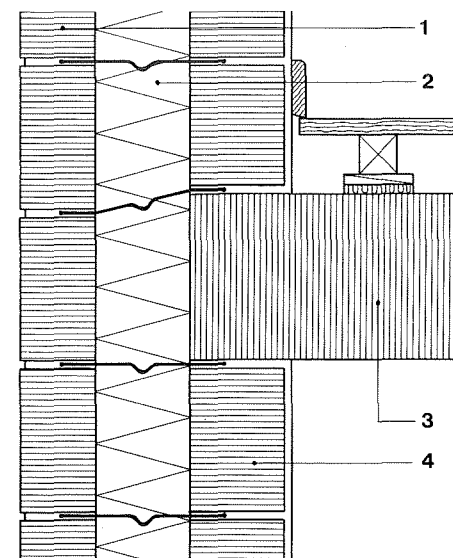
Lodret snit 1:10.

1. Formur, ½-sten.
2. Varmeisolering.
3. Bagmur, ½-sten.
4. Dæk, 300 mm betonribbeplade.



Vandret snit 1:10.

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



Vandret snit 1:10.

1. Formur, 100 mm letbeton.
2. Varmeisolering.
3. Dæk, 200 mm letbeton.
4. Bagmur, 125 mm letbeton.

Lette ydervægge/dæk

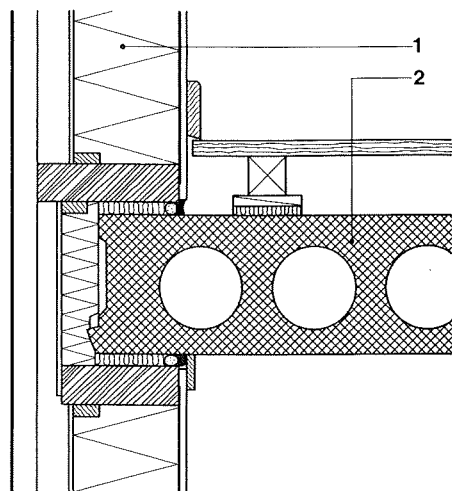
Etageskiller kan samles med lette ydervægge ved at føres helt ud gennem ydervæggene og afsluttes med altaner eller smallere »facadebånd« eller ved at føres delvis ud gennem ydervæggene.

Fugetykkelsen mellem dækoversider eller dækundersider bør ikke overstige 20 mm og fugedybden skal være mindst 100 mm. Fuger skal stoppes tæt med mineraluld og forsegles med fugemasse. I nogle tilfælde, fx ved lange dækplader, kan nedbøjninger gøre større fugetykkelser nødvendige, men i så fald vil der kunne opstå problemer med lydisolationen.

Afsluttes dækplader med altanplader, må der ikke være stive forbindelser mellem dækplader og altanplader. Herved undgås transmission af trinlyd fra altaner til etagedæk og videre til underliggende rum. Altanplader skal derfor oplægges på gummiunderlag eller forsynes med trinlyddæmpende belægning. Se yderligere side 88.

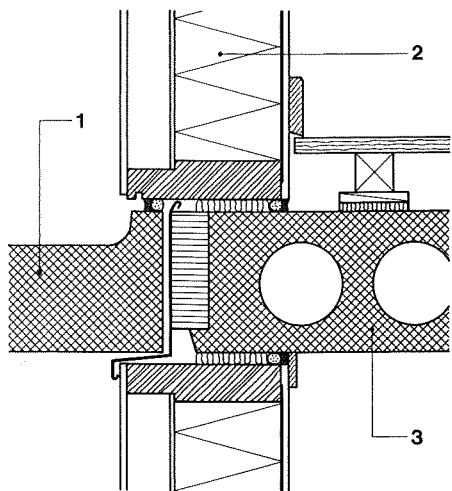
Når dæk føres helt ud gennem ydervægge, indbygges der normalt et 30-50 mm varmesolerslag mellem etagedækpladerne og de fremspringende altaner eller »facadebånd«. Isoleringen skal anbringes nær ved facadens yderside.

Når dæk føres delvis ud gennem ydervægge, skal de føres så langt ud, at der skabes en tilfredsstillende tæthed i samlingerne. Hvis forbindelse mellem ydervægge ud for indervægge udføres som pladebeklædning, bør denne have mindst mulig bøjningsstivhed. Fx kan beklædningens bagside forsynes med en eller flere riller af størst mulig dybde.



Lodret snit 1:10.

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



Lodret snit 1:10.

1. Altanplade, 140 mm beton.
2. Let facadekomponent.
3. Dæk, 185 mm betonhulplade.

Luftlydisolation for forskellige etageadskillelser samlet med lette ydervægge er angivet i tabellen side 71.

Forsatsvægge, underlofter/vægge, dæk

Bygningsreglementet stiller krav om forøget luftlydisolation på mindst $I_a = 60$ dB mellem boliger og rum, der anvendes til fælles service eller erhvervs-mæssig virksomhed som fx varmecentraler, vaskerier, selskabslokaler, hobbyrum, forretningslokaler, værksteder og restauranter. Samme krav er gældende mellem undervisningsrum for sang, musik og sløjde og mellem disse og andre undervisningsrum.

Kravet om forøget luftlydisolation kan opfyldes ved at anbringe lydisolierende forsatsvægge og underlofter på vægge og dæk i rum, hvori høje lydtrykniveauer frembringes. For at modvirke flanketransmission må en sådan lydisolering udføres ikke alene på de adskillige bygningsdele, men også på de øvrige, herunder ydervægge og eventuelle gennemgående tagdæk. Desuden skal der udføres svømmende gulve i disse rum.

I figurerne er vist forskellige samlinger mellem væg og dæk omkring rum, hvor imellem der stilles krav om forøget luftlydisolation.

Ved projektering af konstruktioner med væsentlig større luftlydisolation end $I_a = 60$ dB må det tilrådes at søge sagkyndig bistand. Det vil fx hyppigt være nødvendigt i forbindelse med restaurationslokaler og med rum til fritidsvirksomhed, især musikudøvelse. Støj- og lydisolationsproblemer som følge af sådan aktivitet er ikke alene et spørgsmål om lydlydisolation mellem rum, men også om døres og vinduers isolation samt adgangsforholdene til lokalene. Det må derfor tilrådes også at benytte de muligheder for lydsole-

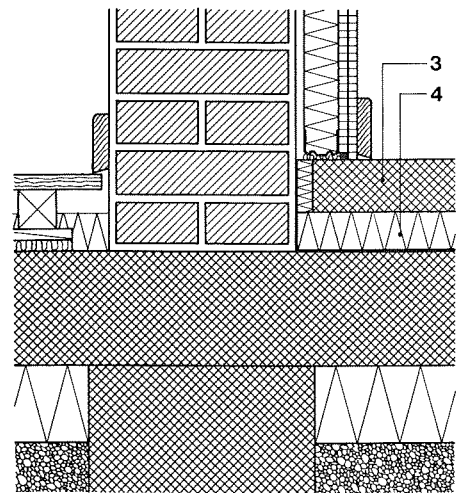
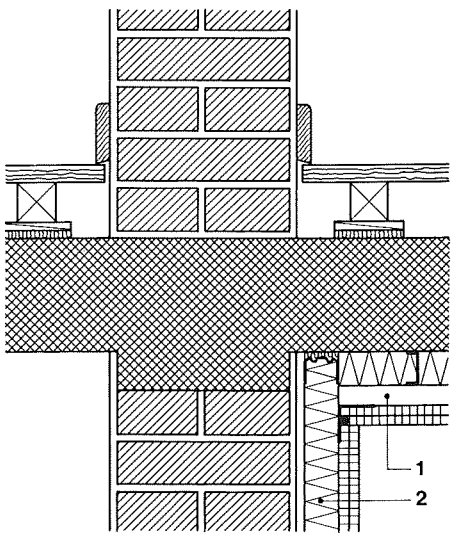
ring, som ligger i en akustisk hensigtsmæssig planløsning.

Hvis der til lydisolierende forsatsvægge anvendes pladebeklædt stålskelet, skal afstanden mellem væg og stålskelet være mindst 10 mm. Anvendes træskelet, skal afstanden være mindst 30 mm.

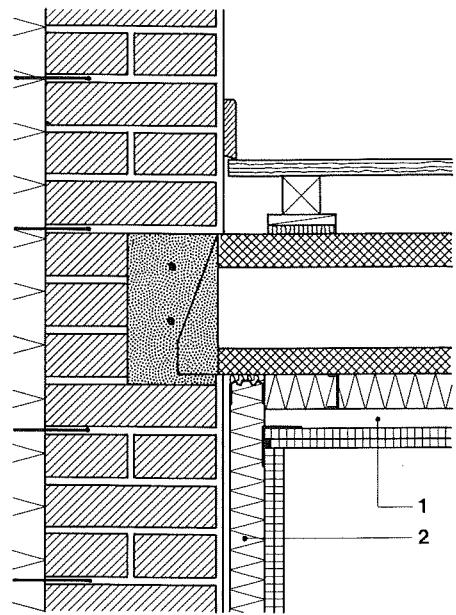
Lydisolierende underlofter kan være gipsbeklædninger på monteringskinner, som fastgøres til bæreskinner.

Kravet til forøget luftlydisolation er også gældende, når undervisningslokaler til sang, musik og sløjde støder op til hinanden. Vægge mellem to sådanne rum med høje støjniveauer forsynes med forsatsvægge på begge sider, fordi flanketransmissionen til ovenliggende rum i modsat fald ville være for stor. Gulve i de ovenliggende rum kan være trægulve som vist i figurerne, men der kan også benyttes tæppebelægninger på 40-50 mm afretningsslag. Svømmende betongulve i de ovenliggende rum kan være af ca. 40 mm beton på 30 mm mineraluld, når der ikke stilles særlige krav.

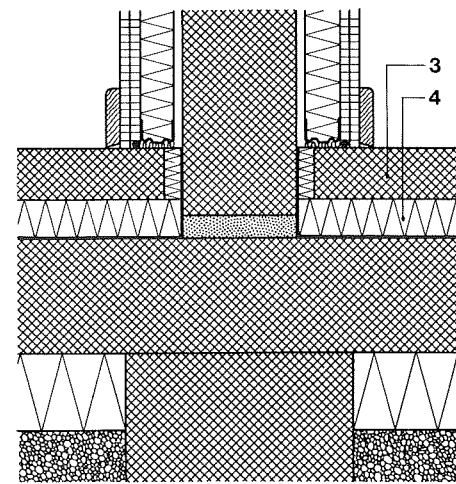
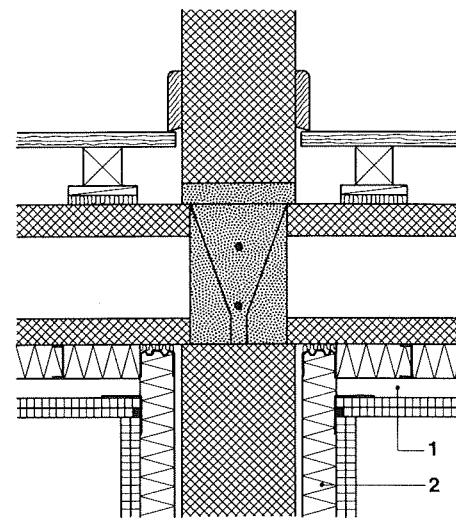
Svømmende betongulve i undervisningsrum for sang, musik og sløjde samt i varmecentraler, hobbyrum, selskabslokaler mv. skal have større tykkelser på beton og isoleringslag.



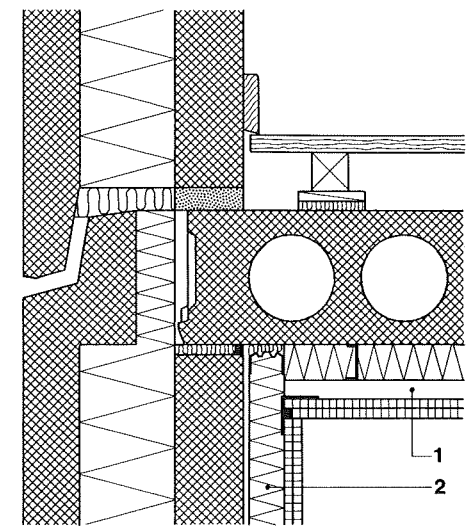
Lodret snit 1:10.
 1. Lydisolerende underloft.
 2. Lydisolerende forsatsvæg.
 3. Svømmende betongulv på terrændæk.
 4. Mineraluld.



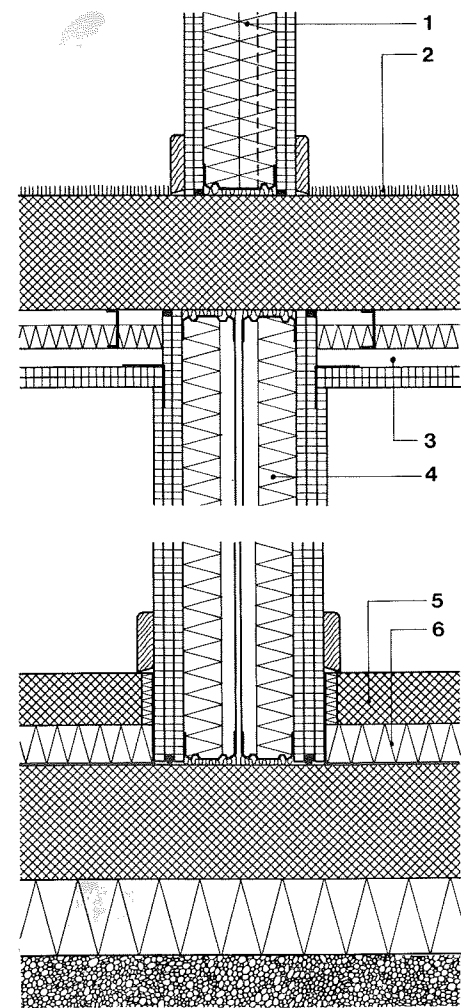
Lodret snit 1:10.
 1. Lydisolerende underloft.
 2. Lydisolerende forsatsvæg.



Lodret snit 1:10.
 1. Lydisolerende underloft.
 2. Lydisolerende forsatsvæg.
 3. Svømmende betongulv på terrændæk.
 4. Mineraluld.



Lodret snit 1:10.
 1. Lydisolerende underloft.
 2. Lydisolerende forsatsvæg.



Lodret snit 1:10.

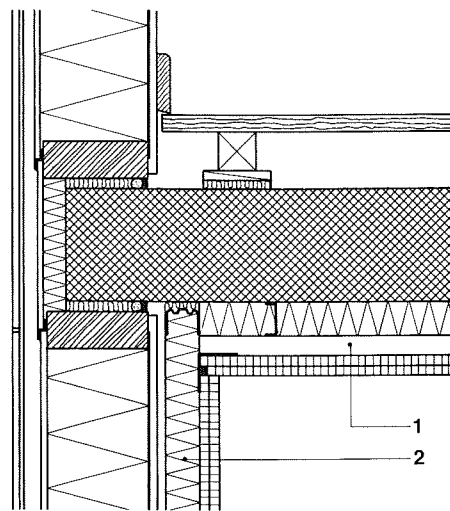
1. 145 mm stålskeletvæg.
2. Tæppebelagt afretningslag.
3. Lydisolerende underloft.
4. 230 mm stålskeletvæg.
5. Svømmende betongulv på terrændæk.
6. Mineraluld.

Indervægge af dobbelt stålskelet beklædt med 3 lag gipsplader på hver side og en samlet tykkelse på 230 mm kan anvendes ved rum, hvor imellem der stilles krav om forøget luftlydisola-

tion, fx sang-, musik- og sløjdlokaler. I figuren er de ovenliggende rum normalklasser. Med de viste gulve og underlofter, hvor flanketransmissionen er ubetydelig, kan der regnes med en luftlydisolation på $I_a = 60$ dB for en sådan skeletvæg.

Stilles de særligt lydisolerende vægge oven på svømmende gulve, falder luftlydisolationen til $I_a = 52$ dB, selv om der udføres 10 mm fuger i de svømmende gulve under væggenes hulrum. Anvendes fælles bundskinner, kan værdien endda aftage til under $I_a = 48$ dB. Føres væggene til dækundersider uden lydisolerende underlofter, vil lydisolationen aftage til $I_a =$ ca. 52 dB.

Den i sidste figur viste løsning med en ydervæg forsynet med forsatsvæg er ikke helt uden problemer, fordi der kan optræde resonans, som nedsætter lydisolationen. Derfor er det vigtigt, at forsatsvægges afstande fra lette ydervægge gøres så store som muligt.



Lodret snit 1:10.

1. Lydisolerende underloft.
2. Lydisolerende forsatsvæg.

Søjler, bjælker/vægge, dæk

Søjle-bjælkesystem af beton

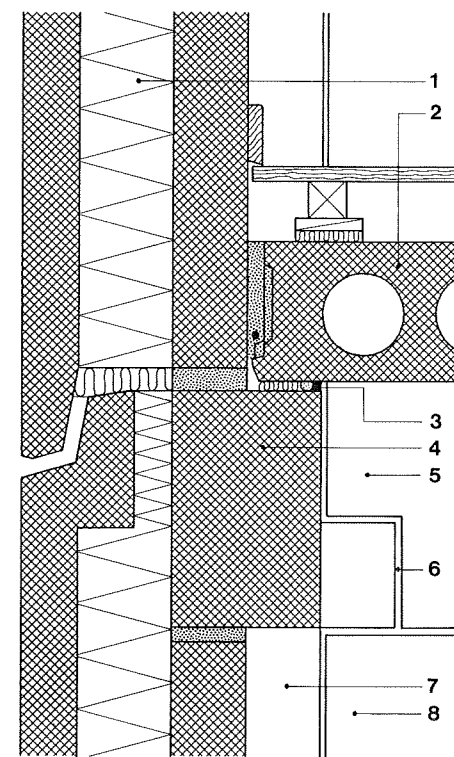
Det er i almindelighed muligt i bygninger med søjler og bjælker at opnå en lydisolation, der ud fra en helhedsbedømmelse ligger væsentligt højere end i tilsvarende bygninger med bærende ydervægge eller tværvægge. Når indervægge i sådanne bygninger samles med dæk eller ydervægge uden for søjle-bjælkesystemet, kan deres luftlydisolation dog i uheldige tilfælde blive ca. 25 dB mindre end, når de samles ved søjler og bjælker.

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

Tværgående indervægge i søjle-bjælkesystemer er som oftest udfyldninger mellem to søjler, bjælke og dæk eller mellem en langsgående indervæg, søjle, bjælke og dæk. Luftlydisolationen i horisontal retning afhænger da primært af væggene og tætheden ved søjler og bjælker, men der kan også være utætheder ved dæks samlinger med tværbjælker og ved samlinger mellem søjler og ydervægge.

Ved 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 visuel kontrol af fugernes udstøbning ikke er mulig.

Hvis tværbjælkernes tykkelse er større end dækpladernes nødvendige vederlag, bør mertykkelsen udnyttes til



Lodret snit 1:10.

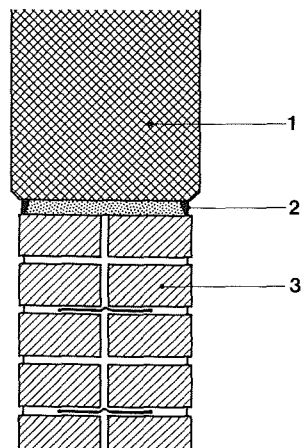
1. Ydervæg.
2. Dæk, 185 mm betonhulplade.
3. Fugeforsegling.
4. Kantbjælke.
5. Tværbjælke.
6. Fugeforsegling.
7. Facadesøjle.
8. Indervæg.

at forøge afstanden mellem knastender, således at der opnås bedst mulige udstøbningsbetingelser og dermed mulighed for mere tætte samlinger.

Ved samlinger mellem tunge indervægge og bjælker kan tæthed ofte kun opnås ved at fuger forsegles. Lette indervægge tilsluttes søjler, bjælker og dæk med tætte samlinger på tilsvarende måde som beskrevet side 60 og 69.

Når lette ydervægge tilsluttes søjler, kantbjælker og dæk som vist side 51 og 74, giver samlingerne ikke anledning til væsentlig lydtransmission. Udføres bygninger derimod med ophængte ydervægge, curtain walls, forekommer der oftere end i bygninger med andre ydervægstyper utætheder ved ydervæggene. Derfor må der stoppes med mineraluld mellem ydervæggene og de bærende konstruktioner. Stopningers dybde bør være mindst 200 mm, og der bør forsegles med fugemasse.

Hvis der anvendes curtain walls med tætte tilslutninger til vægge og dæk, kan der ikke regnes med, at indervægges lydisolations overstiger $I_a = 48$ dB.



Lodret snit 1:10.

1. Tværbjælke.
 2. Fugeforsegling.
 3. Indervæg, $2 \times \frac{1}{2}$ -sten med bindere.
- Luftlydisolation $I_a = 48$ dB se side 17.

Indervæg (udfyldningsvæg)	Etageskillelse med trægulv på strøer				
	Massiv betonplade 150 mm	Betonhulplade 200 mm	Betonhulplade 185 mm	Betonhulplade 220 mm	Letb.plade 200 mm
1-sten	52/53	52/55	52/53	52/53	48/44
190 mm kalksand, blokke	48/53	48/55	48/53	48/53	48/44
145 mm dob. stålskelet, 2 x 2 x 13 mm gipspl.	52/53	52/55	52/53	52/53	48/44
230 mm dob. stålskelet, 2 x 2 x 13 mm gipspl.	55/53	55/55	55/53	55/53	48/44

Luftlydisolation I_a i dB for indervægge og tilsluttede etageskillelser i søjle-bjælke byggesystemer af beton.

De angivne værdier forudsætter, at dæks og vægges samlinger med søjler og bjælker udføres som vist i figurerne og at vægges og etageskillers samlinger med øvrige omgivende bygningsdele er vurderet til samme luftlydisolation.

Værdier før skråstreger gælder for indervægge og værdier efter skråstreger for etageskillelser. I_a er angivet ved lydklasse, se side 15.

Lydisolations kan forøges ved at opsætte lette forsatsvægge som udfyldning mellem facadesøjler og kantbjælker, hvilket vil nedsætte lydtransmissionen gennem utætheder og flanketransmissionen gennem ydervægge, og desuden vil forsatsvæggene forøge isolationen mod ude fra kommende støj.

Søjle-bjælkesystem af træ

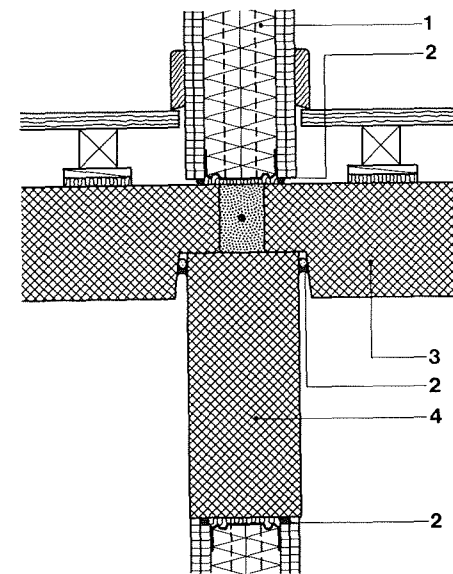
Bygninger med en etage og bærende søjler og bjælker af træ har mindre luftlydisolation end tilsvarende bygninger af betonkonstruktion. Bygninger af laminerede søjler og bjælker anvendes ofte til skoler, hvor luftlydisolationen mellem klasserum horisontalt skal være mindst $I_a = 48$ dB.

Det er nødvendigt at anvende søjler og bjælker af træ med tykkelser på mindst 200 mm, eventuelt at indklæde spinklere søjler og bjælker. Fx kan pladebeklædninger dække søjler og bjælker på den ene eller begge sider af indervægge. Når der ikke foretages indklæbning af søjler og bjælker, må arealerne af de synlige dele af disse ikke overstige 10 pct af den samlede vægflade.

Ved samlinger mellem træbjælker og tagkonstruktion forudsættes, at loftsbeklædninger sluttes tæt til bjælkesider og at fuger forsegles. Loftsbeklædninger bør bestå af to lag 13 mm gipsplader eller lydteknisk tilsvarende plader.

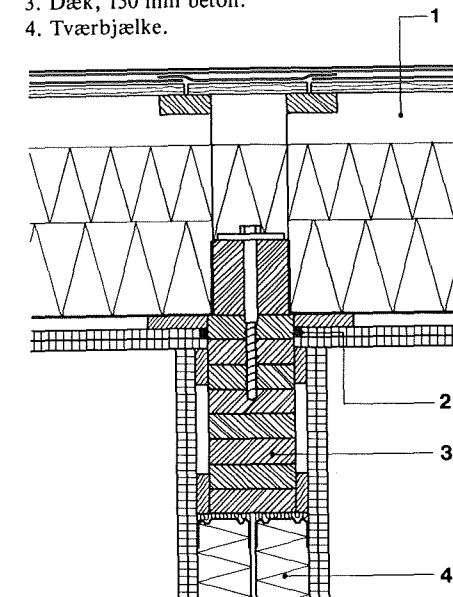
Flanketransmission gennem tag kan nedsætte vægges luftlydisolation. Samlinger mellem tagelementer over bjælker bør derfor have så få stive forbindelser som muligt.

Samlinger mellem søjler og lette ydervægge kan udføres på samme måde som indervægges tilslutninger til let-



Lodret snit 1:10.

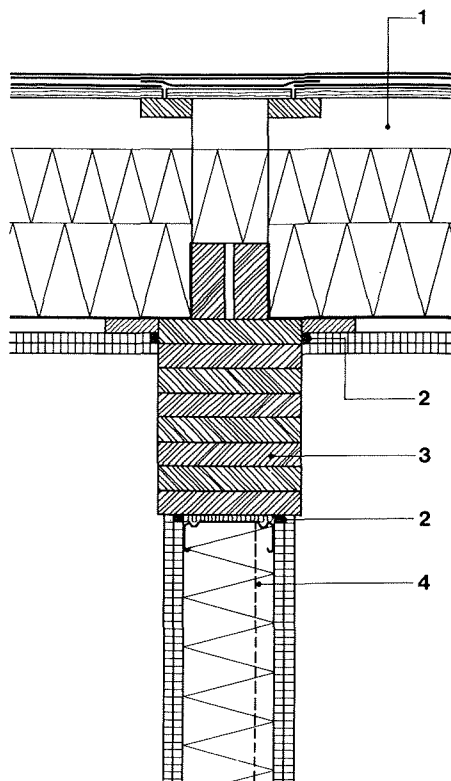
1. 145 mm stålskeletvæg.
2. Fugeforsegling.
3. Dæk, 150 mm beton.
4. Tværbjælke.



Lodret snit 1:10.

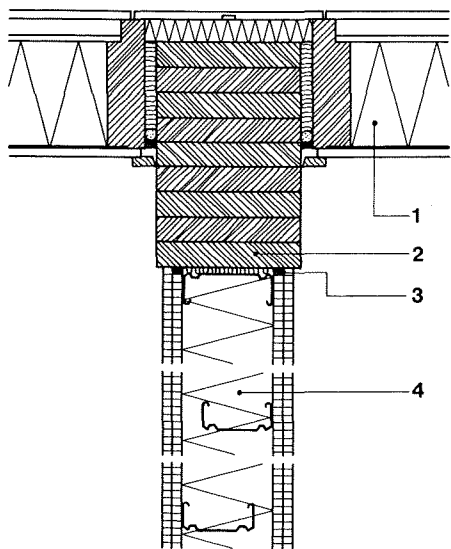
1. Let tagkomponent.
2. Fugeforsegling.
3. Tværbjælke, 115 mm limtræ.
4. 230 mm stålskeletvæg.

te ydervægge. Fuger i ydervægge på begge sider af søjler skal være mindst 100 mm dybe og højst 15 mm brede. De skal stoppes med mineraluld og forsegles med fugemasse. Det påvirker ikke tværvægges luftlydisolation, hvis søjler rager ud gennem lette ydervægge.



Lodret snit 1:10.

1. Let tagkomponent.
2. Fugeforsegling.
3. Tværbjælke, 195 mm.
4. 145 mm stålskeletvæg.



Vandret snit 1:10.

1. Let ydervægskomponent.
2. Søjle, 195 mm limtræ.
3. Fugeforsegling.
4. 145 mm stålskeletvæg.

Døre, vinduer/indervægge, ydervægge

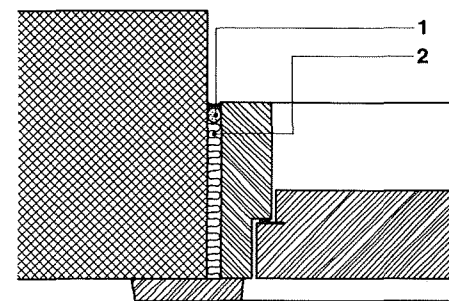
Karme kan være støbt sammen med de omgivende vægge, men almindeligvis indsættes de som selvstændige komponenter med fuger mod vægge.

Tykkelsen af fuger omkring døre og vinduer skal være mindst 5 mm og højst 20 mm. Fugerne skal stoppes jævnt og tæt med mineraluld. Også fuger ved karmundersider skal være udfyldt med mineraluld.

Desuden skal fuger forsegles med fugemasse i mindst en side. Fugning med mørtel kan ikke erstatte forsegling med fugemasse. Ved vinduer og yderrdøre skal forsegling udføres i den indvendige side af hensyn til de hygrotermiske funktionskrav, mens fugerne skal være forsynet med regnskærm i ydersiden.

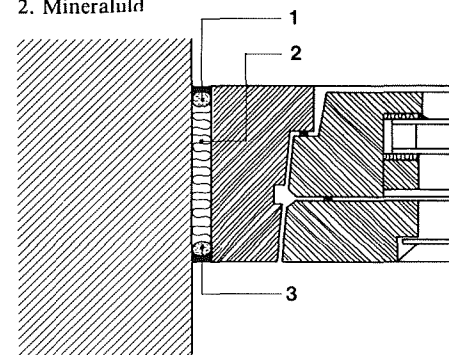
Det kan forekomme, at dør- og vindueshuller afviger noget i højde og bredde fra de karme, som leveres til indsætning. Fx kan det være tilfældet, hvor døre og vinduer i ældre bygninger udskiftes, eller hvor der ved nybyggeri er begået fejl under opførelsen. Afviger hullerne for meget, dvs. at fugerne ikke kan holdes mellem 5 og 20 mm, må der foretages en tilpasning af karme eller åbninger.

I døre mellem boliger og fælles trapperum må trægulve ikke føres ind i dørhullet. Dørkarmene skal anbringes på betonudstøbning som vist i figuren. Denne foranstaltning er en betingelse for at dørene kan yde den ved DS-mærkningen garanterede luftlydisolation. Fugen mellem karmunderstykke og beton skal være helt udfyldt med mineraluld, og den skal forsegles med fugemasse. Forsegling på siden mod trapperummet forudsætter, at trapperummets temperatur ikke er for lav.



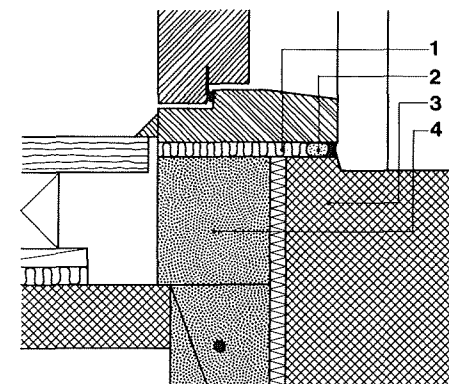
Fuge ved dør. Vandret snit 1:5.

1. Forsegling.
2. Mineraluld



Fuge ved vindue. Vandret snit 1:5.

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



Fuge under dør til fælles trapperum. Vandret snit 1:5.

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

Kapitel 5. Isolering mod trinlyd

Det kan være vanskeligt at opfylde bygningsreglementets krav til trinlydniveauet, hvis der ikke træffes særlige foranstaltninger for at reducere transmissionen af trinlyd fra adgangsveje, udendørsarealer og våde rum.

Der stilles i bygningsreglementet strengere krav til trinlydniveauet fra terrasser, trapper og altangange end til trinlydniveauet fra altaner og baderum.

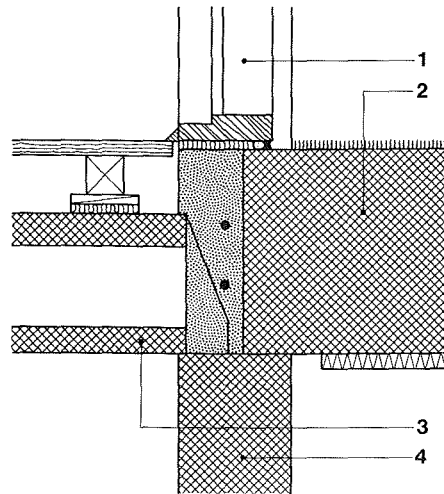
Ved oplægning af trappeelementer og altangangsplader er det nødvendigt at projektere med metoder, fx svømmende oplægning, som i tilstrækkelig grad forhindrer trinlydens transmission. I modsat fald må der anvendes trinlyddæmpende belægninger.

Kravene til trinlydniveau fra altaner er lempeligere, men også her kan trinlyddæmpende belægninger blive nødvendige.

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

Trapper

Undersøgelser viser, at mange trapper ikke udføres med tilstrækkelig hensyntagen til de lydæssige forhold. Ofte



Indstøbt repos. Lodret snit 1:10.

1. Entredør.
2. Hovedrepos med lyd-dæmpende belægning.
3. Dæk, 185 mm betonhulplade.
4. Væg i trappehus, 150 mm beton.

projekteres der konstruktioner, som er vanskelige at udføre lydteknisk korrekte, der bruges elastiske materialer, som er uegnede, eller der foreskrives arbejdsudførelser, som ikke kan forventes honorerede. Hertil kommer ofte, at eftersyn af det færdige arbejde er umuligt.

Tilsyneladende ubetydelige fejl kan være årsag til for højt trinlydniveau fra trapper med svømmende oplægning. Derfor bør der altid foreligge detaljeret beskrivelse af arbejdsudførelsen og benyttede materialer.

Indstøbte reposer og trappeløb

I bygninger til beboelses- eller undervisningsformål skal indstøbte reposer og trin forsynes med lyd-dæmpende belægninger. Der bør altid foreligge dokumenterede oplysninger om en belægnings trinlyddæmpning og om dens forventede forringelse efter ca. 1 års brug. Vedrørende overslagsberegning af trinlydniveau se side 28.

Oplægning af svømmende trapper

Betontrapper med reposer og løb friholdt af trapperummets vægge anvendes i bygninger til beboelses- og undervisningsformål.

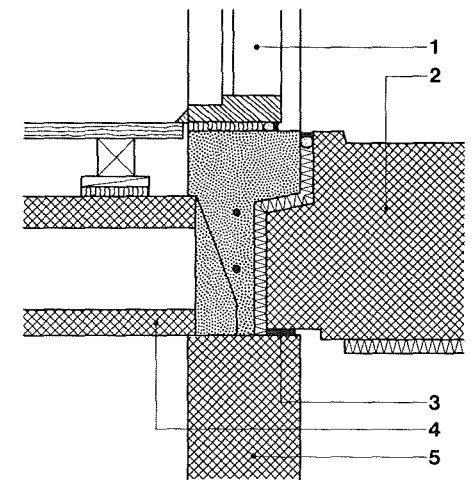
Vederlagene kan være forskellige, men mellem reposer og vederlag skal altid anvendes elastiske underlag af egnet materiale.

Det er nødvendigt at beregne sammentrykningen af de elastiske materialer. Når underlagsbrikkerne har for stor stivhed, kan det skyldes uegnet materiale, for tynde brikker eller brikker med for lille perimeter i forhold til arealet. Underlagsbrikkernes tykkelse bør være mindst 8 mm, og materialet bør være specificeret.

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

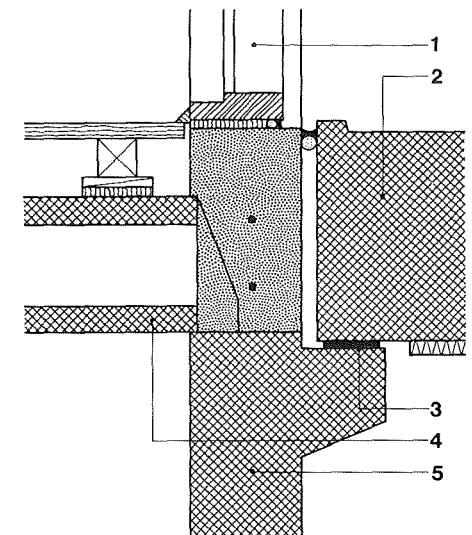
Vederlagene må udformes, så arbejdsudførelsen er tilgængelig for eftersyn. Det må sikres, at underlagsbrikker ikke udelades eller erstattes af uelastisk materiale. Ved udstøbning omkring reposer og ståldorne bør anvendes egnet isoleringsmateriale, og arbejdsudførelsen skal beskrives nøje.

Reposer indklædes ofte med et lag polystyrenskum, et i praksis uegnet



Vederlag med reposknast. Lodret snit 1:10.

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



Vederlag på konsol. Lodret snit 1:10.

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

materiale, som let ødelægges eller slås af under transport og oplægning. Reposknaster skal efterses før og efter oplægning, og beskadiget isoleringsmateriale skal udskiftes eller repareres omkring knasterne. Det gælder også ved deres sideflader. Reposknaster må ikke berøre vægge eller konsoller. Tæppefilt med gummiunderside er lydteknisk set velegnet til indklædning af reposknaster. Tykkelsen skal være mindst 7 mm, og filtsiden skal vende mod reposknasterne.

Trappehus uden for bygningskroppen

Selvstændige trappehuse anvendes som oftest i etagebyggeri til beboelsesformål, og de skaber i almindelighed ingen problemer i relation til bygningsreglementets krav til lydforhold.

Bygningslyd kan dog transmitteres fra trappehus til råbygning. Derfor bør forbindelsen mellem trappehus og bygning udføres således, at transmission af bygningslyd bliver mindst mulig.

Tilsvarende problemer forekommer i lavt byggeri med udvendige åbne trapper.

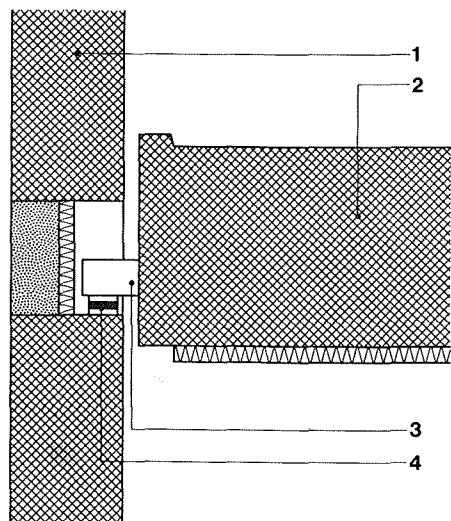
Trapper inden for boligen

Boliger med interne trapper forekommer både i etage- og rækkehusbebyggelser. Disse trapper skal opfylde kravene til trinlydniveau i beboelsesrum.

Trætrapper må opstilles svømmende på et elastisk underlag med lyddæmpende virkning. Trappeløb og reposer skal udføres uden stive forbindelser til boligadskillende vægge. Opsætningen og fastgørelsen må være omhyggeligt beskrevet.

Ståltrapper skal også opstilles svømmende uden faste forbindelser til boligadskillende vægge. De fastgøres ved elastiske samlinger, der kan udføres som svingningsdæmpere.

Betonstrapper skal forsynes med tæppebelægning eller anden belægning med tilsvarende trinlyddæmpning. De kan også oplægges på elastisk underlag, som sikrer tilfredsstillende trinlyddæmpning.



Vederlag med ståldorn. Lodret snit 1:10.

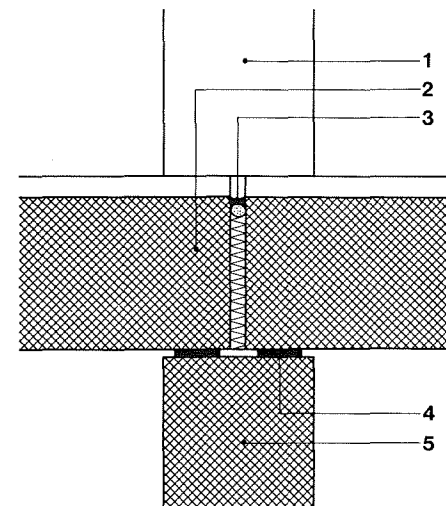
1. Væg i trappehus, 150 mm beton.
2. Mellemrepos.
3. Ståldorn.
4. Leje, 10 mm neoprengummi.

Altangange, altaner og terrasser

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

Altan- og altangangsplader kan også oplægges svømmende uden stive forbindelser til den bærende konstruktion. Underlagsbrikker bør være mindst 8 mm tykke og have en sammentrykning på højst 1,3 mm. Vederlag skal udformes, så eftersyn af arbejdets udførelse er muligt, og brikker bør eventuelt kunne udskiftes. Fugetætning bør ske med fugemasse, idet blot en enkelt mørteludfyldning kan skabe en lydbro.

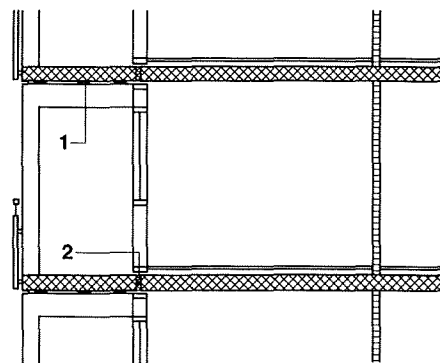
Gulve på terrasser udføres med varme- og fugtisolering under en trykfordelende plade eller rist, der udgør terrassens slidlag. Ved terrasser i bygninger til beboelses- og undervisningsformål skal trinlydniveauet i underliggende rum opfylde kravene i BR-77.



Altangang langs facaden. Lodret snit 1:10.

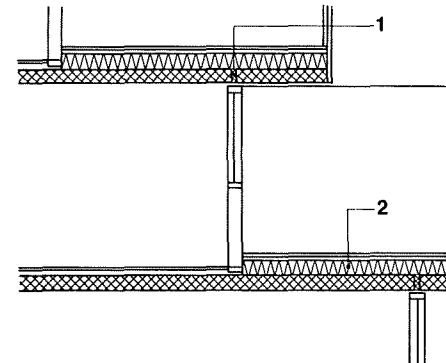
1. Søjle.
2. Altangangsplade.
3. Elastisk fuger med forsegling.
4. Underlag, 10 mm neoprengummi.
5. Bjælke.

Se også figuren på side 74 for neden.



Svømmende altangangsplade. Lodret snit 1:100.

1. Underlag, 10 mm neoprengummi.
2. Let ydervæg.



Terrasser. Lodret snit 1:100.

1. Varme- og fugtisolering.
2. Slidlag.

Belægning på trapper, altangange mv.

I fleretages beboelsesbygninger samt i hoteller, kollegier og plejehjem vil trinlyddæmpende belægninger i reglen være nødvendige på trapper, fællesgange, altangange og altaner, som ikke er svømmende.

Den nødvendige trinlyddæmpning afhænger i det konkrete tilfælde af planløsning og konstruktionsudførelse. Trinlyddæmpningen skal være størst, hvor belægninger skal beskytte mod trinlyd i direkte underliggende rum. Belægninger på trapper og i fællesgange kan være tæppebelægning, vinyl med underlag af filt, kork eller skumplast, linoleum på korkment eller korkbelægning. Der bør ved projektering gives anvisning på korrekt udlægning.

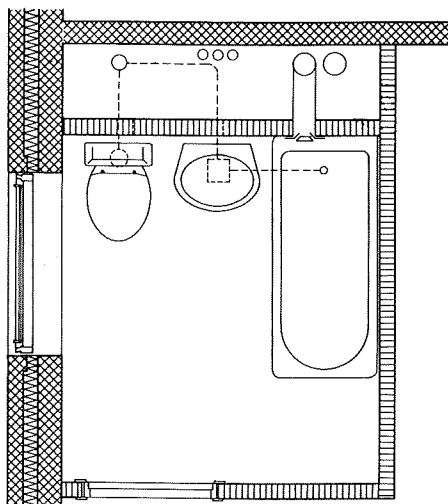
På åbne altangange og altaner må anvendes belægninger, som er egnede til udendørs brug. Det kan være industribelægninger af gummi, hvoraf der findes flere fabrikater med skridsikker overflade. En større trinlyddæmpning opnås med skridsikker belægning på elastisk underlag.

Belægninger med dyb mønstret underside, som er en forudsætning for belægningernes trinlyddæmpende virkning, skal udlægges på tør afretning. I modsat fald trykkes belægningerne ned i afretningsslaget, og de mister derved den største del af deres trinlyddæmpende egenskaber.

Det betragtes som en forudsætning, at der foreligger måleattester, som belyser materialets trinlyddæmpning, se side 32.

Baderum og wc-rum

I forbindelse med bade- og wc-rum måles trinlydniveauet i reglen i skråt underliggende beboelsesrum, idet der ikke stilles krav til trinlydniveauet i bade- og wc-rum. Imidlertid kan der kun regnes med, at trinlydniveauet er lavere i de skråt underliggende rum end i det direkte underliggende, hvis alle vægge mellem de skråt underliggende og det direkte underliggende rum er tunge og sammenstøbte med betondækket.



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 samt i hoteller, kollegier, plejehjem og undervisningsbygninger.

Når gulve i bade- og wc-rum i disse bygningskategorier er over 2,5 m², og der ikke bruges svømmende oplægning, er det nødvendigt at forsyne dem med trinlyddæmpende belægning, fx vinyl på gummi eller skumplast.

I rækkehuse adskilt med korrekt udførte dobbeltvægge vil hårde gulve umiddelbart kunne anvendes i baderum og wc-rum.

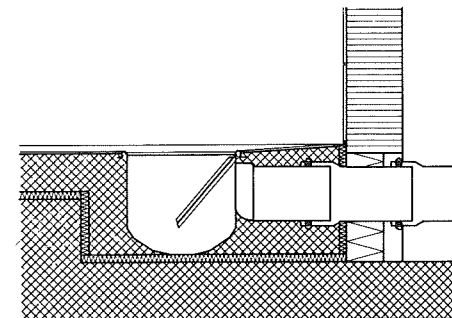
I toetages rækkehuse adskilt med massive vægge vil hårde gulve i baderum på 1. sal i reglen give for højt trinlydniveau i skråt underliggende rum i nabohuse. Strimler af lyddæmpende materiale mellem betondækket og baderummets vægge vil i nogle tilfælde give så stor lyddæmpning, at trinlydniveauet i nabohuset bliver tilfredsstillende.

Betondæk med svømmende gulve

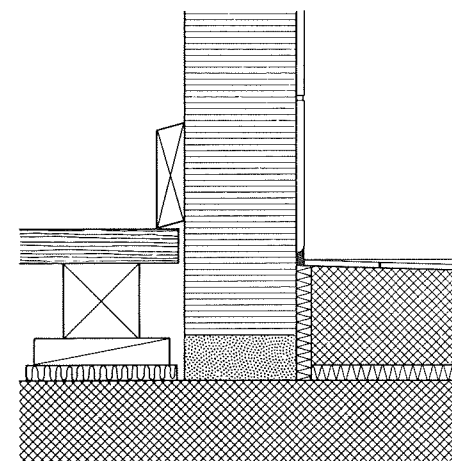
I baderum og wc-rum benyttes svømmende gulve på tynde isoleringslag, se side 30.

Det er i praksis vanskeligt at udføre svømmende gulve korrekt. Derfor bør det sikres, at ujævnheder i betonoverfladen er væsentlig mindre end isoleringslagets tykkelse. En detaljeret beskrivelse af arbejdets udførelse må foreligge, og der bør dels gives bygningsarbejderne en indgående instruktion, dels føres et forøget tilsyn.

Installationer i gulvet øger problemerne, og derfor bør der vælges installationer, som er egnede til brug i svømmende gulve. I alle tilfælde bør så få installationer som muligt føres gennem gulvet. Figureerne viser detaljer af et svømmende betongulvs tilslutninger til vægge og installationsdele. Der bør al-



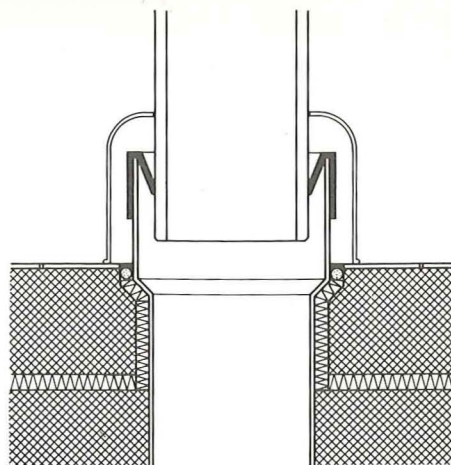
Udsparing i dækplade ved gulv afløb. Lodret snit 1:10.



Svømmende gulv tilsluttet væg. Lodret snit 1:5.

tid være elastiske samlinger mellem installationskomponenter og afløb. Der skal udspares i dækket til gulv afløbet, for at afløbet kan blive tilfredsstillende indstøbt.

Som isoleringslag for det viste svømmende gulv er anvendt to lag nålefilt med gummivrang med en samlet tykkelse på 7–8 mm. Også underlag af andre materialer kan anvendes, men kun de færreste materialetyper er tilstrækkelig robuste over for den påvirkning, der sker ved udstøbning af gulvet. Beskadigelser af isoleringslaget er en væsentlig årsag til, at svømmende gulve så hyppigt mislykkes i praksis.



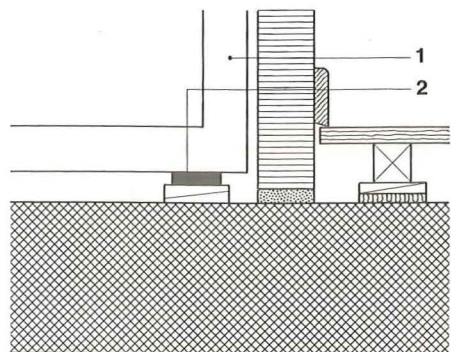
Isolering ved afløb fra kloset. Lodret snit 1:5.

Præfabrikerede baderum

Når præfabrikerede bade- og wc-rum opstilles på elastisk underlag af neoprengummi eller lignende materiale, kan de normalt opfylde kravene til trinlydniveau i skråt underliggende rum i beboelsesbygninger. Med uelastisk underlag, fx pladeklip, vil der derimod ikke kunne opnås tilstrækkelig god lydisolering.

Rummene må være udført, så der bliver en tilfredsstillende luftlydisolation mod andre rum i den boligenhed, hvor de opstilles.

Brug af vandinstallationer i over- eller underliggende boliger kan medføre udstråling af støj fra vandrør og herved bidrage til støjniveauet i boligen. Derfor må placeringen af installationer til præfabrikerede bade- og wc-rum nøje overvejes. Hvis installationer placeres i hulrum mellem kabinevæg og væg mod et opholdsrum, må væggen have en luftlydisolation af rimelig størrelse.



Præfabrikeret baderum. Lodret snit 1:10.

1. Kabinevæg.
2. Underlag, 8 mm neoprengummi.

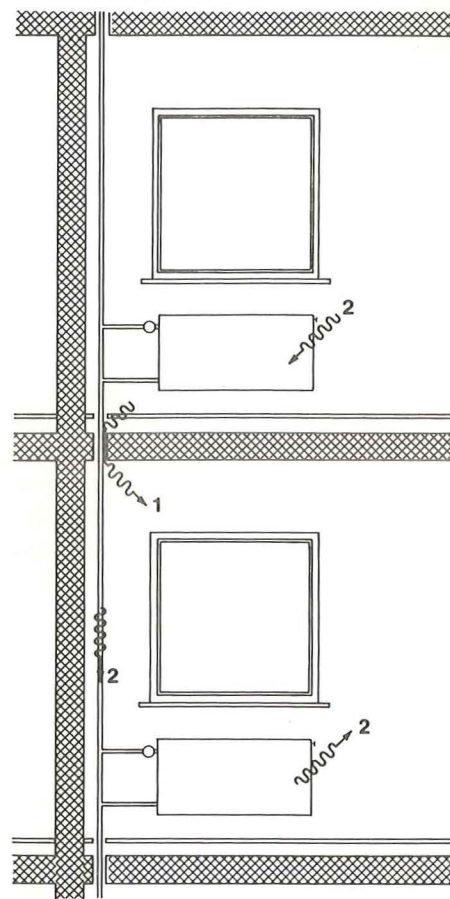
Kapitel 6. Lydtransmission gennem installationer

Installationer udgør i mange tilfælde transmissionsveje for lyds udbredelse i bygninger. Derfor kan installationer være medvirkende årsag til utilfredsstillende lydisolering. Under drift kan installationer tillige være støjklude, som skal opfylde de i bygningsreglementet stillede krav til støjniveauer. En bygnings udformning og konstruktion kan indvirke på installationers støjafgivelse. Installationer og bygninger skal betragtes i sammenhæng, fordi de lydteknisk afhænger af hinanden.

Dette kapitel omhandler installationer som transmissionsveje og den indvirkning, som lydudbredelse gennem installationer kan have på lydisoleringen. Derimod omtales ikke støj frembragt af installationer.

Radiatoranlæg

Lydtransmission gennem radiatorer, rørsystem og rørgennemføringer ned sætter lydisoleringen og ofte i en sådan grad, at den resulterende lydisolering er mindre end bygningsreglementets krav. Formindskelsen af lydisoleringen afhænger af radiatorstype, radiatordimension, rørsystemets opbygning, rørlængden mellem radiatorerne og rørgennemføringeres tæthed. Derfor skal valg af radiatorer og projektering af rørføringer også ske ud fra akustiske funktionskrav.



Lydtransmission i radiatoranlæg. Lodret snit 1:50.

1. Transmission via rørgennemføring.
2. Transmission via radiatorer.

Lydtransmission gennem radiatorer og rør

Når radiatorer med dimensioner, højde gange bredde, større end ca. $0,8 \text{ m}^2$ monteres i hver sit rum og forbindes med stålrør, således at rørlængden mellem radiatorernes borer er ca. 4 m, vil lydtransmissionen gennem anlægget ofte sætte den øvre grænse for den opnåelige luftlydisolation. I skemaet er vist nogle eksempler på dette. Den skønnede luftlydisolation vil blive noget mindre, hvis rummene er mindre end angivet i eksemplet, og lidt større, hvis rummene er noget større end angivet i eksemplet. Det forudsættes, at radiatorarealet ikke ændres. Forøges radiatorarealet samtidig med rummernes størrelse, vil luftlydisolationen ikke ændres.

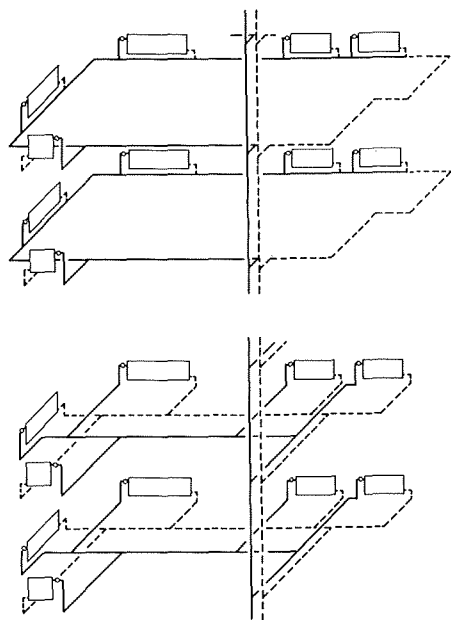
Kravet til luftlydisolationen vil i nogle tilfælde være dimensionerende for, hvilke radiatorer, der kan anvendes. For radiatorer med ens dimensioner kan forskelle i lydtransmissions-egenskaber henføres til forskelle i stivhed. Radiatorer med stor overfladestivhed, som fx søjleradiatorer af støbejern og radiatorer af pladejern med stor tykkelse og kraftige afstivninger, giver ringe lydtransmission i forhold til radiatorer af pladejern med mindre tykkelse og store uafstivede flader. Lydtransmissionen bliver mindre, når en af radiatorernes dimensioner aftager. Derfor er luftlydisolationen under i øvrigt ens betingelser større, når der anvendes radiatorer med ringe højde, fx $0,3 \text{ m} \times 2,4 \text{ m}$, end når der anvendes en næsten kvadratisk størrelse, fx $0,8 \text{ m} \times 0,9 \text{ m}$.

Transmission af bygningslyd, fx lyd fra slag mod radiator eller rørsystem, påvirkes ikke væsentligt af radiator-

Radiatorstype	I_a 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)

Luftlydisolation mellem to rum adskilt med en fælles etageadskillelse på $10\text{--}15 \text{ m}^2$. Det er en forudsætning, at rummene har radiatorer med dimensioner 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 parenteser angiver luftlydisolation, når der ikke er radiatorsystem.



Diagrammer for radiatoranlæg med central stigeledning. Rørlængder mellem tilsvarende anboringer på radiatorer i forskellige boliger vil som oftest være større end 12 m. Ved disse anlæg er der kun to gennemføringer af rør i hver etageadskillelse. Antallet af rørgennemføringer ved anlæg, hvor fordeling sker med lodrette strenge, er væsentlig større.

pen. Transmission af bygningslyd kan formindskes med lyddæpende kompensatorer i rørsystemet.

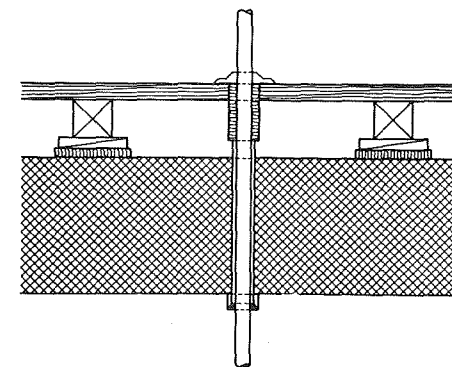
Rørlængden mellem tilsvarende anboringer på radiatorer i to rum i hver sin bolig kan øges væsentligt ved at anvende rørsystemer med central stigeledning og fordeling i hver etage, se figuren. Hvor der kan opnås en rørlængde på 12 m eller derover, vil den øvre grænse for luftlydisolationen mellem rummene øges med ca. 4 dB i forhold til værdierne i skemaet på forrige side.

Lydtransmission ved rørgennemføringer

Rørgennemføringer i vægge og etageadskillelser kan medføre utætheder omkring røret. I dobbeltkonstruktioner kan rør desuden sammenkoble dobbeltkonstruktionens to enkeltkonstruktioner og herved skabe en lydbro. Det kan fx være et svømmende gulv, som sammenkobles med den bærende konstruktion, eller en dobbeltvægs to vægdele, som sammenkobles. Rørgennemføringer kan udføres som vist i figuren eller ved brug af andre bøsningstyper. De fleste bøsninger kan blive tilstrækkelig tætte i etageadskillelser. En omhyggelig tætning er forudsætningen for, at rørgennemføring virker lydteknisk korrekt. Utætheders og lydbroers indvirkning på lydisolationen kan i reglen ikke angives kvantitativt.

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



Rørgennemføring i etageadskillelse. Lodret snit 1:10. Tætning ved dækunderside med gennemboet slutmuffe og paksnor. Tætning ved gulvoverside med en rørskaal.

mellem rør og svømmende plade. Afstanden mellem rør og plade bør være større end 5 mm og mellemrummet udfyldes med mineraluld eller andet blødt materiale med tilsvarende egenskaber.

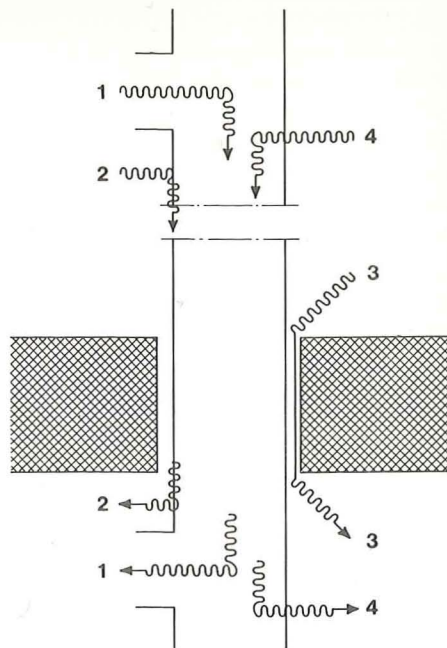
Litteratur:
SBI-anvisning 79. Støj fra installationer. 1970.

Ventilationsanlæg

Lydtransmission gennem ventilationskanaler nedsætter almindeligvis luftlydisolationen mellem de ventilerede rum. Projektering og udførelse af kanaler skal derfor også opfylde akustiske funktionskrav. Der bør være rimelig plads til kanalføringer og til lyd-dæmpende foranstaltninger, ligesom der bør tages hensyn til, at støj fra ventilatorer kan genere beboelses- og undervisningsrum. Mellem ventilatorer og indblæsnings- eller udsugningsåbninger bør anbringes lyddæmpere. Størrelsen af lyddæmpere skal afpasses efter ventilatorens ydeevne og det tilladelige støjniveau i det ventilerede rum eller på det nærmeste rekreative udendørs areal, fx altaner.

Lydtransmissionen i ventilationskanaler kan ske ad forskellige veje som vist i figuren. Luftlydisolationen bør ikke påvirkes af kanalens tilstedeværelse, så derfor må summen af transmissionsbidragene ikke overstige transmissionen gennem et areal af konstruktionen, som svarer til kanalgen-nemføringens tværsnit. For at opnå dette, vil det som regel være nødvendigt at beklæde kanalen med en lydiso-lerende kappe, at tætte omkring kanalgennemføringen, at indsætte lyd-dæmpende beklædning i kanalen eller forsyne kanalens åbninger med lyd-dæmpere. Undertiden vil det også være nødvendigt at overskære kanalvæg-gen og anbringe en elastisk samling.

Naturlig ventilation består af en separat kanal fra det ventilerede rum til det fri. Mekanisk ventilation består som oftest af en fælles kanal med forbindelse til flere rum og til en ventila-tor, som fx blæser den evakuerede luft ud i det fri. I kanaler til naturlig venti-



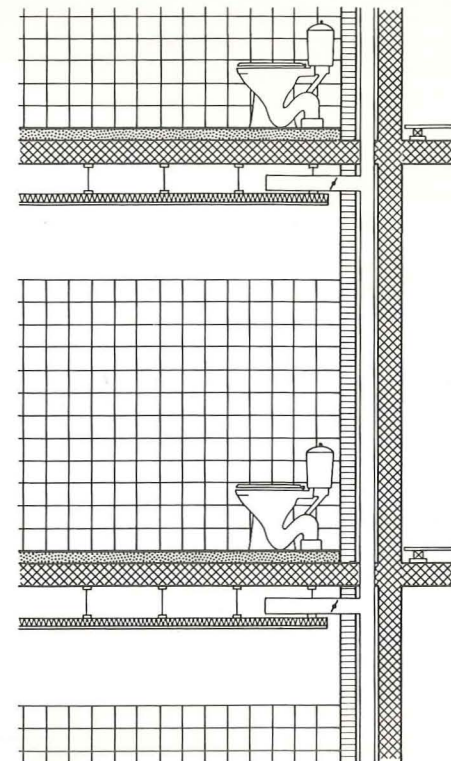
Transmissionsveje i ventilationskanaler. Lodret snit.

1. Via kanal.
2. Via kanalvæg.
3. Via rørgennemføring.
4. Via kanalvæg, kanal, og ud gennem kanalvæg.

lation forekommer der ofte en betyde-lig lydtransmission mellem de enkelte kanaler via kanalvægge, via huller i kanalvægge eller via taghætte, hvor ly-den reflekteres fra den ene kanal til den anden. Beskadigede kanalelemen-ter skal derfor kasseres eller repareres. Anvendes kanaler med plader af eter-nit eller metal, bør der mellem de enkelte kanaler isoleres med 30-50 mm mineraluld med stor tæthed for at opnå en rimelig isolation mellem kanaler-ne.

I fælles kanaler med mekanisk venti-lation forekommer den væsentligste lydtransmission gennem selve kanaler-ne, og derfor bør kanaler ikke forbin-des stift til ventilatorer. Men der fore-kommer også transmission via kanal-vægge og rørgennemføringer. Det er i almindelighed nødvendigt at anvende lyddæmpere i fælles kanaler, som for-binder to rum, hvortil krav til luftlyd-isolation overstiger $I_a = 44$ dB.

Litteratur:
SBI-lydpjece 8. Boligventilation. 1975.



Ventilationsanlæg med mekanisk udsugning gennem en fælles hovedkanal og lyddæmpende stikkanaler. Lodret snit 1:50.

Elevatorer og affaldsskakte

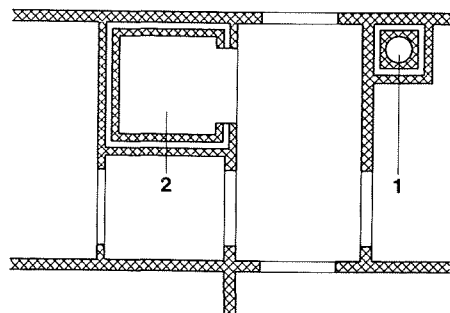
Ved projektering af bygninger kan det være vanskeligt at forudsige støjniveauet fra elevatorer og affaldsskakte. Årsagen til, at disse installationer i mange tilfælde er generende for beboerne i etagehuse, er som regel en uheldig placering umiddelbart op mod beboelsesrum, kombineret med enkle, uisolerede skaktvægge. I sådanne tilfælde vil støjniveauet i de tilstødende beboelsesrum ikke kunne forventes at ligge under den i bygningsreglementet forlangte grænse på 35 dB(A) for støjniveau frembragt af fælles tekniske installationer.

For at opnå god sikkerhed mod støj fra elevatorer og affaldsskakte bør skaktene principielt udføres lyd-mæssigt adskilt fra bygningens øvrige vægge. Det kan gøres ved at opføre skaktvæggene som dobbelte konstruktioner eller ved at placere skaktene i trapperum uden stive forbindelser til trapper-væggene.

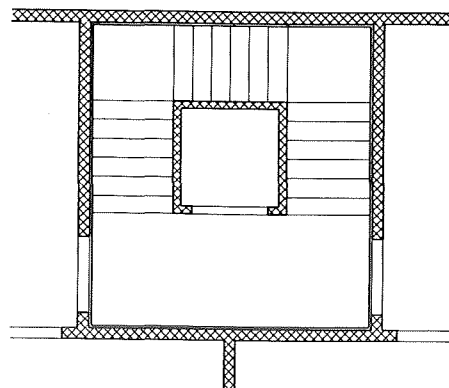
Elevatormaskineri og elevatorop-hæng må kun fastgøres på selve de lyd-mæssigt adskilte skaktvægge, og de vibrationsisoleres fra bygningskonstruk-tionen.

Litteratur:

SBI-anvisning 79. Støj fra installationer. 1970.



Affaldsskakt (1) og elevatorskakt (2) udført som dobbelte konstruktioner. Plan 1:100.



Elevatorskakt placeret i trapperum. Plan 1:100.

El- og antenneinstallationer

Lydtransmission 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.

Udsparinger til el-installationer bør kun findes i begrænset omfang i adskillende vægge i rum, hvorimellem der i bygningsreglementet stilles krav om en luftlydisolation på $I_a = 48$ dB eller derover.

Ved dobbeltvægge må ledningsgennemføringer ikke danne stive forbindelser mellem de to vægdele. Udtag fra el-, antenne- og telefoninstallationer i dobbelte vægge må ikke placeres lige ud for hinanden på væggenes to sider, men bør forsættes mindst 0,6 mm indbyrdes i vandret eller lodret retning. I dobbeltvægge, hvor der tilstræbes en luftlydisolation på $I_a = 55$ dB eller mere, må rørgennemføringer ikke forekomme.

Litteratur:

SBI-lydpjece 2. Svømmende betongulve. 1970.
SBI-lydpjece 6. Pladebeklædte stålskeletvægge, dobbelte. 1975.
SBI-lydpjece 8. Boligventilation. 1975.
SBI-lydpjece 10. Betonvægge, enkelte. 1974.

Kapitel 7. Efterklangstid

Rums optimale efterklangstid afhænger af deres anvendelsesformål. Rum til musik bør fx have længere efterklangstid end rum til foredrag. Den optimale efterklangstid for musikrum afhænger også af musikken. Fx kræves en længere efterklangstid til kirke-musik end til kammermusik. Planlægning af efterklangstid i musikrum og i andre rum med skiftende anvendelse vil derfor altid være et kompromis mellem flere forskellige hensyn.

Der stilles i bygningsreglementet særlige krav til efterklangstiden i trapperum, fællesgange og undervisningsrum, hvorfor der må foretages lyd-dæmpning og lydregulering her.

Lyddæmpning af trapperum og fællesgange har til formål at formindske støjniveauet i rummene. Lydregulering af undervisningsrum har til formål at skabe gode tale- og lytteforhold for lærere og elever. Tale bør give ensartet lydstyrke over hele rummet, og de enkelte ord skal kunne høres tydeligt og distinkt, dvs. at stavelser eller ord ikke må flyde sammen.

Der bør foretages beregning af efterklangstiden både i trapperum, fællesgange og undervisningsrum.

Trapperum og fællesgange

I trapperum må efterklangstiden ikke overstige 1,5 sekund for frekvenser over 500 Hz. Trapperum lyddæmpes ved at beklæde trapperumsloft og reposundersider med lydabsorberende materialer, som kan fastgøres direkte mod loftet eller nedhænges.

Der findes flere lydabsorberende materialer, som kan anvendes i trapperum. Den lydabsorberende beklædning skal kunne tåle rengøring og vedligeholdelse uden at lydabsorptionen nedsættes. Materialets lydabsorptionskoefficient skal være mindst 0,5 i frekvensområdet 450–3500 Hz.

Eksempler på beklædninger i trapperum:

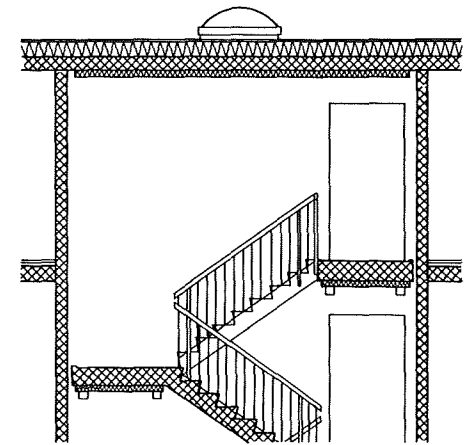
1. Akustikplader af mineraluld, tykkelse ≥ 15 mm, på loft og reposundersider.
2. Perforeret plade foran 25 mm mineraluld, hulprocent ≥ 12 , pladetykkelse ≤ 9 mm, på loft og reposundersider.
3. Træbeton, tykkelse 50 mm, på loft og reposundersider.
4. Loft beklædes som nævnt under punkt 1, 2 eller 3. På trappeløb og reposer udlægges tæppebelægning, som har en lydabsorptionskoefficient på ca. 0,1 i frekvensområdet 450–3500 Hz.

I fællesgange må efterklangstiden ikke overstige 1,0 sekund for frekvenser over 500 Hz. Gange lyddæmpes ved at beklæde lofter. Lydabsorberende beklædninger 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 de skal have en lydabsorptionskoefficient på mindst 0,5 i frekvensområdet 450–3500 Hz.

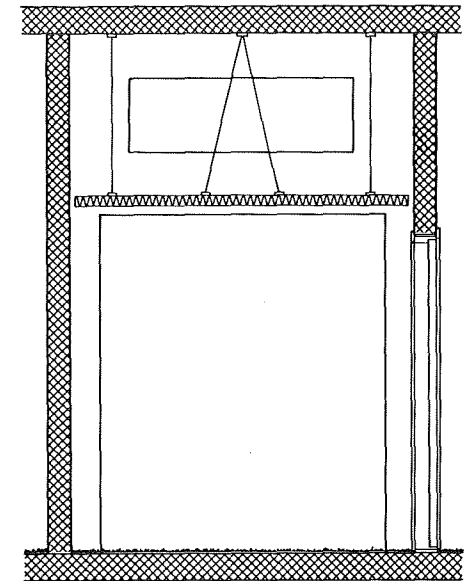
Eksempler på beklædninger i fællesgange:

1. Akustikplader af mineraluld, tykkelse ≥ 15 mm, på lofter.
2. Perforeret plade foran 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, som har en lydabsorptionskoefficient på ca. 0,1 i frekvensområdet 450–3500 Hz.



Trapperum. Lodret snit 1:100.

Lydabsorberende materiale på trapperummets loft. Desuden absorberende materiale på reposundersider eller tæppebelægning på reposer og trin.



Fællesgang. Lodret snit 1:50.

Nedhængt loft af lydabsorberende materiale.

Undervisningsrum

I bygningsreglementet stilles krav til efterklangstiden i de fleste typer af undervisningsrum. Tilfredsstillende lydabsorptionsforhold kan opnås med mange sammensætninger af lydabsorberende beklædninger.

Lydregulering vil sige tilvejebringelse af en frekvensuafhængig efterklangstid ved hjælp af forskellige beklædninger i kombination med gulv- og vægoverflader samt inventar.

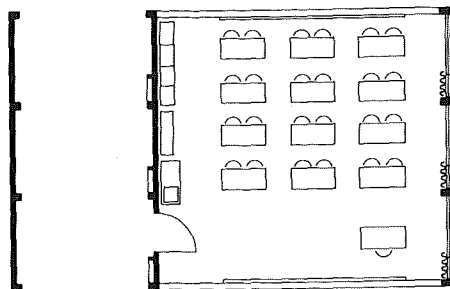
Normalklasserum

I normalklasserum skal efterklangstidens gennemsnitsværdi i frekvensområdet 125–2000 Hz ligge mellem 0,6 og 0,9 sekund. Afvigelser fra gennemsnitsværdien bør ikke overstige 0,2 sekund.

Figuren viser et normalklasserum med tilhørende inventar. I dette rum kan de neden for nævnte eksempler på loftsbeklædninger, der skal dække hele loftsarealet og nedhænges mindst 0,25 m, forventes at opfylde bygningsreglementets krav. Men den helt tilfredsstillende efterklangstid for det enkelte rum vil kræve en beregning, som i reglen vil føre til, at beklædningsopbygningen ikke bliver den samme over hele loftet. Gardiner må ikke undlades i tillid til loftsbeklædningens akustiske virkning, fordi der herved vil ske en uensartet lydabsorption.

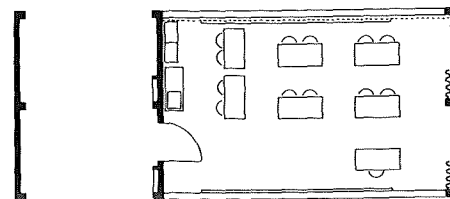
Eksempler på beklædninger i normalklasserum

1. Akustikplader af mineraluld, tykkelse ≥ 25 mm.
2. Perforeret plade foran 25 mm mineraluld, hulprocent ≥ 12 , pladetykkelse ≤ 9 mm.



Normalklasserum. Plan 1:200.

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 belægning.



Klasserum til særundervisning. Plan 1:200.

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 belægning.

Klasserum til særundervisning

I disse klasserum må efterklangstidens gennemsnitsværdi i frekvensområdet 125–2000 Hz ikke overstige 0,6 sekund. Afvigelser fra gennemsnitsværdien bør ikke overstige 0,2 sekund.

Figuren viser et klasserum til særundervisning med tilhørende inventar.

Der kan fx anvendes de under normalklasserum nævnte absorptionsbeklædninger på hele loftsarealet. Beklædningerne skal nedhænges mindst 0,25 m. Når der anvendes beklædningstype 2, er det foruden loftet nødvendigt at beklæde en tværvæg. Hertil kan fx anvendes beklædningstype 2 opsat på 25 mm lister direkte på væg.

Undervisningsområder – åben plan

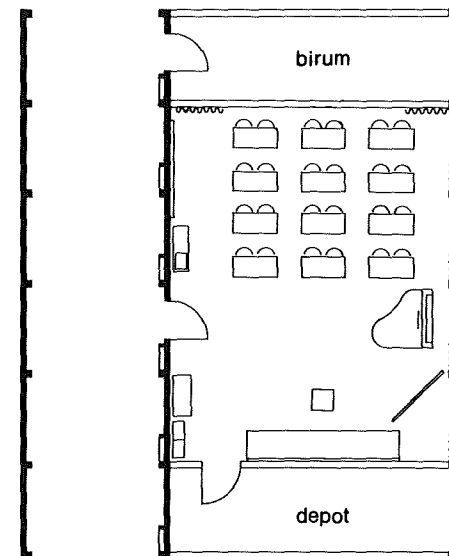
I bygningsreglementet stilles der ikke specificerede krav til akustikken i undervisningsområder, dvs. større arealer til samtidig undervisning af flere grupper. Det er ikke muligt at skabe lige så gode lydtekniske betingelser for undervisning i åbne områder som for undervisning i adskilte rum.

Mindstekravet til akustikken i undervisningsområder er opsætning af lydabsorberende materialer på loft, vægge og gulv. Det må tilrådes at søge ekspertbistand ved planlægning af lydforholdene i undervisningsområder.

Sang- og musikrum

I bygningsreglementet stilles ingen krav til efterklangstiden i sang- og musikrum. Figuren viser et eksempel på lydregulering, som giver en mulighed for nogen individuel tilpasning af efterklangstiden efter rummets brug. Ved 1000 og 2000 Hz kan efterklangstiden for det tomme rum varieres ca. 0,4 sekund.

Der opsættes gardiner af tekstil ved ydervæg og væg mod birum. Gardinarealet skal kunne øges til maximum 45 m². Loftet forsynes med en beklædning, hvor 80 pct. af fladerne er uperforerede og 20 pct. perforerede. Pladernes hulprocent skal være større end 12 og pladetykkelsen højst 9 mm. Pla-



Sang og musikrum. Plan 1:200.

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 væg mod birum. Svømmende betongulv med linoleum.

debeklædningen skal nedhænges ca. 100 mm og have 25 mm mineraluldsindlæg. Perforerede plader med tyk plastfolie limet på bagsiden kan erstatte uperforerede plader.

Der bør ikke anvendes mere absorptionsmateriale end angivet.

Gymnastiksale og svømmesale

Bygningsreglementets krav til efterklangstiden i gymnastik- og svømmesale gælder for normale gymnastiksale og mindre svømmesale med 10–15 m bassinlængde. I idrætshaller og i svømmehaller med 25–50 m bassinlængde kan kravene i BR-77 ikke forventes opfyldt. Der må regnes med en noget længere efterklangstid i sådanne haller, men generelt bør efterklangstidens gennemsnit ikke overstige 2,5 sekunder for idrætshaller og 3,0 sekunder for svømmehaller.

I normale gymnastiksale må efterklangstidens gennemsnitsværdi i frekvensområdet 125–2000 Hz ikke overstige 1,6 sekund. Afvigelser fra gennemsnitsværdien bør ikke overstige 0,3 sekund.

I gymnastik- og svømmesale er det i praksis vanskeligt at opnå en ligelig fordeling af det lydabsorberende materiale. Materialet må i reglen monteres på loftsfladen, hvilket ofte giver utilfredsstillende resultater. I princippet bør absorberende materialer anvendes både på loft og på mindst to vægflader, som ikke er parallelle. Hvis kun lofter beklædes, kan beklædningerne være som angivet i de følgende eksempler, og de skal dække mindst 90 pct. af loftsarealet.

Eksempler på beklædninger i gymnastiksale:

1. Panel af brædder eller stålprofiler foran 75 mm mineraluld. Bredde på brædder eller stålprofiler ≤ 100 mm. Spaltebrede, dvs. afstand mellem brædder eller stålprofiler ≥ 25 mm.

2. Perforeret plade foran 75 mm mineraluld, hulprocent ≥ 15 , tykkelse ≤ 6 mm.

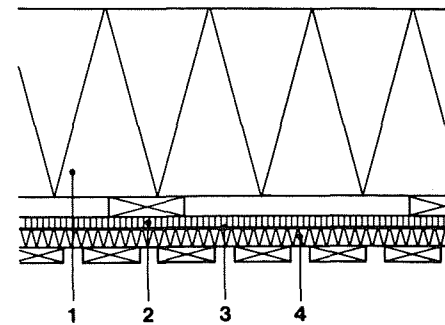
For at opnå tilfredsstillende forhold i større gymnastiksale bør mindst to ikke parallelle vægge beklædes med et materiale, som skal have en rimelig stor lydabsorptionskoefficient, dvs. mindst 0,6 over et bredt frekvensområde. Med hårde, ubeklædte vægge kan der fremkomme kraftige, gentagne refleksioner mellem væggene, såkaldte fluttekko, et fænomen som kan gøre tale vanskelig at forstå.

I mindre svømmesale må efterklangstidens gennemsnitsværdi i frekvensområdet 125–2000 Hz ikke overstige 2,0 sekunder. Afvigelser fra gennemsnitsværdien bør ikke overstige 0,3 sekund.

I svømmesale vil det, ligesom i større gymnastiksale, almindeligvis være nødvendigt at udføre to vægge med lydabsorberende beklædning. Hertil kan anvendes hultegl på kant opsat foran mineraluld. Som loftsbeklædning kan anvendes den i figuren viste konstruktion.

Opmærksomheden henledes på, at den akustiske beklædning skal kunne tåle stor fugtighed uden at miste absorptionsevnen, og at den ikke må give anledning til fugtskader.

De viste væg- og loftsbeklædninger kan også anvendes i gymnastiksale. Den i loftsbeklædningen viste gipsplade tjener som underlag for dampspærren. I gymnastiksale, hvor fugt- og kondensproblemerne er mindre end i svømmesale, vil en normal udførelse af dampspærren være tilstrækkelig.

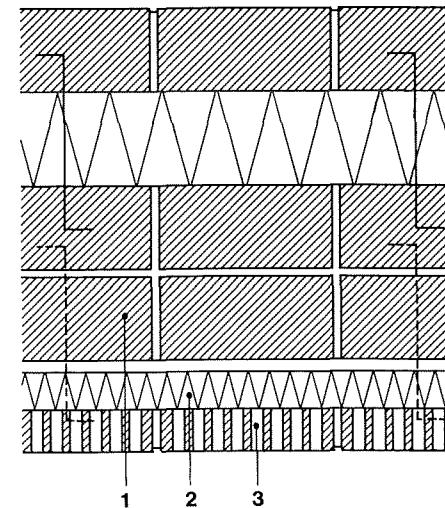


Absorptionsbeklædning til loft i svømmesal. Lodret snit 1:10.

1. Varmeisolering.
2. 13 mm gipsplade.
3. Dampspærre.
4. 30 mm mineraluld.

Skønnet absorption:

Frekvens, Hz	125	250	500	1000	2000
Lydabsorption	0,35	0,50	0,60	0,60	0,45



Absorptionsbeklædning til ydervæg i svømmesal. 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

Daginstitutioner

I BR-77 stilles ikke krav til efterklangstid i rum i daginstitutioner. Efterklangstiden bør dog ikke overstige 0,6 sekund ved frekvenser på 500 Hz og derover. Det kan opnås ved at beklæde loft og øvre del af vægge med lydabsorberende materiale. Materialet bør være robust over for stød og slag, og samtidig bør det have en lydabsorptionskoefficient på mindst 0,6 i frekvensområdet 450–3500 Hz.

Eksempel på beklædning i daginstitutioner:

På loft: Perforeret plade foran 50 mm mineraluld, hulprocent ≥ 12 , tykkelse ≤ 9 mm.

På øvre vægdel: Perforeret plade foran 25 mm mineraluld, hulprocent ≥ 12 , tykkelse ≤ 9 mm.

Kapitel 8. Lydens udbredelse og måling

Lyd er betegnelsen for hørbare svingninger af molekyler. Svingningernes udbredelse sker som bølgebevægelser, og de kan forekomme i luft, væske og fast stof.

I luft og væske sker lydudbredelsen gennem en svingningsform, hvor molekylerne svinger i lydens udbredelsesretning. Denne svingningsform kaldes for længdesvingninger eller longitudinalsvingninger.

I faste stoffer sker lydudbredelsen gennem svingningsformer, hvor molekylerne dels svinger i udbredelsesretningen, længdesvingninger, dels svinger vinkelret på udbredelsesretningen, tværsvingninger eller transversalsvingninger.

I de fleste bygninger er bygningsdelenes dimensioner i mindst en retning meget mindre end bølgelængden. Det medfører, at svingningsformerne bliver mere komplicerede. Ved samlinger mellem bygningsdele sker der en delvis transformation af bølgebevægelser fra længdesvingninger til tværsvingninger og omvendt. Det er derfor forståeligt, at eksakte beregninger er komplicerede og fører til uoverskuelige resultater, og at beregninger baseret på forenklet teori sjældent fører til de rigtige resultater. Simple beregninger kan i praksis kun anvendes til overslag og som støtte for skøn.

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 lydgivere, hvis svingninger overføres direkte til den omgivende luft. Lydisolationen mellem to rum kaldes for luftlydisolationen, når lyd giverne frembringer luftlyd, selv om lyden transmitteres via bygningens konstruktioner.

Lydtransmission mellem to naborum sker ikke alene gennem den adskillende bygningsdel, men også gennem de flankerende bygningsdele og gennem eventuelle utætheder i bygningsdele eller i samlinger mellem dem.

For at opnå bedst mulig luftlydisolation med en given bygningsdel skal den udføres lydteknisk korrekt, og desuden må den samlede luftlydtransmission gennem de fire flankerende bygningsdele ikke overstige den direkte lydtransmission gennem den adskillende bygningsdel.

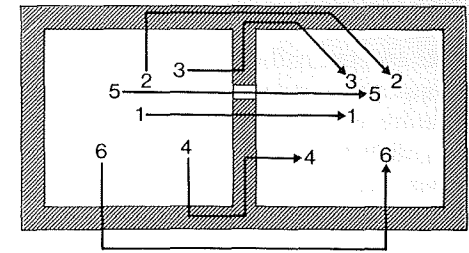
Hvis fx transmissionen af lydenergi gennem den adskillende bygningsdel og summen af transmissionsbidragene fra de fire flankerende bygningsdele forudsættes lige stor, så vil den resulterende luftlydisolation I_a være ca. 3 dB mindre end den adskillende bygnings-

dels luftlydisolation uden flanketransmission $I_{a,tab}$. Hvis det desuden forudsættes, at transmissionen gennem hver af de fire flankerende bygningsdele er lige stor, betyder det, at deres reduktion af lydenergien skal være 6 dB større end den adskillende bygningsdels reduktion.

Samlinger mellem bygningsdele skal være udformet og udført således, at der opnås varig tæthed. Utætheder i bygningsdele medfører, at lydenergi transmitteres herigennem.

Den transmitterede lyd vil i almindelighed ikke kunne henføres til transmission gennem en enkelt bygningsdel, men 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.

Efter teorien er luftlydisolationen en voksende funktion af vægt og frekvens. Erfaringer viser, at luftlydisolationen i almindelighed vokser ca. 5 dB ved en vægtfordobling, men at frekvensforløbet ikke altid udviser stigende lydisolation med voksende frekvens.



Forskellige veje for lydens transmission fra et rum til et naborum. Principskitse, lodret eller vandret snit. Ved tredimensional afbildning ville antallet af transmissionsveje blive endnu større.

1. Gennem adskillende væg.
2. Gennem flankerende væg eller dæk.
3. Gennem adskillende + flankerende bygningsdele.
4. Gennem flankerende + adskillende bygningsdele.
5. Gennem utætheder og utætte samlinger.
6. Gennem et tilstødende rum.

Koincidens

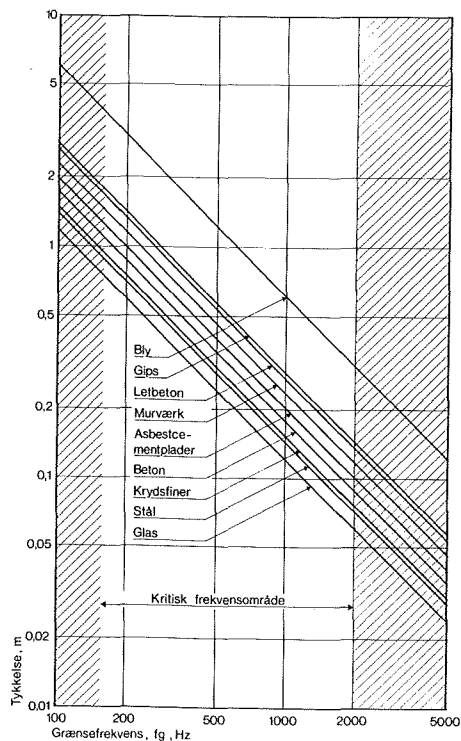
Når en plan lydølge i luft rammer en bygningsdel under en indfaldsvinkel på mindre end 90° , påtrykker lydølgen bygningsdelen en bølgebevægelse. Hvis denne bølgebevægelse falder sammen, koinciderer, med en såkaldt fri bølgebevægelse i bygningsdelen, opstår der et fænomen, som kaldes for koincidens. Frie bølgebevægelser er betegnelsen for de mulige bølgebevægelser, som kan forekomme i bygningsdelen, når den ydre kraftpåvirkning ophører. En bygningsdel har mange koincidensfrekvenser.

Koincidens kan medføre, at luftlydisolationen formindskes betydeligt i et frekvensområde på en til to oktaver omkring en koincidensfrekvens.

Koincidensfrekvenserne afhænger af bygningsdelens materiale og tykkelse. Den laveste koincidensfrekvens, grænsefrekvensen for frie bøjningsbølger betegnes f_g .

Massive vægge med tykkelser på 50–150 mm har på grund af koincidens ofte lavere lydisolation end forventet efter deres kvadratmetervægt. Grænsefrekvensen for koincidens bør principielt ligge uden for det frekvensområde, som omfattes af bygningsreglementet. Det vil sige, at grænsefrekvensen bør være mindre end ca. 90 Hz eller større end ca. 3500 Hz. Det kan opfyldes fx med betontykkelser på ca. 200 mm og med gipspladetykkelser under ca. 10 mm.

Vægge med koincidens i frekvensområdet 200–1000 Hz forekommer hyppigt som flankerende vægge i en bygning, og de kan medføre en væsentlig flanketransmission, som kan forringe den adskillende vægs lydisolation.



Grænsefrekvensen f_g for frie bøjningsbølger i massive plader som funktion af pladetykkelsen og med pladematerialet som parameter. Når f_g ligger uden for det kritiske frekvensområde, er der ingen væsentlig risiko for nedsættelsen af lydisolationen på grund af koincidens.

Dobbeltvægge

Luftlydisolationen kan forøges ved brug af dobbeltvægge. En dobbeltvægs maksimale lydisolation er summen af de to vægdeles lydisolation plus lyddæmpningen mellem vægdelene. Denne isolation opnås kun i enkelte tilfælde i praksis.

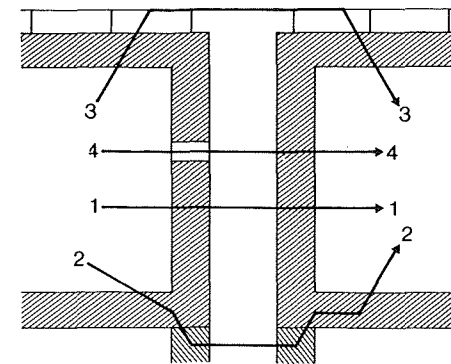
En dobbeltvæg af stive konstruktioner med fuldstændig adskillelse mellem de to vægdele giver en større lydisolation end en massiv væg med samme vægt.

Ved anvendelse af dobbeltvægge skal der ikke blot være fuldstændig adskillelse mellem selve vægdelene. Der skal også være adskillelse i de tilstødende bygningsdele ud for dobbeltvæggens mellemrum, dvs. gennemgående fuger såvel i omgivende vægge som i gulv og tag.

Dobbeltvægge af slappe konstruktioner behøver ikke samme grad af adskillelse mellem vægdelene som dobbeltvægge af stive konstruktioner for at yde en væsentlig større lydisolation end massive enkeltvægge med samme vægt. Med pladebeklædte, dobbelte stålskeletvægge kan der 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. Indlæg mellem stive vægdele er ofte uden væsentlig virkning, bortset fra at de hindrer direkte forbindelse mellem de to vægdele.

Koincidens forekommer også i dobbeltvægge. Virkningen heraf kan være endnu mere ødelæggende, end det er tilfældet for enkeltvægge, idet lydisolationen i koincidensområdet i værste fald ikke er større end for enkeltvægge.



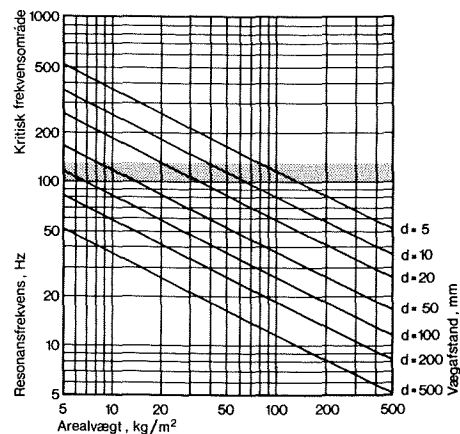
Forskellige veje for lydens transmission mellem to rum, der er adskilte af vægdele uden indbyrdes forbindelser. Principskitse, lodret snit.

1. Gennem de to vægdele.
2. Gennem fundamenter.
3. Gennem tagkonstruktion.
4. Gennem utætheder og utætte samlinger.

Resonans

I dobbeltvægge udgør hulrummet mellem vægdelene et svingningssystem, der består af to masser med mellemliggende fjeder. Resonansfrekvensen f_r for dobbeltvægge kan aflæses af figuren. Den bør ligge under 90 Hz for ikke at formindske lydisolationen i frekvensområdet 100–3150 Hz.

Enkeltvægges lydisolations kan forøges ved at opsætte lydisolerede forsatsbeklædninger eller forsatsvægge. Der bør fortrinsvis bruges slappe konstruktioner. Resonansfrekvensen for væg og forsatsvæg eller beklædning skal opfylde samme betingelser som en dobbeltvæg. Derfor skal resonansfrekvensen være mindre end 90 Hz. Resonansfrekvensen for forsatsvægge og beklædninger kan også findes i figuren.



Resonansfrekvens f_r for dobbeltvægge udført med to ens vægdele som funktion af vægten pr. kvadratmeter vægdel og med afstanden d mellem de to vægdele som parameter.

Resonansfrekvensen for en let væg opsat på eller foran en tung væg kan findes ved at indsætte den lette vægs vægt og anvende den dobbelte afstand mellem let og tung væg som parameterafstand.

Eksempel 1.

Dobbeltvæg af ens vægdele, vægt 50 kg/m^2 , opsat med en indbyrdes afstand på 50 mm. I diagrammet findes for 50 kg/m^2 og 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 forsynes med forsatsvæg af to lag 13 mm gipsplade, vægt 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 $2 \times 55 \text{ mm}$ en resonansfrekvens på ca. 55 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, vægt 7 kg/m^2 . Der tilstræbes en resonansfrekvens under 90 Hz. I diagrammet findes for 90 Hz og 7 kg/m^2 en afstand på ca. 120 mm. Dette er imidlertid den dobbelte afstand. Afstanden mellem forsatsvæggen og murstensvæggen skal derfor mindst være 60 mm.

Bygningslyd

Ved bygningslyd forstås lyd, som udbreder sig i konstruktionerne. Bygningslyd findes imidlertid også defineret som lyd, der opstår i en bygningskonstruktion, når denne påvirkes ved slag eller gnidning. Trinlyd er derfor også bygningslyd, men ikke al bygningslyd er trinlyd.

Bygningslyd transmitteres både i konstruktioner og i installationssystemer. Transmissionsbetingelserne afhænger bl.a. af bygningens materialer og samlinger.

Isolation mod bygningslyd kan ske ved anvendelse af elastiske fuger eller adskillelser mellem de enkelte bygnings- og installationsdele. I kraftoverførende samlinger kan elastiske fuger kun anvendes i begrænset omfang. Muligheden for at nedsætte transmission af bygningslyd afhænger altså af konstruktionssystemet.

Trinlyd

Lyd frembragt af menneskers gang på gulve kaldes trinlyd. Det er ikke muligt at definere et begreb trinlydisolation svarende til begrebet luftlydisolation, idet forskellen mellem lydtrykniveauet i et sende- og modtagerum ikke giver brugbar information om isolation mod trinlyden.

Som mål for isolation mod trinlyd benyttes i stedet begrebet trinlydniveau, der defineres som lydtrykniveauet frembragt af en standardiseret bankemaskine.

Det lydtrykniveau, som bankemaskinen frembringer i det tilstødende rum – som regel rummet under etageadskillelsen, hvorpå maskinen placeres – måles og korrigeres til et normaliseret antal absorptionsenheder. Det korrigerede lydtrykniveau kaldes trinlydniveauet.

Trinlyd transmitteres til et underliggende rum dels direkte gennem den adskillende etageadskillelse, dels via den til omgivende bygningsdele. 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 og ved at nedsætte lydets udstråling fra bygningsdelene.

Et elastisk slidlag eller en bøjningsstiv plade liggende på et elastisk underlag nedsætter lydtransmission til den underliggende dækkonstruktion. Den derved opnåede dæmpning kaldes for trinlyddæmpning, der således angiver den nedsættelse af trinlydniveauet, som kan opnås med gulvet.

Et svømmende gulv, dvs. en bøjningsstiv plade på et elastisk underlag

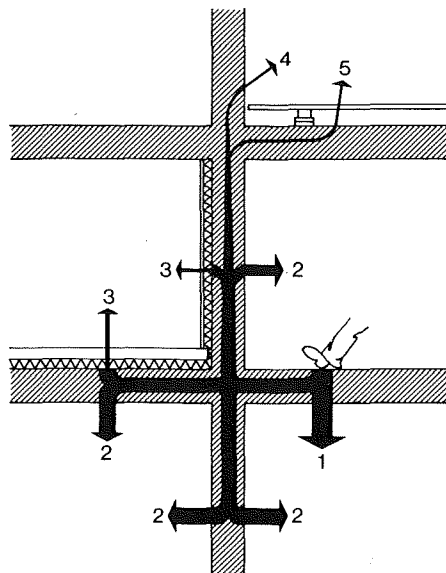
har, over sin resonansfrekvens f_r , en trinlyddæmpning, som stiger med frekvensen.

Gulvets resonansfrekvens bestemmes af pladens vægt og af det elastiske underlags dynamiske stivhed. Med underlag af mineraluld, der er sammentrykket ca. 10 pct., vil resonansfrekvensen for et svømmende gulv ligge mellem en og to gange den resonansfrekvens, der kan beregnes, når gulvet betragtes som en forsatsvæg, se side 108.

En tynd belægning, fx vinyl på filt eller skumunderlag, har en trinlyddæmpning, hvis frekvensforløb over resonansfrekvensen stort set svarer til forløbet for svømmende gulve, mens resonansfrekvensen for tynde belægninger med elastisk underlag ligger væsentligt højere. 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. Der kan opnås en stor trinlyddæmpning med tykke og bløde tæpper. Belægninger som fx linoleum giver ingen trinlyddæmpning, med mindre de udlægges på underlag af korkment eller tilsvarende.

I alle materialer sker der en vis dæmpning af lyd under dens udbredelse i materialet, en såkaldt indre dæmpning. I beton er dæmpningen så lille, at den er uden praktisk betydning. Selv ved brug af specielt tilslagsmateriale må de anses for tvivlsomt, om der kan opnås en dæmpning af praktisk betyd-



Forskellige veje for trinlydens transmission fra et gulv til de omliggende rum. Principskitse, lodret snit.

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.

ning for lydtransmission mellem naborum.

Effektiv dæmpning af trinlyd kan opnås i bygninger, hvor der kan indlægges vertikale fuger, som nedsætter lydets udbredelse i horisontal retning. Denne metode er velegnet i nogle rækkehuse. Forudsætningen er imidlertid en total adskillelse mellem husene fra facadeydside til facadeydside og fra fundamentets underside til tagoverside.

Lydens udstråling fra bygningsdele kan nedsættes ved at forsyne alle lydtransmitterende flader med lydisolerende beklædninger eller forsatsvægge. Denne metode kan anvendes i tilfælde, hvor der ønskes forbedring af isolationen mod både luftlyd og trinlyd. Isolering mod trinlyd medfører i mange tilfælde også en almindelig forbedring af isolation mod bygningslyds udbredelse. Det er årsagen til, at der i bygninger med en god isolation mod trinlyd ofte tillige konstateres et lavt støjniveau fra installationer, herunder også vaske- og opvaskemaskiner.

Absorption

Når en lydbølge rammer en overflade, reflekteres en del af lydenergien og en del absorberes. Forholdet mellem den absorberede lydenergi og den indfaldende lydenergi kaldes for lydabsorptionskoefficienten.

Når en lydkilde anbragt i et rum afbrydes, synker lydtrykniveauet, fordi lydenergien absorberes. Denne proces, hvor lydtrykniveauet aftager som funktion af tiden, kaldes for efterklangprocessen. Jo større absorption rummets overflader har, desto hurtigere synker lydtrykniveauet. Absorptionen er for de fleste materialer frekvensafhængig inden for frekvensområdet 100–3150 Hz. Materialernes lydabsorption sker i princippet ved, at lydenergi forbruges til igangsættelse og vedligeholdelse af svingninger. De svingende elementer kan være tynde plader eller luft i huller og i åbne porøse materialer.

Ved brug af forskellige absorptionsmaterialer eller af absorptionsmaterialer med forskellig tykkelse kan absorptionen i et rum ofte reguleres således, at den bliver frekvensafhængig inden for frekvensområdet 100–3150 Hz. Det tilstræbes i rum, hvor lytteforholdene er afgørende for rummets funktion.

Hvor der ikke stræbes efter en frekvensmæssig balance i lydabsorptionen, kan støjniveauet i almindelighed sænkes ved at tilføre rummet mere lydabsorberende materiale.

Målemetoder

Luftlydisolationen måles mellem to rum, et sende- og et modtagerum. I senderummet anbringes en højttaler, der fx kan udsende hvid støj i et båndbegrænset signal. Hvid støj har lige stor lydenergi ved alle frekvenser. Et båndbegrænset signal er lyd, hvis frekvenser ligger inden for et vist frekvensområde. Lydtrykniveauet måles pr. $\frac{1}{3}$ oktav i sende- og modtagerum. Lydtrykket måles med en mikrofon i mindst tre punkter. Differensen mellem middelværdierne af lydtrykniveauerne i de to rum er et udtryk for luftlydisolationen.

Metoden er ikke direkte anvendelig, hvis måleresultater fra forskellige rum med forskellig størrelse og forskellig mængde af absorptionsmateriale skal sammenlignes. Det er derfor nødvendigt at korrigere de fundne resultater. Det kan ske på flere måder, afhængigt af hvilken definition der vælges for luftlydisolationen. Modtagerummets efterklangstid indgår i korrektionsudtrykkene.

I laboratorier benyttes i reglen to rum, hvor lydtransmissionen gennem de flankerende konstruktioner er uden betydning for måleresultatet. Bygningsdelen, hvis luftlydisolation skal måles, opføres som fælles adskillelse mellem de to rum. Luftlydisolationen udtrykkes ved *reduktionstallet*, der defineres ved:

$$R = L_S - L_M + 10 \log \frac{S}{A} \text{ dB} \quad (1)$$

Lydtrykniveauerne i sende- og modtagerum er betegnet L_S og L_M . Arealet af den fælles adskillelse mellem rummene kaldes for S og måles i m^2 . Størrelsen A er antallet af absorptionsenheder i

modtagerummet. Absorptionsenheder måles i m^2 Sabine, der defineres som en kvadratmeter fuldstændig lydabsorberende areal.

Mellem et rums efterklangstid t i sekunder, dets volumen V i kubikmeter og antallet af absorptionsenheder A i kvadratmeter i rummet består følgende relation:

$$t = \frac{0,16}{A} V \text{ sekunder} \quad (2)$$

Når efterklangstiden t i modtagerummet er målt, kan man ved hjælp af udtrykkene (1) og (2) udregne reduktionstallene pr. $\frac{1}{3}$ oktav i frekvensområdet 100–3150 Hz. Der er seksten $\frac{1}{3}$ oktaver med standardiserede centerfrekvenser mellem 100 Hz og 3150 Hz.

Luftlydisolationen i bygninger kan defineres på flere måder. De to mest benyttede betegnes henholdsvis rumisolation og tilsyneladende reduktionstal.

Rumisolationen benyttes i BR-72 og defineres ved:

$$D_{0,5} = L_S - L_M + 10 \log \frac{t}{0,5} \text{ dB} \quad (3)$$

De benyttede størrelser L_S , L_M og t har samme definition som for reduktionstal. Denne definition er meget enkel, idet der blot skal måles lydtrykniveauet og efterklangstid. Den væsentligste ulempe ved denne definition er, at resultatet ikke alene er en funktion af den adskillende bygningsdel og af de omgivende bygningsdele, men også en funktion af modtagerummets størrelse.

Det tilsyneladende reduktionstal benyttes i BR-77 og defineres ved:

$$R' = L_S - L_M + 10 \log \frac{S}{A} \text{ dB} \quad (4)$$

Alle benyttede betegnelser svarer til de tidligere nævnte. For adskillelsesarealer mindre end $10 m^2$ indsættes dog $S = 10$.

Forskellen mellem de to definitioner (3) og (4) kan udtrykkes ved:

$$D_{0,5} - R' = 10 \log \frac{0,32}{S} V \text{ dB},$$

bestemt både af modtagerummets volumen og af adskillelsesarealet, se figur.

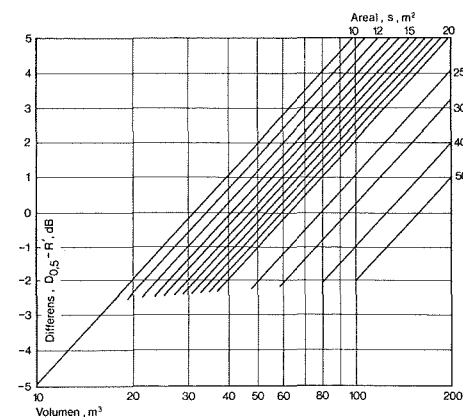
Trinlydniveauet måles i omliggende rum. En bankemaskine anbragt i senderummet udsender et næsten stationært støjsignal. Maskinen har fem hamre à 500 g, som med en indbyrdes tidsafstand på 0,1 sekund falder fra en højde på 40 mm. Hamrenes slagflade og deres materialesammensætning er standardiseret.

Bankemaskinen frembringer som oftest det højeste lydtrykniveau i det underliggende rum. Det frembragte lydtrykniveau har ingen lighed med lyden af fodtrin, hvorfor maskinens værdi som lyd giver måske kan være noget diskutabel. Det frembragte lydtrykniveau i modtagerummet kaldes trinlydniveauet. Det måles pr. $\frac{1}{3}$ oktav i frekvensområdet 100–3150 Hz, og der skal som ved måling af luftlydisolation foretages korrektion.

Ved måling af trinlydniveauet L_n i laboratorier benyttes følgende definition:

$$L_n = L_M - 10 \log \frac{A}{10} \text{ dB} \quad (5)$$

Heri er L_M lydtrykniveauet i modtagerummet og A er antallet af absorptionsenheder i m^2 Sabine i modtagerummet.



Differensen mellem rumisolation $D_{0,5}$ og tilsyneladende reduktionstal R' som funktion af modtagerummets volumen og med det fælles adskillelsesareal som parameter. Når dette areal er mindre end $10 m^2$, så anvendes $10 m^2$ som fiktivt areal. For små rum, fx toilet- og baderum, betyder anvendelse af R' en lempelse i forhold til BR-72. For større rum betyder det en skærpelse.

Ved måling af trinlydniveau i bygninger er der benyttet flere definitioner. De to mest benyttede adskiller sig fra hinanden ved den anvendte korrektion.

I bygningreglementet BR-72 benyttes definitionen:

$$L_{0,5} = L_M - 10 \log \frac{t}{0,5} \text{ dB} \quad (6)$$

Heri er L_M lydtrykniveauet i modtagerummet og t er efterklangstiden.

I bygningsreglementet BR-77 benyttes definitionen:

$$L'_n = L_M - 10 \log \frac{A}{10} \text{ dB} \quad (7)$$

Benyttede betegnelser svarer til de tidligere nævnte. Størrelsen af A udregnes af udtrykket (2).

Forskellen mellem de to definitioner (7) og (6) kan udtrykkes ved:

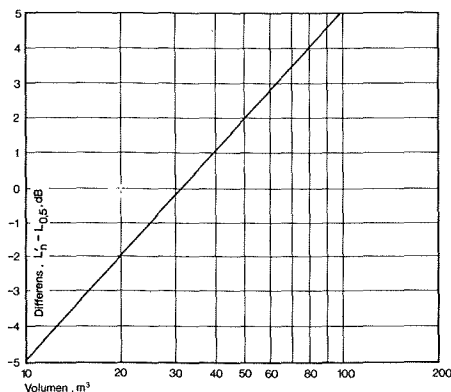
$$L'_n - L_{0,5} = 10 \log 0,032 V \text{ dB},$$

bestemt af modtagerummets volumen, se figur.

Standards for målemetoder

Målemetoder og definitioner er fastlagt i ISO 140 af juli 1978. Målingerne skal udføres med $\frac{1}{3}$ oktav filtre med standard centerfrekvenser som angivet i DS/ISO 266 af oktober 1975.

Målingerne skal foretages i frekvensområdet 100–3150 Hz. For trinlydniveauets vedkommende skal resultater af målinger udført med $\frac{1}{3}$ oktav filtre korrigeres med 5 dB. Det svarer stort set til målinger med $\frac{1}{1}$ filtre successivt forskudt $\frac{1}{3}$ oktav gennem det benyttede frekvensområde.



Differensen mellem trinlydniveauerne L'_n og $L_{0,5}$ som funktion af modtagerummets volumen. Beboelsesrum har så godt som altid volumener mellem ca. 18 og ca. 70 m³. Dvs. at forskelle mellem de to udtryk for trinlydniveau ligger mellem 3 dB og -3 dB.

Efterklangstiden måles ved at registrere lydtrykniveauet pr. $\frac{1}{3}$ oktav som funktion af tiden. Hertil anvendes en mikrofon, der er forbundet til en såkaldt niveauskriver. Gennem en højttaler udsendes et signal, der registreres på niveauskriveren, hvor skrive stiften aftegner niveauet på en papirstrimmel, som bevæges forbi stiften med konstant hastighed. Når højttaleren afbrydes, aftager lydtrykniveauet, og der aftegnes i princippet en retlinet, hældende kurve på niveauskriveren. Efterklangstiden bestemmes ved kurvens hældning.

Støjniveauet fra installationer måles i dB(A) og baseres på aflæsning af midelværdien over et passende tidsrum, som regel mindst 20–30 sekunder, hvori støjniveauet antager sin maksimale værdi. Der skal ikke korrigeres for rummets efterklangstid.

SBI-publikationer om lydforhold

Statens Byggeforskningsinstitut oprettede i 1967 BAM, Byggeriets Akustiske Målestation, med det hovedformål at udføre akustiske målinger for rekvisiter. De fra målingerne indsamlede erfaringer indgår i SBI's forskningsvirksomhed og danner grundlag for udarbejdelse af publikationer, hvor iblandt kan nævnes SBI-lyd pjecerne.

SBI-lyd pjecer

Denne pjeceserie behandler lydtekniske problemer ved en række bygningskonstruktioner og anviser principielt gode løsninger, specielt af samlinger mellem bygningsdele. Pjecerne er rigt illustrerede og tilrettelagt til brug både i det praktiske byggeri og ved byggeteknisk undervisning.

Trægulve på strøer

SBI-lyd pjECE 1. 2. udgave. 1974. 4 sider.

Svømmende betongulve

SBI-lyd pjECE 2. 2. oplag. 1979. 4 sider.

Pladebeklædte træskeletvægge, enkelte

SBI-lyd pjECE 3. 2. udgave. 1974. 6 sider.

Pladebeklædte træskeletvægge, dobbelte

SBI-lyd pjECE 4. 2. udgave. 1974. 8 sider.

Pladebeklædte stålskeletvægge, enkelte

SBI-lyd pjECE 5. 2. udgave. 1975. 6 sider.

Pladebeklædte stålskeletvægge, dobbelte
SBI-lyd pjECE 6. 2. udgave. 1975. 8 sider.

Døre

SBI-lyd pjECE 7. 1974. 6 sider.

Boligventilation

SBI-lyd pjECE 8. 1975. 8 sider.

Murstensvægge, enkelte

SBI-lyd pjECE 9. 1974. 8 sider.

Betonvægge, enkelte

SBI-lyd pjECE 10. 1974. 8 sider.

Murstensvægge, dobbelte

SBI-lyd pjECE 11. 1979. 8 sider.

Betonvægge, dobbelte

SBI-lyd pjECE 12. 1979. 8 sider.

Andre SBI-publikationer om lydforhold

Bygningsakustik I. Grundlag, rumakustik. SBI-anvisning 65. Jørgen Petersen. 1966. 42 sider. Udsolgt.

Støj fra installationer. SBI-anvisning 79. Jørgen Kristensen og Kaj Ovesen. 1970. 84 sider.

Lydisolation i montagebyggeri. SBI-anvisning 90. Betonelement-Forenningen og SBI. 2. oplag. 1974. 32 sider.

Undersøgelse af installationsstøj i boligbyggeri. SBI-rapport 95. Jørgen Kristensen. 1975. 98 sider.

Klassifikation af lydforhold. SBI-særtryk 256. Jørgen Kristensen og A. E. Wiuff. 1975. 4 sider.

Lydisolation i betonbyggeri. SBI-rapport 101. Jørgen Kristensen. 1977. 34 sider.

»SBI's gule serie« af anvisninger er godkendt af boligministeriet og viser ved eksempler, hvorledes funktionskravene i Bygningsreglement 1977 kan opfyldes:

SBI-anvisning 109: Gulve på træbjælkelag og skeletvægge i vådrum. 1977. 24 sider. A5. Kr. 12,05 inkl. 20,25 pct. moms.

SBI-anvisning 110: Konstruktioner i beboelsesbygninger med indtil 2 etager. 1977. 52 sider. A5. Kr. 16,85 inkl. 20,25 pct. moms.

SBI-anvisning 111: Bygningers varmeisolering. 1977. 40 sider. A5. Kr. 16,85 inkl. 20,25 pct. moms.

SBI-anvisning 112: Bygningers lydisolering. 1979. 116 sider. A5. Kr. 29,75 inkl. 20,25 pct. moms.

Fås i boghandelen og direkte hos SBI, telefon 02-86 55 33.

Denne SBI-anvisning redegør for de akustiske egenskaber ved en række typiske bygningsdele og korrekt udførte samlinger mellem disse bygningsdele. Endvidere anfører den eksempler på foranstaltninger til begrænsning af støjtransmission i installationer, til lyd-dæmpning af trapperum og til lydregulering af undervisningsrum. Anvisningens eksempler er godkendt af boligministeriet. Dvs. at kravene til lydforhold i bygningsreglementet BR-77 kan forventes at være opfyldt, hvis de beskrevne bygningsdele og samlinger benyttes og den håndværksmæssige udførelse iøvrigt er forsvarlig.

Denne SBI-anvisning er godkendt af boligministeriet i relation til kapitel 9 i Bygningsreglement 1977.