

Lydisolerende konstruksjoner- materialelegenskaper

Sound insulating building constructions

Av ingeniør Sigmund Alvestad
Norges byggforskningsinstitutt

NORGES BYGGFORSKNINGSINSTITUTT



Lydisolerende konstruksjoner — materialegenskaper

Av ingeniør Sigmund Alvestad, Norges byggforskningsinstitutt

Krav til lydisolasjon

I Byggeforskriftene av 1. august 1969 er det stillet krav til lydisolasjon og maksimalt støynivå fra tekniske installasjoner i bygninger. Kravene er stillet så strenge som det med rimelighet kan forlanges uten at omkostningene blir for store. Kan hende er kravene i noen tilfelle for små mens de andre steder kan synes urimelige. For å oppfylle kravene bør man imidlertid være oppmerksom på prinsippene for lydisolering, slik at man unngår feil som kan ødelegge en ellers fullverdig lydisolerende konstruksjon. Det er som oftest vanskelig og dyrt å utbedre skadene etter at huset er ferdig.

På en enkel måte kan kravene angis som vist i NBI's håndbok nr. 21. Hovedkravet gjelder den effektive lydisolasjon som skal være oppnådd fra ett rom til et annet. Vi kan illustrere hva disse kravene innebærer for luftlydens vedkommende, forutsatt at det på forhånd er vanlig bakgrunnsstøy i mottakerrommet:

$LL_{eff} = 55\text{dB}$ Normal radio høres ikke, kraftig radio høres så vidt.

$LL_{eff} = 50\text{dB}$ Normal radio høres så vidt.

$LL_{eff} = 45\text{dB}$ Høyrøstet tale forstås så vidt, melodier oppfattes.

$LL_{eff} = 40\text{dB}$ Normal tale forstås så vidt.

$LL_{eff} = 35\text{dB}$ Normal tale forstås («ingen lydisolasjon»).

Det viser seg erfaringsmessig at når det kommer klager over lydisoleringen, er den effektive isolasjon alltid lavere enn 50 dB.

En effektiv luftlydisolasjon på 50 dB innebærer f.eks. at hvis lydnivået i ett rom er 80 dB, som fra en sterk radio, så vil det hos naboen være redusert til 30 dB, et nivå som tilsvarende alminnelig hvissing.

Er lydnivået i senderrommet 90 dB, kreves en effektiv luftlydisolasjon på 60 dB hvis nivået hos naboen fremdeles skal være redusert til 30 dB.

Romisolering

Lydisolering mellom to rom er ikke avhengig bare av delekonstruksjonen mellom rommene, men også i høy grad av de flankerende konstruksjoner. — Lydtransmisjon fra ett rom, forårsaket f.eks. av en radio, — senderrommet — til et annet rom —

mottakerrommet — skjer i en bygning ved at svingninger fra lyd giveren via luften transmitteres til omgivende bygningsdeler — gulv, vegger og tak — og gjennom disse til mottakerrommet, hvor de begrensede bygningsdeler frembringer et lydfelt i rommet. I tillegg til dette vil det ofte også transmitteres lyd gjennom åpninger og kanaler som

forblinder rommene. Fig. 1 viser, meget forenklet, lydtransmisjonen mellom to naborom. Under ideelle laboratorieforhold vil lydtransmisjonen bare skje gjennom delevæggen, vei 1. Transmisjonsveiene 5 og 6 angir henholdsvis transmisjon gjennom flankerende tredje rom og transmisjon gjennom del av skillekonstruksjon med mindre lydreduksjon enn

Tabell 1.

Byggeforskriftenes krav	Hovedkrav. Oppnådd effektiv luftlydisolasjon L Leff		Minste verdi av veggens luftlyd-tall LL		Minste verdi av dekkets luftlyd-tall LL	
	52dB	53dB	50dB	50dB	50dB	50dB
Mellom rekkehusboliger	52dB	53dB			50dB	
Mellom andre slags boliger	49dB	50dB	52dB		50dB	50dB
Mellom hotellrom, hybelrom, sykerom, rom i pleieanstalt, aldershjem	49dB	50dB	52dB		50dB	50dB
Mellom undervisningsrom med 0.8 sek. etterklangstid	49dB	46dB	50dB		47dB	43dB

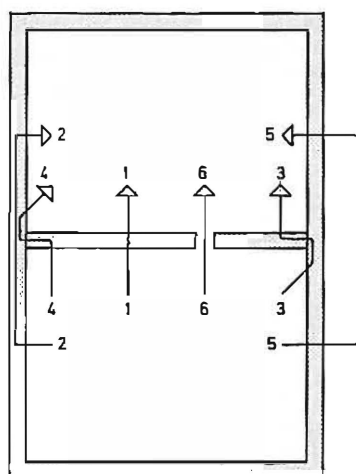


Fig. 1. Lydtransmisjon mellom to naborom overføres forskjellige veier. 1) transmisjon direkte gjennom skilleveggen, som svarer til lydtransmisjon i et laboratorium. 2), 3) og 4) transmisjon gjennom flankerende bygningsdeler. 5) transmisjon via flankerende rom. 6) transmisjon gjennom utettheter eller deler av skilleveggen med mindre lydisolasjonsevne enn skilleveggen, for eks. en dør.

selve skillekonstruksjonen, f.eks. dør, kanaler eller sprekker. Man bør således være oppmerksom på at konstruksjonene som regel gir bedre luftlydisolering i laboratoriet enn i et hus og alltid ha dette for øye under planlegging av bygninger.

På den annen side kan etasjeskiller gi bedre trinnlydisolasjon i en bygning enn i laboratoriet, noe som kommer av den spesielle måten dekket er lagt opp i et laboratorium.

Romisoleringen avhenger også av andre ting som skilleflatens areal mellom rommene, rommenes volum og etterklangstid. Rent matematisk kan dette uttrykkes slik:

$$R = D + 10 \log \frac{ST}{0.16V}$$

Hvor R er skillekonstruksjonens lydreduksjonstall målt i laboratorium, D er lydtrykknivå-differansen mellom sender og mottakerrom, S skilleflatens areal i m^2 , T og V henholdsvis mottakerrommets etterklangstid i sekund og volum i m^3 . Det er ikke tatt hensyn til flanketransmisjon i formelen. Denne vil variere og må vurderes i hvert enkelt tilfelle i bygninger.

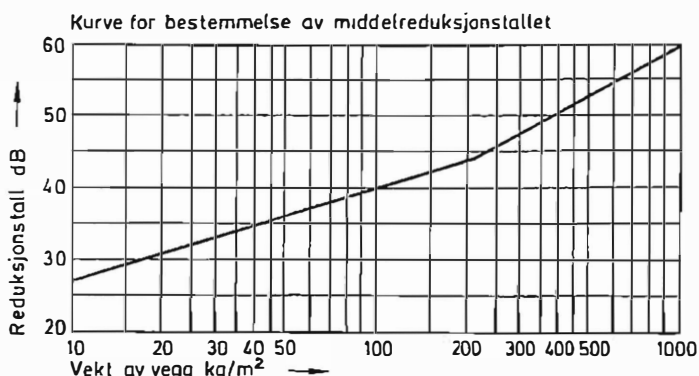
Konstruksjoner, tunge massive

Den tradisjonelle byggemetoden med bruk av tunge kompakte materialer i vegger og etasjeskillere gir som regel tilfredsstillende lydisolasjon. Man er ikke så avhengig av den håndverksmessige utførelse fordi konstruksjonene nødvendigvis må bli tette. Lydreduksjonen avhenger stort sett av skillekonstruksjonens flatevekt. Fig. 2 viser en kurve til bestemmelse av middelreduksjonstallet R_{10} for kompakt delevegg avhengig av veggens flatevekt kg/m^2 .

For å tilfredsstille kravet til lydisolasjon sideveis mellom boliger, bør veggens lydreduksjonstall være min. $LL = 50 \text{ dB}$, dvs. veggen bør ha en flatevekt på min. ca. 380 kg/m^2 . Altså bør en betongvegg være min. 150 mm med puss på begge sider. For å oppnå tilfredsstillende luftlydisolasjon mellom etasjene bør etasjeskilleren ha lydreduksjonstall på $LL = 52 \text{ dB}$. Altså bør tykkelsen være min. 180 mm betong. Det må ikke være hull eller kanaler i konstruksjonene. På grunn av etasjeskillerens store flate i forhold til avstand mellom motstående flate må reduksjonstallet for denne være noe høyere for å oppnå samme effektive lydisolasjon mellom etasjene som mellom rom sideveis.

Kurven gjelder stort sett bare for betongkonstruksjoner. En massiv teglstensvegg som mures opp på tradisjonell måte får ikke den samme stivheten som en betongvegg. Følgelig må teglstensveggen opp i ca. 450 kg/m^2 , dvs. 1-stens vegg med sten av romvekt 1800 kg/m^3 , for å oppnå samme resultat som en 150 mm betongvegg. Det er viktig at veggen mures med fulle fuger og at fugene spekkes omhyggelig. Murte vegger bør som regel forsynes med tykk puss for å oppnå et sikkert resultat.

Tunge dobbeltvegger f.eks. $2 \times \frac{1}{2}$ -stens hulmur gir i praksis ikke bedre lydisolasjon enn en massiv vegg av samme flatevekt. Dette kommer av at lydsvingningene overføres fra det ene veggskall til det annet via tilslutningene langs tilstøtende vegger og dekker. I rekkehus vil dobbeltveggen gi bedre resultat dersom veggskallene føres tvers igjennom bygningen. Dvs. fra grunnmur til taktro, og fra yttervegg til yttervegg slik at det ikke oppstår forbindelse mellom veggskallene. I hulrommet mellom



	Oktavbånd (Hz)							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Reduksjonstallets avvikelse fra middelreduksjonstallet	-13	-9	-5	-1	+3	+7	+11	+15

Fig. 2. Som det fremgår av ovenstående, kan en massiv veggs reduksjonstall kun forbedres ved å øke veggens vekt.

skallene bør være en stiv mineralullmatte for å sikre en effektiv adskillelse. Murte vegger bør forsynes med puss. Dobbeltvegger må ikke ha opplegg av trebjelker fordi det i praksis er umulig å oppnå en permanent tetting rundt bjelkehodene i de tunne veggskallene. Under slike forutsetninger er det mulig å oppnå effektiv lydisolasjon på 52 dB som er kravet mellom rekkehus, også ved bruk av lettere konstruksjoner f.eks. lettbetong hvor veggskallene hver for seg har flatevekt på bare 75 kg/m^2 .

Massive etasjeskillere overfører lett trinnlyd til andre deler av bygningen når noen går på gulvet. Det er derfor nødvendig med et fjærende toppsjikt som hindrer trinnlydforplantning gjennom dekket. Det mest alminnelige her i landet er å bruke gulvbelegg, linoleum, vinyl e.l. på mykt underlag, kork, filt eller skumplast som limes på dekket.

Forhandlerne av gulvbelegg har som regel måleresultater for de fleste typene, når belegget er limt til betongdekke av 180 mm tykkelse. Det bør brukes en limtype som holder seg myk etter at den er herdet, ellers kan trinnlydisolasjonen bli vesentlig dårligere enn forventet.

De fleste tekstiltapper gir tilstrekkelig trinnlydisolasjon når de brukes på 18 cm betongdekke og når dekket er lagt opp på tunge massive gulver.

Istedenfor tunne gulvbelegg kan selvfølgelig også brukes flytende sjikt, f.eks. parkett, opp-

foret tregulv, eller betongplate på et mykt mellomstøtt av mineralull, korksmulepapp e.l.

Vegger som oppføres av lettklinkerbetong, f. eks. Leca, gir god lydisolasjon under forutsetning av at veggen forsynes med tykk puss på begge sider. Lydreduksjonen blir da bedre enn hva veggens flatevekt tilsier. Uten puss er isolasjonen illusorisk. En vegg av 250 mm Leca lydblokk, romvekt 1300 kg/m^3 og 15 mm puss på begge sider, har en flatevekt på ca. 375 kg/m^2 og luftlydtall $LL = \text{ca. } 51 \text{ dB}$.

En alminnelig feil som gjøres er at man glemmer eller utelukker å pusse veggen der bjelkelaget støter inn til, ved ytterveggen eller på loft. Det hender også at veggen mures inn til pipestokk uten horisontal avtrapping, hvor det lett oppstår sprekkdannelse og lekkasje.

Lette, oppdelte konstruksjoner

En vegg som oppføres av rammeverk med platekledning på hver side gir en lydisolasjon som ikke først og fremst avhenger av veggens flatevekt, men av platenes lydisolierende egenskaper samt avstand mellom platenes. Det samme gjelder selvfølgelig for et lett trebjelkelag. Platekledningen bør være strålingsminskende dvs. at den må være tynn, tung og bøyelastisk for å ha denne egenskap. Platekledning av denne type gir imidlertid svak lydisolering ved en bestemt frekvens som kalles platenes

grensefrekvens. Denne bør ikke være lavere enn ca. 3000 Hz, samtidig bør flatevekten være minst 10 kg/m².

Trebjelkelag eller vegger av rammeverk med kledning av trepanel har dårligere lydisolerende egenskaper på grunn av at panelet er lett og stift og at det oppstår lekkasje i kledningen på grunn av alle sammenføyningene mellom bordene.

Vegger som oppføres med platekledning på hver side av enkelt rammeverk kan gi opptil ca. 5 dB bedre lydisolasjon når rammeverket oppføres av tynne profilerte stålregler enn når rammeverket er av tre. Årsaken til dette er at stålreglene som lages av 0,56 mm varmgalvaniserte stålplater, tillater platekledningen å svinge med sitt eget bølgemønster. Dessuten er det langt mindre stiv forbindelse mellom platene. I hulrommet bør det alltid være lydabsorberende materiale, f.eks. mineralull. Tyngden på denne kan også ha betydning for lydisoleringen. Det er en fordel å bruke mineralull med stor densitet. For tykkere vegger har dette imidlertid ingen betydning.

Lette konstruksjoner med platekledning på enkelt rammeverk oppnår aldri mer lydreduksjon i bygninger enn LL = ca. 45 dB selv med dobbel platekledning på hver side. Ønsker man å oppnå det krav som stilles til lydisolasjon mellom boliger, bør platekledningen på hver side være festet til separate rammeverk. Avstand mellom platene bør være minst ca. 180 mm, mer enn 200 mm lønner det seg dog ikke å gå. Hulrommet fylles med mineralull. Vegg av denne type er som regel noe svak for basslyder. Årsaken til dette er veggens egenfrekvens som gjør seg gjeldende i et noe bredt frekvensområde på grunn av den tynne platekledningen. Mellom rekkehus bør således veggen utstyres med dobbel platekledning på den ene siden for å oppfylle kravet til lydisolasjon. En fjerde plate øker som regel ikke lydisoleringen ytterligere.

Platekledningen må føres tvers igjennom fra grunnmur til taktro, og ved yttervegger helt ut til ytterpanelet. Bjelkelaget bør ikke legges opp i lydskilleveggen på grunn av at det er svært vanskelig å oppnå permanent tetting rundt bjelkehodene. Ønsker man imidlertid en slik konstruksjon må bjelkehodene forsynes med

spikerslag helt rundt, til understøttelse av platekledningen. I tillegg bør det tettes med plastisk fugemasse e.l. som kan oppta deformasjoner i sammenføyningene. Det må ikke være forbindelse mellom bjelkelagene i veggen.

På grunn av problemer med å oppnå tilstrekkelig lydisolasjon gjennom trebjelkelag har man i de senere årene unngått å bygge horisontaldelte trehus. Imidlertid er det blitt alminnelig å innrede underetasjen i eneboliger til hybelleilighet. Dette innebærer at bjelkelaget mellom underetasje og 1. etasje må tilfredsstille kravet til lydisolasjon mellom boliger, altså LL = 52 dB og TT = 50 dB.

Norges Byggeforskningsinstitutt har utgitt et Byggetaljblad NBI (23). 311 «Lydisolerende trebjelkelag» som skulle tilfredsstille disse krav. Konstruksjonen er imidlertid noe komplisert med sandfylling på underpanel og ekstra nedforet gipsplatehimling. De moderne byggemetodene med bruk av plattformkonstruksjon umuliggjør bruken av en slik konstruksjon, dessuten kan det ofte være vanskelig å skaffe tørket sand på en byggeplass.

NBI har således i samarbeid med et byggefirma for ferdighus kommet fram til en enklere utførelse av trebjelkelag som tillater bruk av plattformkonstruksjon uten først å ta hensyn til de underliggende detaljer i bjelkelaget. Fig. 3 viser et slikt bjelkelag.

Det må ikke oppstå kontakt mellom hoved- og sekundærbjelkelag. Himlingsplatene må ikke limes sammen men legges på

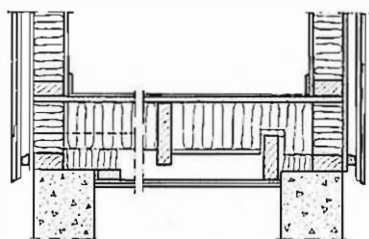


Fig. 3. Det bør være god tetting ved alle tilslutninger, plastisk fugemasse. Det må ikke være forbindelse mellom hovedbjelkelag og sekundærbjelkelag/himling uten ved opplagring. Bjelkene kan festes til samme svill.

hverandre og stiftes til sekundærbjelkene. Det er en fordel å forskyve platene i forhold til hverandre, man sikres derved tette skjøter. Rør-gjennomføringer o.l. bør ikke forekomme, i tilfelle må disse forskyves horisontalt inne i bjelkelaget på en slik måte at direkte kontakt unngås. Ved kantene tettes med plastisk fugemasse. Når bjelkelaget legges opp på massive tunge vegger er man sikret tilfredsstillende lydisolasjon når detaljene er riktig utført. Måleresultater i bygning

veggene er lett bindingsverk må hulrommet i veggens være avsperrert ved overkant og underkant av bjelkelaget for å hindre lydlekkasje denne vei. Resultatet vil sannsynligvis bli noe dårligere, men likevel skulle det være sjans for å oppfylle kravet. Man har imidlertid for lite måleresultater fra slike konstruksjoner til å si noe sikkert om dette. Utførelsen fremgår av fig. 5 og 6.

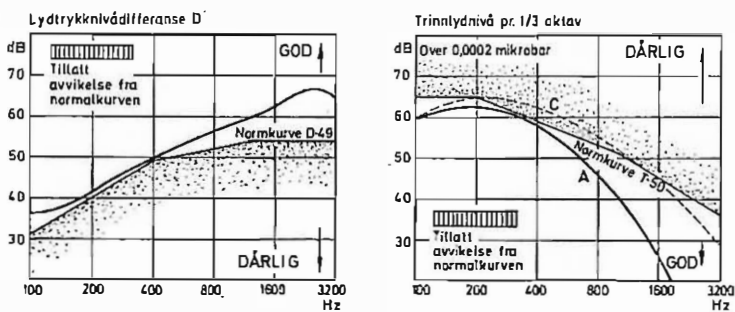


Fig. 4. Når bjelkelaget skal danne skille mellom leiligheter, tillates bare en uvesentlig avvikelse på den ugunstige side av normkurven. Til venstre vises den sannsynlige romisolasjonskurve for luftlyd når bjelkelaget er utført som beskrevet. Bjelkelagets luftlydtall LL = ca. 53 dB. Til høyre: A. Sannsynlig trinnlydkurve når bjelkelaget er utført med plate-undergulv og mykt belegg, vinyl-filt e.l. Bjelkelagets trinnlydtall TT = ca. 54 dB. C. Sannsynlig trinnlydkurve når gulvbelegget er fjernet. Bjelkelagets trinnlydtall TT = ca. 49 dB.

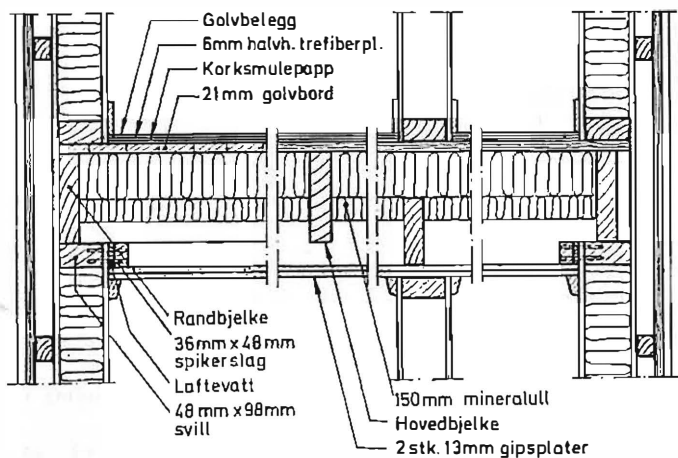


Fig. 5. Hulrommet i ytterveggen må være avsperrret ved overkant og ved underkant av bjelkelaget.

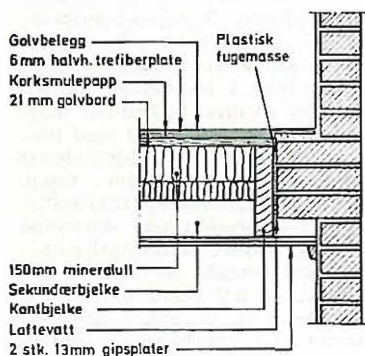


Fig. 6. Mellom utstikk (for røpiper) og golvbjelke eller veksling må det legges et mykt mellomlegg av låftevatt, porøs trefiberplate e.l. Det bør dessuten tettes ved overkant eller ved underkant av bjelken med plastisk fugemasse.

Moderne støpeteknikk tillater at man i dag kan lage slanke bjelkelagselementer med store spennvidder som igjen tillater stor avstand mellom bærekonstruksjonene og for så vidt en fleksibel planløsning. En type er det såkalte Dina- eller IB-element som i prinsippet består av en kasseformet bærende underdel med løst lokk over, hvor lokket er opplagret på gummiknotter slik at det ikke kommer i direkte kontakt med kassetten.

Fig. 7 viser perspektiv av et slikt element. Bunnplaten som danner himling i etasjen under har tykkelse 20 mm. Lokket som danner gulv i etasjen over har tykkelse 40 mm. Inne i kassetten er lagt en henholdsvis 100 eller 150 mm tykk mineralullmatte som tjener til varme- eller lyd-

isolasjon. Elementets bredde er 900 mm, tykkelse henholdsvis 300 og 350 mm, og lengde opp til ca. 1400 mm. De føyes sammen ved at fuger mellom elementene delvis fylles med sementmørtel, og på en slik måte at lokket ikke kommer i kontakt med kassetten.

I Sverige har man bygget boligblokker med etasjeskillere av slike elementer og oppnådd tilfredsstillende lydisolasjon både vertikalt og horisontalt mellom leilighetene, se kurven for lydisolasjon. Fig. 8. Forutsetningen for dette er imidlertid at man kjenner konstruksjonen og vet hvorledes den skal brukes. Fig. 9 viser noen detaljer av tilslutning mellom henholdsvis bjelkelag, leilighetsskillevegg og yttervegg, og gjennomføringen av en massiv tung leilighetsskillevegg i bjelkelaget. Dessuten er det vist en fuge mellom elementene. Detaljene er hentet fra «Sårtryck ur Byggmästaren 1, 1969».

Detaljene ved yttervegg er utført på en slik måte at det oppstår forholdsvis liten flanketransmisjon denne veg, både vertikalt mellom rommene og sideveis. Elementene er orientert slik at de får opplagring i den bærende massive leilighetsskillevæggen. Mellom topplokk og vegg er det lagt inn en polyeterlist for å hindre kontakt mellom platen og veggen.

Her i landet har bjelkelagselementene hittil vært anvendt i et par skoler med lydteknisk sett ikke helt vellykkede resultater. Årsaken til dette skyldes imidlertid feilaktig planlegging og utførelse av bygningen.

Når en bygning oppføres med et bærende system av bjelker og

søyler av betong, må bæresystemet tilpasses slik at delevegg mellom klasserommene støter mot en søyle ved flankerende vegger. Når deleveggen er lettvegg med strålingsminskende kledning, bør den ha adskilt stenderverk og plasseres slik i forhold til bjelkelagselementene at fugen mellom to elementer alltid kommer langsetter midt inne i veggen. Når deleveggen kommer på tvers av bjelkelaget, kan golvplaten skjæres opp slik at spalten kommer midt inn i deleveggen. På grunn av lydforplantning langs det tynne topplokket, som særlig gjør seg gjeldende i området 400—800 Hz, må det alltid være åpen fuge mellom

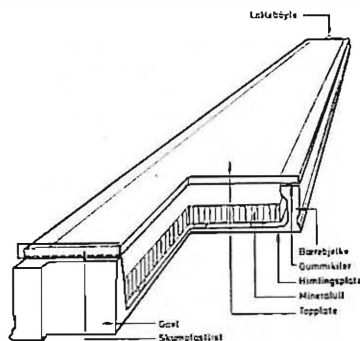


Fig. 7. IB-elementets utforming og inngående konstruksjonsdeler.

elementene inne i veggen. Det er ikke tilstrekkelig med svinriss i fugemørtelen. Ved opplagring på bjelker må det være polyeterlist e.l. i enden på topplokket, som foreskrevet, slik at det ikke oppstår kontakt til bjelke og kassett.

Rørgjennomføringer i bjelkelaget bør unngås eller utføres slik at det ikke oppstår lydlekkasje eller stiv forbindelse mellom topplokk og kassett. Bruken av elementene krever omhyggelig planlegging av bygningen og nøyaktig utførelse for å oppnå et godt resultat. En vegg som plasseres på topplaten midt på et element kan aldri gi høyverdig lydisolasjon sideveis mellom rommene på grunn av flanketransmisjon gjennom golvplaten og sannsynligvis også gjennom himlingsplaten. Sistnevnte kan imidlertid dempes ved å belaste platen med f.eks. sand. Sikreste løsning er selvfølgelig å la fugen mellom elementene stå åpen midt i skillevæggen.

Elementtypen er ennå så ny her i landet at det vil ta noen tid før man skaffer seg den nødvendige erfaring som skal til for en best mulig utnyttelse.

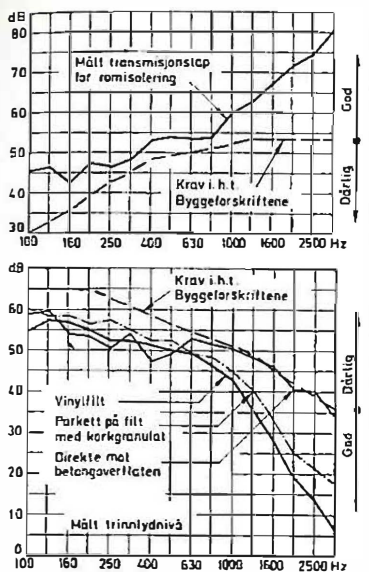
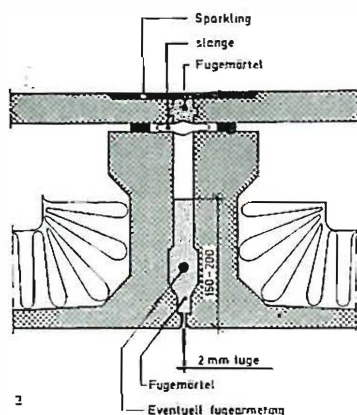
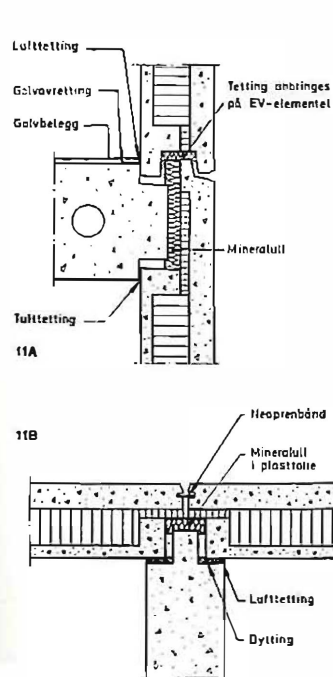


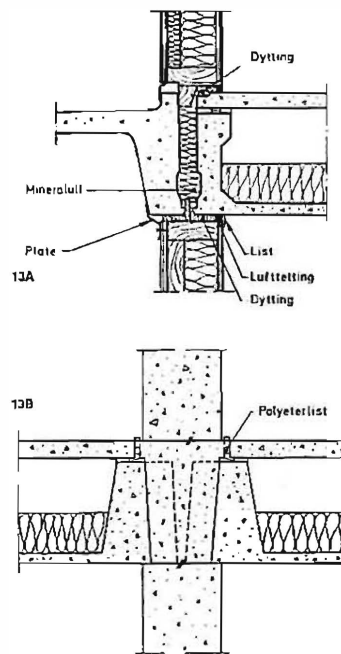
Fig. 8. Kurver for lydisolasjon mellom etasjene ved bruk av IB-elementer.



11A-B EV-veggers vertikale og horisontale fugeutførelser

12 Fuging mellom IB-element. Slangen kan dras ut av fugen når fugemørtelen er herdet

13A-B Eksempel på øvrige tilslutningsdetaljer mellom elementene



Henvisninger:

- NBI Håndbok nr. 9. Lydisolering og litt om akustikk. G. Ø. Jørgen og W. Løchstøer
- NBI Håndbok nr. 21. Praktisk veiledning om lydisolering i bygninger. G. Ø. Jørgen
- NBI Særtrykk 189. Industrialisert boligbygging 3. Frode Færøyvik
- BPA Særtrykk ur Byggmestaren 1. 1969

Fig. 9. Detaljer av tilslutning mellom bjelkelagselement og flankerende konstruksjoner.

Artikkelen er fra Ingeniør-nytt 31 / 1971
Oscarsgt. 28b, Oslo 3

Omslaget trykt i J. Pellitz Boktrykkeri (Rolf Rannem), Oslo