

# **Lydisolasjon i laboratoriet og på byggene**

**Sound insulation in laboratory and in buildings**

**Av arkitekt MNAL GUNNAR Ø. JØRGEN**

**Norges byggforskningsinstitutt**

**NORGES BYGGFORSKNINGSINSTITUTT**



Arkitekt MNAL Gunnar Ø. Jørgen  
Norges byggforskningsinstitutt  
Forskningsveien 3 b  
Oslo 3

UDK 699.844

Bestemmelsene om lydisolasjon i de gamle Byggeforskriftene av 1949 var basert på den enkle regel at skillevegg og gulv mellom leiligheter skulle gis en isolasjon mot luftlyd på 50 decibel. Det var også gitt noen eksempler, blant annet at 1-steins vanlig teglvegg med puss gir 50 dB, og at 15 cm betong med puss gir 51 dB.

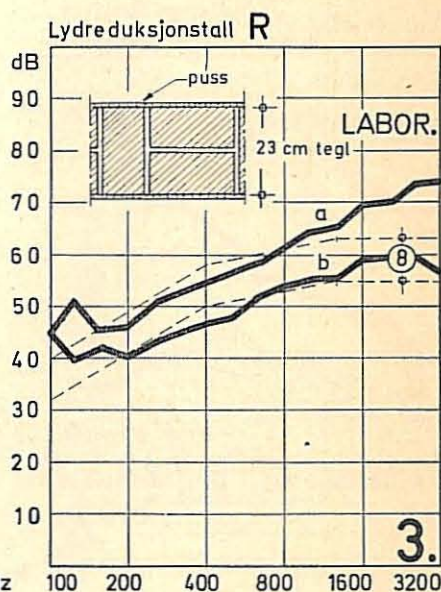
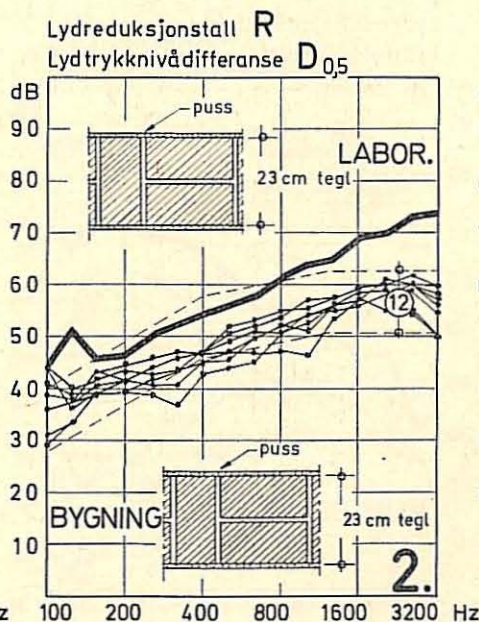
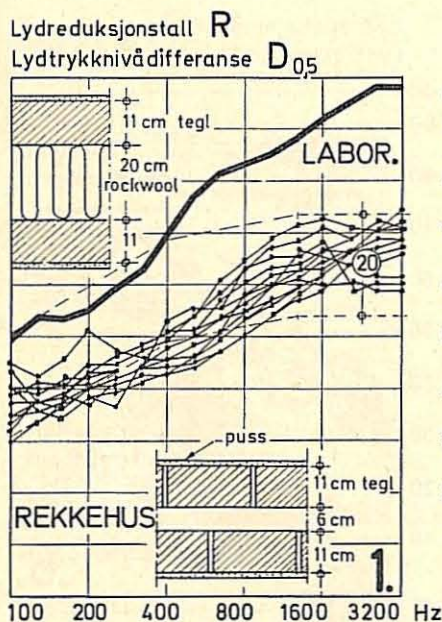
På dette grunnlag kunne man regne med å få en akseptabel lydisolasjon i typiske boligblokker; i årene etter krigen var det fremdeles alminnelig med rå-bygg av tunge massive konstruksjoner, det vil si 1-steins teglvegger, og dekker av 15 cm betong med avrettingsstop. Det som vi nå kaller flanketransmisjon, gjør lite av seg under slike forhold.

Det er tydelig at talleksemlene i forskriftene kom fra slike laboratorier

hvor målebetingelsene kan likestilles med særlig gunstige bygningsmessige vilkår. Dette gjenspeiler seg også i de tyske normene, som antar at resultatene i bygg vil ligge 2 dB lavere enn i laboratorium.

Under ideelle laboratorievilkår kan imidlertid den nevnte betongveggen eller teglveggen meget vel komme opp i 55 å 58 dB. Dette stemmer med nyere franske undersøkelser, som viser at forskjellen er 5 å 7 dB når det gjelder bygninger med vegger og dekker av tung betong.

Men moderne byggemetoder bringer også inn lettere konstruksjoner, for eksempel som fasadevegger eller interne vegger. I tillegg til mange fordeler har disse også den ulempe at de meget vel kan lede lyden fra rom til rom *forbi* den direkte skilleveggen



**Teglsteinveggers lydisolasjon.** Tykk strek angir laboratoriemåling, tynne streker gir resultatet av en del målinger i bygg. Stiplet linje er referansekurve; den øverste korresponderer med den laboratoriemålte kurven, den nederste korresponderer med den laveste av de observerte lydisolasjonskurvene i bygg.

Fig. 1. Dobbel teglsteinvegg i spesialutførelse, 20 cm hulrom fylt med rockwool, er målt i Rockwools Laboratorier, Sverige, og ga en meget høy lydisolasjon, med middel-reduksjonstall  $R_m = 75$  dB. Når dobbelveggen har normal utførelse, med 6 cm hulrom uten mine-

ralull, må den nødvendigvis gi lavere isolasjon. Her er den brukt som skillevegg mellom rekkehus. Resultatene har en variasjonsbredde på ca. 10 dB, mens det dårligste resultat ligger 20 dB lavere enn Rockwool-veggen. (Building Research Station, England. Norges Byggforskningsinstitutt).

Fig. 2. Massiv 1-steins teglvegg målt i Tegelinstrins Ljudlaboratorium, Vallentuna, og samme veggtype i en del etasjeboliger, etter målinger av Lydteknisk Laboratorium, København. Laveste observerte romisolering ligger 12 dB lavere enn laboratorieresultatet.

Fig. 3. Massiv 1-steins teglvegg, pusset på begge sider: a) med flatevekt 430 kg/m<sup>2</sup>, målt i Tegelinstrins Ljudlaboratorium, Vallentuna (Tegel nr. 2, 1966); b) med flatevekt 480 kg/m<sup>2</sup>, målt i Lydteknisk Laboratorium, København (SBI-rapport 39, fig. 146, 1960). Resultatene er innbyrdes motstridende; den tyngste veggen burde gi det beste resultat. Måleresultatene viser at det er ulike flanketransmisjonsforhold i de to laboratorier, eventuelt også at prøveveggenes rand-betingelser har vært forskjellige.

mellom rommene. Dermed vil flanke-transmisjonsproblemet slå ut med full styrke.

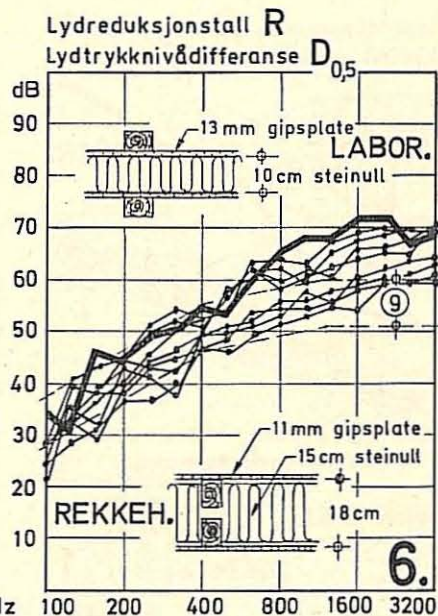
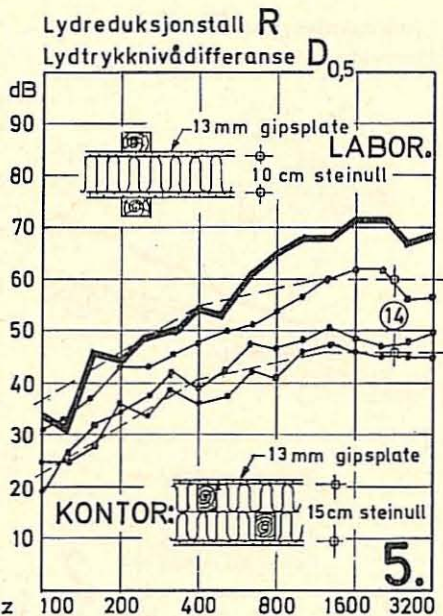
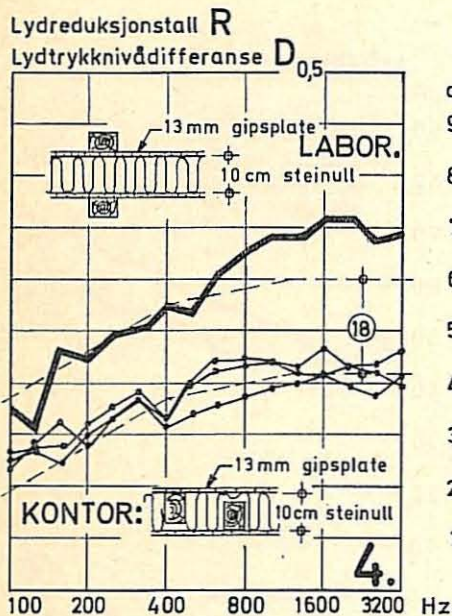
Følgen er at man ikke lenger kan noye seg med å stille krav til de enkelte vegger og dekker som danner skille mellom leiligheter. Byggebestemmelser i alle land, også i de reviderte Byggeforskriftene som snart kommer hos oss, har nå som det primære et krav til romisoleringen, det vil si den effektivt oppnådde luftlydisolasjon mellom leilighetene. Den er et resultat av samspillet mellom alle de elementer som er kombinert og utgjør bygnings-systemet som helhet.

Før trinnlydens vedkommende vil kravet tilsvarende gjelde den trinnstøy som reelt oppstår hos nabo, eller om man vil, den effektivt oppnådde trinn-lydisolasjon fra leilighet til leilighet.

Det blir da ikke lenger så enkelt å planlegge lydisoleringen, å forutsi hvilken effektiv isolasjon som vil bli resultatet i den ferdige bygning. Resultatet vil avhenge av: 1) de lydisolerende egenskapene hos den vegg- eller dekketypen som danner det direkte skille mellom rommene; 2) egenskapene hos de tilstøtende interne vegger og dekker; 3) egenskapene hos den tilstøtende fasadekonstruksjon; 4) forholdet mellom den direkte skilleflatens areal og volumet av det tilstøtende mottagerrom; 5) etterklangstiden i mottagerrommet; 6) lufttett-heten i skjoten mellom skilleflate og flankeelement; 7) uvedkommende lyd-overføring via gjennomgående kanaler, rør o. l.; 8) den håndverksmessige utførelse av konstruksjonene; og der-til når det gjelder trinnlydisolasjon:

9) valg av et hensiktsmessig mykt sjikt under flytende gulv eller gulv-belegg; og for gulvbeleggs vedkom-mende: 10) valg av en limtype som ved herdning ikke får det myke sjiktet til å stivne.

Som figurene viser, vil den effektivt oppnådde lydisolasjon ligge betydelig lavere enn hva skillekonstruksjonen kan gi når den måles under absolutt ideelle forhold, det vil si i et labora-torium hvor ingen flanke-transmisjon og ingen luftlekkasje mellom rom-mene skal være mulig. Forskjellen kan være av størrelsesorden 20 dB eller mer; særlig kan den være stor når lette elementer deltar som hoved- eller flankeelement. Men også luftlekkasjer og kanal-overføring gir ofte store ut-slag, spesielt for lyd av høye frekven-ser, diskanttoner.



**Gipsplateveggers lydisolasjon.** Tykk strek angir laboratoriemåling; tynne streker gir resultatet av en del målinger i bygg. Stiplet linje er referansekurve, den øverste korresponderer med den laboratoriemålte kurven, den nederste korresponderer med den laveste av de observerte lydisolasjonskurvene i bygg.

Fig. 4. En veggtype med dobbelt stolpeverk er målt i Akustisk Laboratorium, Trondheim (rapport LBA 63, 1966). Samme veggtype er også målt i kontorbygg; den håndverksmessige utførelsen var så god som man kan vente å få

den i praksis. Laveste observerte rom-isolering ligger 18 dB lavere enn laboratorieresultatet. Forskjellen skyldes dels flanke-transmisjon, dels de utetthetene som vanligvis forekommer langs veggens kanter når den monteres i bygg. Luftlekkasjene gir særlig stort isolasjons-tap for lyd av høye frekvenser. (Norges Byggeforskningsinstitutt).

Fig. 5. Laboratorieveggen i forrige figur er sammenliknet med en kontorskillevegg som reelt er bedre, fordi den har større plateavstand og tykkere mineralullfylling. Likevel er den oppnådde rom-isolering inntil 14 dB lavere enn labora-

torieresultatet. (Norges Byggeforskningsinstitutt).

Fig. 6. Laboratorieveggen på de to forrige figurer er sammenliknet med en rekkehusvegg som reelt er betydelig bedre, fordi den har større plateavstand og gunstigere flanke-transmisjonsforhold; ved god utførelse er det et minimum av bygningsmessig kontakt mellom de to sider av rekkehusveggen. I beste fall er den oppnådde romisolering på høyde med laboratorieresultatet, i ugunstigste fall er resultatet 9 dB lavere. (Norges Byggeforskningsinstitutt).

Det ser da kanskje ut som en halsløs gjerning å ville profetere om lyd-isoleringen i hvert enkelt tilfelle, når man står overfor et system med 10 variable av mer eller mindre ubestemt karakter. Men vi er tross alt ikke helt uten holdepunkter.

En enkel og primitiv utvei er å se på måleresultatene for et større antall eksemplarer av én og samme konstruksjon i praksis. I figurene er noen få eksempler angitt; og Byggeforskningsinstituttet vil publisere et større utvalg av konsentrerte måledata, samlet fra faglitteraturen og egne målinger.

For å få et holdepunkt kunne man for eksempel si at hvis 75 % av resultatene fra praksis oppfyller normkravet, bør konstruksjonstypen normalt ansees som godkjent. Hvis 50 %

har vært akseptable, må typen bare brukes etter omhyggelig planlegging; flankeelementene må velges med omhu, og utførelsen på plassen kontrolleres fortløpende. Hvis bare 25 % av resultatene fra praksis har tilfredsstillt normkravet, må konstruksjonstypen studeres nøye og forbedringer finnes, hvis den senere skal godkjennes generelt.

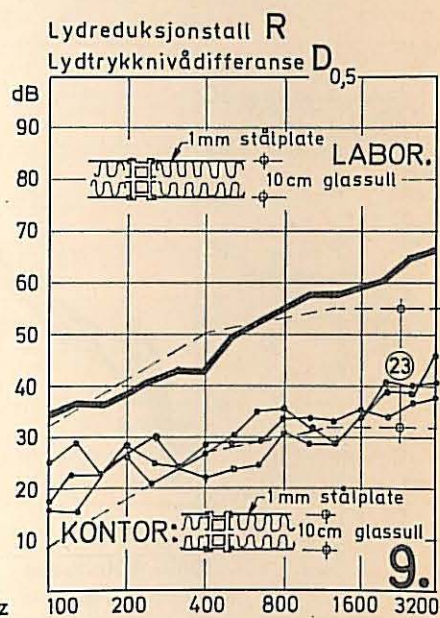
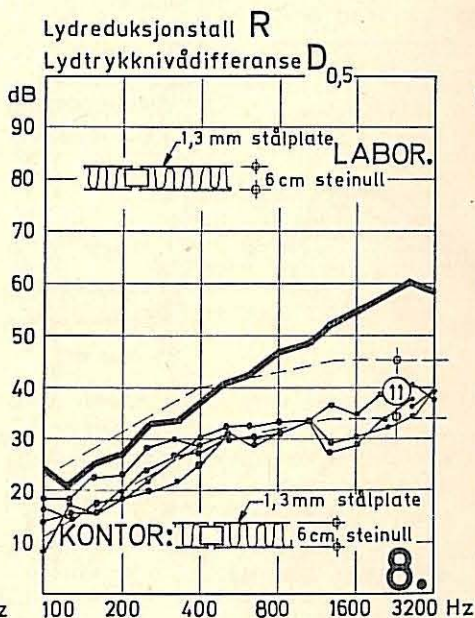
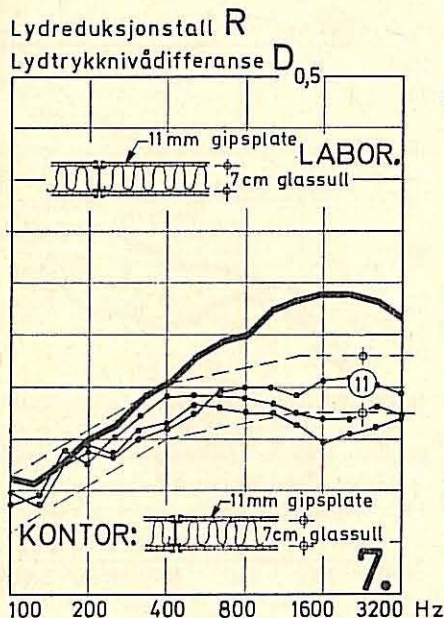
Et nærmere eftersyn av de nevnte 10 bud viser at punktene 4—5 gjelder eksakte egenskaper ved rommene; innflytelsen av dem kan beregnes direkte.

Punktene 1—3 dreier seg om de omgivende vegger og dekker. Innflytelsen av dem er for det første avhengig av deres spesifikke lydisolerende egenskaper, som kan studeres i laboratorium eller ved måling i bygg under gunstige bygningsmessige for-

hold; og den er for det annet avhengig av elementets plass i lydoverføringsveien fra rom til rom.

Den direkte skilleflaten mellom rommene settes i tvungne bøyesvingninger ved påvirkning av luftlydbølgene i senderrommet, og avstråler svakere lydølger i luften på den andre siden, i mottagerrommet. Her har vi som regel den største andel av lydoverføringen mellom rommene.

Men lydnivået i mottagerrommet får også et tilskudd via flankene. Likesom skilleflaten vil også de flankerende vegger og dekker i senderrommet settes i tvungne bøyesvingninger ved påvirkning av luftlydbølgene i senderrommet. Svingningene dempes når de passerer et «knutepunkt» hvor to konstruksjoner støter sammen, fortsetter som fri bøyesvingninger på den andre



**Montasjeveggers lydisolasjon.** Tykk strek angir laboriemåling; tynde streker gir resultatet av en del målinger i bygg. Stiplet linje er referansekurve; den øverste korresponderer med den laboriemålte kurven, den nederste korresponderer med den laveste av de observerte lydisolasjonskurvene i bygg.

**Fig. 7.** Helt identiske gipsplatevegger med enkelt stolpeverk er målt i laboratorium ved Fysisk Institutt, Oslo, og i kontorbygg av Norges Byggeforskningsinstitutt. Laveste observerte romisolering ligger 11 dB lavere enn laborierie-

resultatet. Det er tydeligvis luftlekkasjer av lyd ved høye frekvenser som er årsak til de store isolasjons-tap. Den håndverksmessige utførelsen var så god som man kan vente å få den i praksis, men monteringsystemet gjør det vanskelig å få god tetting mellom gipsplatene og stolpeverket.

**Fig. 8.** Helt identiske stålplatevegger med enkelt stolpeverk er målt av de samme institusjoner som nevnt i forrige figur. I ugunstigste fall er det 11 dB forskjell mellom oppnådd romisolering og laborierieresultat.

**Fig. 9.** Helt identiske stålplatevegger med dobbelt stolpeverk er målt av de samme institusjoner som nevnt i de to foregående figurer. Den oppnådde romisolering ligger 20 à 23 dB lavere enn laborierieresultatet. Sammenlignet med enkelveggen i fig. 8 er isolasjonen litt bedre ved lave frekvenser. Ved høye frekvenser er det imidlertid luftlekkasjene som setter en grense for lydisoleringen. I dette tilfelle har derfor dobbelveggen ikke gitt bedre resultat enn enkelveggen.

siden av knutepunktet, og avstråles som luftlyd i mottagerrommet, med en styrke som avhenger av konstruksjonens strålingsdempning og av størrelsesforholdet mellom flatene i mottagerrommet.

I tillegg til den direkte skilleflaten vil det normalt være 12 flanketransmisjonsveier, og hver av dem gir en lydoverføring av forskjellig styrke for hvert av de normerte frekvensområdene.

En beregning av den samlede lydoverføring kan i prinsippet databehandles. Slike detaljerte beregninger i en bygning med hensyn til alle randvilkår, er dog ennå ikke mulige, og av to grunner. Dels fordi det teoretiske grunnlaget idag ikke tillater en fullstendig teoretisk behandling, dels fordi detaljbehandlingen

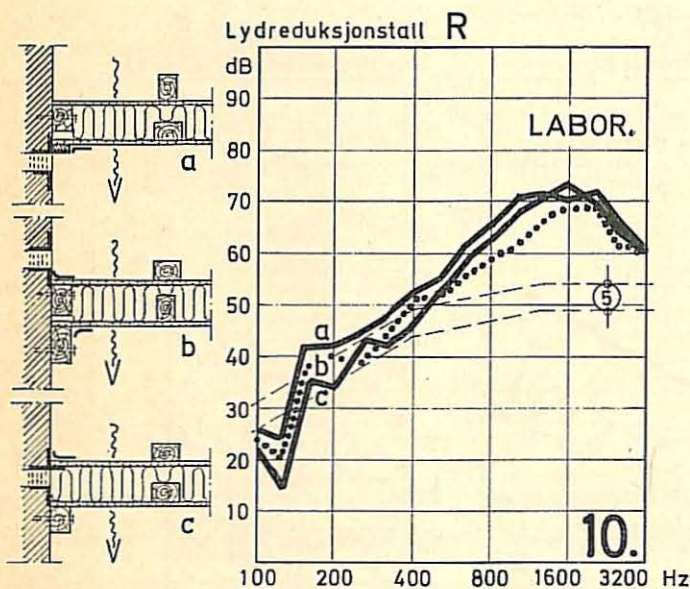
ville være økonomisk ugjennomførlig bortsett fra spesialbygninger (Ingemansson).

Forskjellen mellom den effektivt oppnådde lydisolasjon og det laboratoriemålte lydreduksjonstall for hovedskilleflaten vil ifølge professor Ingemansson være minst 4 dB og kan ofte være mer. Teoretiske studier og laboratorieundersøkelser pågår stadig, og vil utvilsomt med tiden gjøre det mulig for oss i byggefaget å foreta en tilnærmet beregning av den oppnåelige lydisolasjon for varierende konstruksjonskombinasjoner.

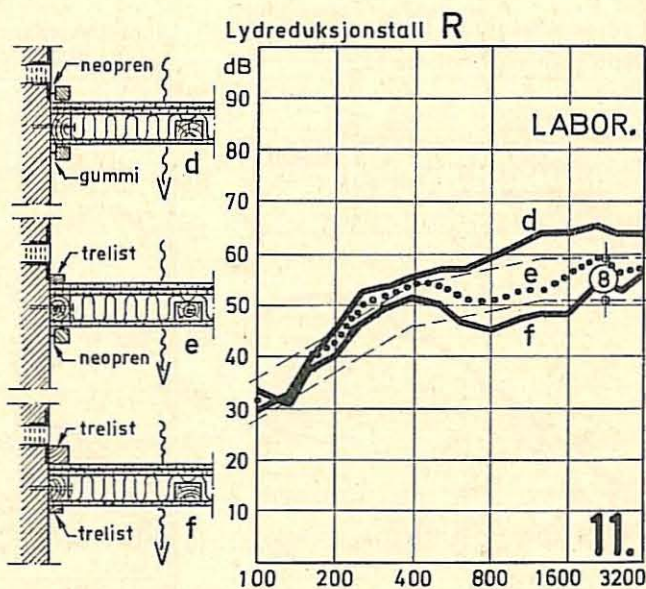
Til slutt gjenstår de ovennevnte punktene 6—10 som gjelder arkitektens og konsulentens planlegging, eller den håndverksmessige utførelsen som entreprenøren er ansvarlig for. Her ligger det en rekke muligheter til å

spolere fullstendig den lydisolasjon som er forutsatt. Når det leilighetsvis kan observeres en forskjell på inntil 20 dB mellom hovedkonstruksjonens laboratorietall og resultatet i bygningen, vil en betydelig del av forskjellen skyldes svikt på den bygningsmessige sektor.

Byggefaget må altså selv være medansvarlig for den lydisolasjon som oppnås i praksis. Man kan ikke ta frem en tabell over lydisolasjonsverdier, og følge pekefingeren nedover inntil man treffer et tall som tilfredsstillende Byggeforskriftenes krav. Vi må forstå hva en bygningsakustisk laboratiemåling innebærer. Resultatet av en slik måling uttrykker eksakt og konsist de teoretiske lydisolasjonsmessige egenskaper hos en konstruksjon, slik de gir seg uttrykk under de ideelle betingelser som skal være til-



**Fig. 10.** Prøveveggen er plassert på forskjellig måte i forhold til den fugen som gir bygningsmessig adskillelse av målerommene: a) prøveveggen er anbragt på senderrom-siden, b) prøveveggen er anbragt på mottagerrom-siden, c) prøveveggen er plassert slik at den dekker over fugen mellom målerommene. Når resultatene vurderes i forhold til de korresponderende referansekurvene, er det 5 dB forskjell mellom beste og dårligste måleresultat.



**Fig. 11.** Tettingen langs prøveveggen kan utføres forskjellig: d) en trelist med to neopren-lister på én veggside, og en trelist med to myke gummilister på den andre veggside; e) en trelist med to neopren-lister på én veggside,

og en trelist uten ekstra tetting på den andre veggside; f) en trelist uten ekstra tetting på hver veggside. Prøveveggen er i alle tilfelle anbragt på mottagerrom-siden i forhold til fugen mellom målerommene. Vurdert i forhold til de korresponderende referansekurvene er det 8 dB forskjell mellom beste og dårligste måleresultat. — Det fremgår således av fig. 10 og fig. 11 at varierende montering av prøveveggen i laboratorium kan influere på måleresultatet slik at forskjellene summerer seg opp til en størrelsesorden ca. 13 dB.

stede i et laboratorium; men disse betingelsene forekommer ikke på noen måte i et bygg.

Teoretiske studier og laboratoriefor- søk i mange land er grunnlaget for de resultater som bygningsakustikken har nådd frem til. Laboratoriemålinger er alltid uunnværlige, for eksempel når det gjelder å studere virkningen av detaljforandringer i en konstruksjon. Men laboratoriefolkene er ennå langt fra å ha kontroll over målebetingelsene i sine laboratorier. Det medfører blant annet at standardkonstruksjonene, så

som en 15 cm betongvegg eller en 1-steins teglvegg, gir resultater som varierer med opp til 8 dB fra labora- torium til laboratorium.

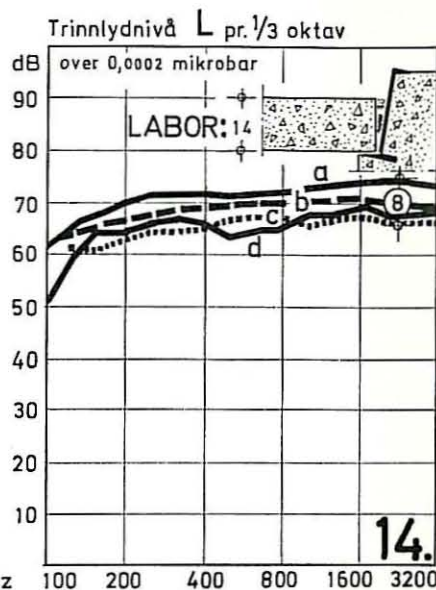
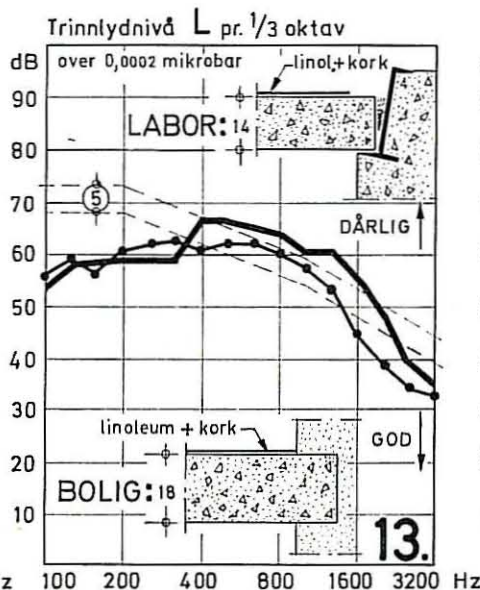
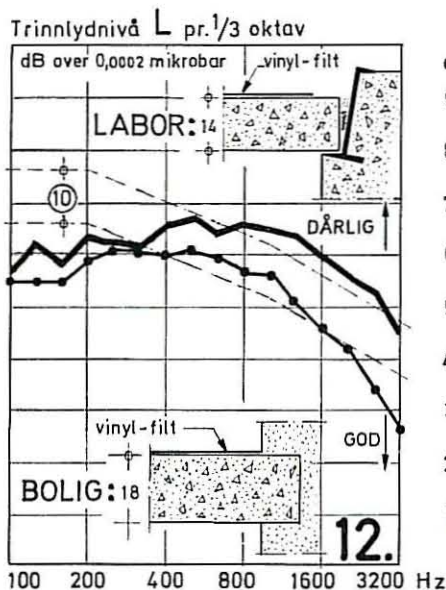
Det er derfor risikabelt for oss i byggefaget å anvende laboratiormå- lingen ukritisk. Ved publisering burde de uttrykkelige øremerkes som sådanne, hvis det da i det hele tatt er på sin plass å distribuere måleresultater av denne art utenfor spesialistenes krets. Formålet med dem er kun å danne grunnlaget for videre forskningsvirk- somhet.

#### Litteratur:

*Josse, R. et Plagnol, R.: Les diffé- rences entre les isolements acoustiques réels et les mesures de laboratoire.* Centre Scientifique et Technique du Bâtiment, Cahier 748, 1967.

*Ingemansson, Stig: Beräkning av ljudisoleringen i en byggnad.* Rapport til Statens Råd för Byggnadsforsk- ning, SBR, 1967.

*Jørgen, G. Ø.: Calculation of sound insulation on the basis of laboratory data.* IV. Budapesti Akusztikai Kon- ferencia, 1967.



**Massivdekkers trinnlydisolasjon.** Tykk strek angir laboratiormåling, tynnere strek gir resultatet når et dekke måles under vanlige bygningsmessige forhold. Stiplede linjer er referansekurver.

**Fig. 12.** Massivdekke med vinyl-filtbelegg er målt i Akustisk Laboratorium, Trondheim. Prøvedekket er innstøpt i en ramme av vinkeljern, og er med mellomlag av porolon opplagt på en avskåret I-bjelke som er innstøpt langs kanten av prøveåpningen. Fugen er dyttet med steinull, og mager mørtel er innstøpt på toppen. Til sammenlikning er undersøkt et dekke under bygningsmessige forhold, innstøpt på vanlig måte i bygningens vegger som er av lettbetong (Norges Byggeforskningsinsti- tut). Gulvbelegget på begge dekker er tatt av samme rull og limt med samme limtype.

Vurdert i forhold til referansekurvene gir laboratordekket 10 dB **dårligere** trinnlydisolasjon enn det faststøpte dek-

ket. Betongplaten er i første tilfelle 4 cm tynnere; det betyr ca. 4 dB lavere trinnlydisolasjon. Resten av differansen, ca. 6 dB, skyldes innspenningsforholdene; i en vanlig bygning vil en større del av trinnlyden i dekket bli overført til nabokonstruksjonene og avdempet ved spredning utover i bygningen.

De to trinnlydkurvene har meget forskjellig form; av laboratoriekurven kan man ikke slutte seg til hvorledes trinnlydkurven i et vanlig bygg vil se ut.

Mens en laboratiormåling alltid gir bedre resultat enn en feltmåling når det gjelder luftlydisolasjon, har vi her for trinnlydens vedkommende det omvendte forhold at laboratiormålingene gir dårligere resultat enn måling i bygg.

**Fig. 13.** De to prøvedekkene er her forsynt med samme sort linoleum-korkbelegg. Vurdert i forhold til referansekurvene gir laboratordekket 5 dB **dårligere** trinnlydisolasjon enn det fast-

støpte dekket. Under hensyn til forskjellen i dekketykkelse er resultatene likeverdige; men de to trinnlydkurvene har også her helt forskjellig form.

**Fig. 14.** Trinnlydkurver for et 14 cm standard rå-dekke, observert i fire forskjellige laboratorier: a) Gösele, Institut für technische Physik, Stuttgart (Schallschutz von Bauteilen, 1960), b) Gösele, Institut für technische Physik, Stuttgart (Messergebnisse, November 1957). c) Ingerslev, Lydteknisk Laboratorium, København (SBI-rapport 39, fig. 40, 1960). d) Krokstad, Akustisk Laboratorium, Trondheim (Rapport LBA 53, 1966).

Kurvene er stort sett parallelle; men de observerte trinnlydnivåene varierer med ca. 8 dB. Forskjellen skyldes bl. a. at laboratorienes flanketransmisjonsforhold er forskjellige, at opplagringen i prøveåpningen gir forskjellig overføring av strukturlyd, og at prøvedekkene ikke har nøyaktig samme overflatehardhet i alle tilfelle.

