

SBI-publ.

DK 534-835



TRINLYD I BEBOELSESEJENDOMME

IMPACT SOUND IN DWELLINGS

WITH AN ENGLISH SUMMARY

FRITZ INGERSLEV og V. E. B. RANFELT

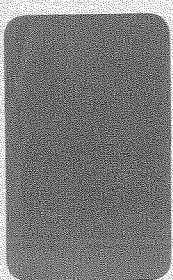
AKADEMIET FOR DE TEKNISKE VIDENSKABER

LYDTEKNISK LABORATORIUM

Bibliotekseksemplar 2

STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT RAPPORT NR. 8

I KOMMISSION HOS TEKNISK FORLAG KØBENHAVN 1952



STATENS
BYGGEFORSKNINGSINSTITUT

(Borgergade 20, København K, Tlf. Pale 9555)

er en selvstændig institution, der ledes af en bestyrelse udpeget af boligministeren,

er oprettet ved lov nr. 123 af 19. marts 1947.

har til opgave »— at følge, fremme og samordne teknisk, økonomisk og anden undersøgelses- og forskningsvirksomhed, som kan bidrage til en forbedring og billiggørelse af byggeriet, samt at udføre oplysningsvirksomhed angående byggeforskningens resultater.«

PUBLIKATIONER

Rapporter

er de originale, komplette beretninger om selvstændige forskningsarbejder, som udføres for eller af Institutet.

Nr. 1: *Økonomisk varmeisolering*, Poul Becher, 1949, 61 s. A₄, Kr. 7.—, 2. udgave 1950.

Nr. 2: *Gymnastiksalenes akustik*, Poul Becher, 1950, 2 s. A₄, Kr. 1.—.

Nr. 3: *The Non-Destructive Testing of Concrete with Special Reference to the Wave Velocity Method*, Johs. Andersen, Poul Nerenst and Niels M. Plum, 1950, 80 s. A₄, (Udsolgt).

Nr. 4: *Testing of 11 Danish Concrete Mixers*, Johs. Andersen, Per Bredsdorff, Niels H. Krarup, K. Malmstedt-Andersen, Poul Nerenst and Niels M. Plum, 1951, A₄, Kr. 25.—.

Nr. 5: *Sammenlignende undersøgelse af træ- og stålstilladser til husbygning*, Niels H. Krarup, 1951, 44 s. A₄, Kr. 25.—.

Nr. 6: *Vinterbyggeri, forsøg afholdt af Statens Byggeforskningsinstitut i årene 1947—50*, Niels M. Plum, 1951, 108 s. A₄, Kr. 5.—.

Nr. 7: *Dæk og huse*, Niels M. Plum, 1. del: Tekst, 2. del: Figurer, 1952, A₄, Kr. 20.—.

Nr. 8: *Trinlyd i beboelsejendomme*, Fritz Ingerslev og V.E.B. Ranfelt, 1952, 39 s. A₄, Kr. 6,50.

Studier

er en blandet publikationsrække, der spænder fra litteraturgengivelser og diskussioner til forskningsprogrammer, foreløbige beretninger o. lign.

Nr. 1: *Byggemodul, begrebets indhold og problemer i forbindelse med dets indførelse*, Mogens Voltelen, 1949, 30 s. A₄, Kr. 2.—.

Nr. 2: *Forslag til undersøgelser og forskningsopgaver indenfor boligbyggeriet*, 1949, 67 s. A₄, (Udsolgt).

Nr. 3: *The Predetermination of Water Requirement and Optimum Grading of Concrete under Various Conditions*, Niels M. Plum, 1950, 96 s. A₄, Kr. 15.—.

Nr. 4: *Om visse grundprincipper vedrørende prøvning af byggematerialer, med særligt henblik på betonprøvningen*, Niels M. Plum, 1950, 24 s. A₄, (Udsolgt).

Nr. 5: *Hvordan udføres en tør kelder?*, Niels R. Steensen, 1950, 15 s. A₄, (Udsolgt).

Nr. 6: *Skorstene for småhuse*, Poul Becher, 1951, 45 s. A₄, Kr. 15.—.

Anvisninger

er praktiske vejledninger, beregnet på direkte brug i det daglige arbejde ved projektering, fabrikation eller byggeri. De kan være udfærdiget dels på grundlag af Institutets egne arbejder, dels ud fra andres undersøgelser fra ind- eller udland. De søges tilpasset efter de stedlige og aktuelle forhold og holdt i en ikke-videnskabelig udtryksform, tilgængelig for de pågældende faglige kredse.

Nr. 1: *Byg hele året*, foreløbig vejledning i overvinding af byggeriets sæsonhindringer, 1948, 117 s. A₅, (Udsolgt).

Nr. 2: *Foreløbig vejledning i betonstøbning om vinteren*, udarbejdet af Dansk Ingeniørforenings arbejdsgruppe for beton og jernbeton, 1948, 83 s. A₅, Kr. 4.—.

THE DANISH NATIONAL INSTITUTE
OF BUILDING RESEARCH

(20 Borgergade, Copenhagen K, Denmark)

is an independent institution supervised by an executive board appointed by the Minister of Housing,

established under Act No. 123 of March 19th, 1947.

The Task of the Institute is »— to follow, promote and coordinate technical, economic, and other examination and research work which may contribute to an improvement and cheapening of building, and to disseminate the results of the building research«.

PUBLICATIONS

Reports

are the original complete reports on research made by or on behalf of the Institute.

No. 1: *Economical Heat Insulation*, Poul Becher (Danish text with an English Summary), 1949, 61 p. Size A₄, Kr. 7.—, 2. edition 1950.

No. 2: *Acoustics of Gymnasias*, Poul Becher (Danish text with a brief English Summary), 1950, 2 p. Size A₄, Kr. 1.—.

No. 3: *The Non-Destructive Testing of Concrete with Special Reference to the Wave Velocity Method*, Johs. Andersen, Poul Nerenst and Niels M. Plum, (In English), 1950, 80 p. Size A₄, (Out of print).

No. 4: *Testing of 11 Danish Concrete Mixers*, Johs. Andersen, Per Bredsdorff, Niels H. Krarup, K. Malmstedt-Andersen, Poul Nerenst and Niels M. Plum, (In English), 1951, Size A₄, Kr. 25.—.

No. 5: *Wooden and Steel Scaffolding for Building Construction*, Niels H. Krarup, (Danish text with an English Summary), 1951, 44 p. Size A₄, Kr. 25.—.

No. 6: *Winter Construction, Experiments made by the Danish National Institute of Building Research in 1947—50*, Niels M. Plum (Danish text with an English Summary), 1951, 108 p. Size A₄, Kr. 5.—.

No. 7: *Floor Constructions and Houses*, Niels M. Plum (Danish text with an English Summary), Part One: Text, Part Two: Figures, 1952, Size A₄, Kr. 20.—.

No. 8: *Impact Sound in Dwellings*, Fritz Ingerslev and V.E.B. Ranfelt (Danish text with an English Summary), 1952, 39 p. Size A₄, Kr. 6,50.

Studies

comprise miscellaneous publications, ranging from bibliographies, renderings of literature to discussions and research programmes, preliminary reports etc.

No. 1: *Modular Coordination with a view to the Building Industry*, Mogens Voltelen (Danish text with a brief English Summary), 1949, 30 p. Size A₄, Kr. 2.—.

No. 2: *Proposals for Investigations and Research within the Housing Field* (Danish text), 1949, 67 p. Size A₄, (Out of print).

No. 3: *The Predetermination of Water Requirement and Optimum Grading of Concrete under Various Conditions*, Niels M. Plum (In English), 1950, 96 p. Size A₄, Kr. 15.—.

No. 4: *On Certain Fundamental Principles Regarding the Testing of Materials, with Special Reference to the Testing of Concrete*, Niels M. Plum (Danish text), 1950, 24 p. Size A₄, (Out of print).

No. 5: *Design and Construction of Dry Basements*, Niels R. Steensen (Danish text), 1950, 15 p. Size A₄, (Out of print).

No. 6: *Domestic Chimneys*, Poul Becher, (Danish text with an English summary), 1951, 45 p. Size A₄, Kr. 15.—.

Directions

are instructions intended for use in common practice when designing, manufacturing or building. They may be based on research made within the Institute or on other domestic or foreign investigations. It is attempted to adapt the directions to local and topical conditions, and they are written in a non-scientific language. *Danish text only if nothing else stated.*

No. 1: *Build All the Year Round*, a preliminary guide on the remedying of seasonal hindrances to building activities, 1948, 117 p. Size A₅, (Out of print).

No. 2: *Tentative Recommendations for Winter Concreting Methods*, reported by the Concrete and Reinforced Concrete Sect. of the D. Inst. of C. E. (Danish text—Separate English Summary), 1948, 83+16 p. Size A₅, Kr. 4.—.

DK 534.835

Bibliotekseksemplar

00845P

TRINLYD I BEBOELSESEJENDOMME

IMPACT SOUND IN DWELLINGS

With an English Summary

FRITZ INGERSLEV og V.E.B. RANFELT
Lektor, civilingeniør civilingeniør

Akademiet for de tekniske Videnskaber
Lydteknisk Laboratorium

STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT RAPPORT NR. 8.

I kommission hos TEKNISK FORLAG København 1952

INDHOLDSFORTEGNELSE.

	side
Forord	3
1. Indledning	4
2. Måling af luftlyd	7
3. Målemetoder ved måling i bygninger	8
Den internationale målemetode	8
Den danske målemetode	9
Den svenske målemetode	10
4. Laboratoriemålinger	11
5. Betragtninger vedrørende de fundne resultaters nøjagtighed	13
6. Generelle synspunkter ved valg af etageadskillelse	16
7. Det korrigerede trinlydniveau under støbte etageadskillel-	
lelser	18
8. Det korrigerede trinlydniveau under træetageadskillelser .	22
9. Lydbroer hidrørende fra fodpaneler og installationsrør ...	24
10. Gulvbelastningens indflydelse på det korrigerede trinlyd-	
niveau	25
11. Trinlydens udbredelse til fjernere liggende rum	26
12. Eventuelle krav med hensyn til trinlydniveau ved bolig-	
byggeri	27
Appendix A Sammenligning mellem måleresultater fundet med	
bankemaskine og med fodtrin	28
" B Bemærkninger angående reference-absorptionen ved	
målinger i beboelsesejendomme	29
" C Betydning af materialet på slagfladen af bankema-	
skinens hamre	30
" D Den svenske målemetode	31
" E De målte middelværdier af det korrigerede trinlyd-	
niveau under forskellige etageadskillelser	32
Tabel I	33
Tabel II	35
English summary	38

FORORD.

Nærværende afhandling er en samlet fremstilling af resultaterne af en række undersøgelser, der er udført på Lydteknisk Laboratorium, og som har haft til formål at fremskaffe oplysninger, der muliggør bestemmelse af en etageadskillelses kvalitet, for så vidt denne kvalitet er bestemt ved styrken af luftlyden, der frembringes i værelset under etageadskillelsen, når man færdes på etageadskillelsen.

Arbejdet påbegyndtes omkring 1942 og drejede sig i de første år om udarbejdelse af en målemetode, der var anvendelig ved målinger på etageadskillelser. I 1946 offentliggjordes en artikel herom i "Ingeniøren" (p. B 129-138. Fritz Ingerslev, A. Kjerbye Nielsen og Sv. Falck Larsen: Måling af svømmende gulves trinstøjsdæmpning) og en tilsvarende artikel fandtes i 1947 i "Journal of Acoustical Society of America".

Efter afslutningen af den 2. verdenskrig blev spørgsmålet om udarbejdelse af en målemetode taget op på international basis, og dette arbejde resulterede i et forslag til international norm, der på de fleste punkter stemmer overens med de fra dansk side fremsatte synspunkter. Det internationale normforslag findes offentliggjort i "Report of the 1948 Summer Symposium of the Acoustics Group", London 1949. Hermed var man nået så vidt, at målemetoden var fastlagt.

Indtil 1948 havde Lydteknisk Laboratorium hovedsagelig udført målinger i laboratoriet, men havde selvfølgelig det naturlige ønske at udvide sit arbejdsfelt fra at omfatte laboratoriemæssige målinger til også at omfatte målinger i bygninger. Efter oprettelsen af Statens Byggeforskningsinstitut søgte Lydteknisk Laboratorium instituttet om økonomisk støtte til udførelse af målinger i bygninger samt til udarbejdelse af nærværende afhandling. Lydteknisk Laboratorium vil hermed gerne takke Statens Byggeforskningsinstitut for den ydede støtte og den forståelse af laboratoriets arbejde, som denne støtte giver udtryk for.

Laboratoriet vil ligeledes gerne takke den lange række af boligselskaber, bygherrer, arkitekter, rådgivende ingeniører og ikke mindst beboere af de lejligheder, i hvilke målingerne blev udført, for den uvurderlige hjælp, der er ydet laboratoriet ved forsøgenes gennemførelse. En særlig tak skyldes laboratoriet civilingeniør Erik Thyreon, Malmø Byggmestares Gømensamma Byggnadsaktiebolag, der har tilrettelagt en række målinger på etageadskillelser i Malmø.

København i november 1951.

Forfatterne.

1. INDLEDNING.

Der opstår lydbølger i et elastisk medium, når der af en eller anden årsag optræder ændringer i tilstanden i et punkt af mediet.

Der frembringes således f. eks. lydbølger - luftlyd - i et luftformigt medium, når et fast legeme, der befinder sig i det luftformige medium, sættes i mekaniske svingninger. Som typiske eksempler på luftlydgeneratorer af denne art kan anføres stemmebånd, højttalere og en række musikinstrumenter. Luftlyd opfattes normalt gennem øret ved overførsel af trommehindens korresponderende svingninger til det indre øre.

Der frembringes lydbølger - bygningslyd - i et fast medium, når det udsættes for mekanisk påvirkning. Som typiske eksempler på bygningslydgeneratorer af denne art kan anføres: et fodslag på en etageadskillelse, en uafbalanceret maskine boltet til et bygningsselement og en smækkende dør. Bygningslyd opfattes enten direkte gennem nerveimpulser udsendt fra trykpunkterne på den del af hudoverfladen, der er i berøring med den svingende bygningsdel, eller af øret gennem den luftlyd, der opstår hidrørende fra den svingende bygningsdel.

Ordet bygningslyd benyttes ofte i mere indskrænket betydning, nemlig kun om de svingninger i det faste medium, der opfattes via luftlyd, medens de øvrige hovedsagelig lavfrekvente svingninger, der opfattes via nerveimpulser fra trykpunkterne, kaldes bygningsrystelser.

I dette arbejde skal der redegøres for en af de mange former for bygningslyd, man møder i det daglige liv, nemlig den bygningslyd, der opstår ved slagpåvirkning af et bygningsselement, i almindelighed en etageadskillelse, og der skal kun ses på en enkelt egenskab ved bygningslyden, nemlig den der giver sig udtryk i form af den af bygningslyden frembragte luftlyd. Gennem undersøgelser af en række forskellige konstruktioner skal det søges klarlagt, hvorledes man skal konstruere en etageadskillelse for at opnå, at den bygningslyd, der frembringes ved færdsel på en etageadskillelse eller ved anden påvirkning af lignende slagmæssig karakter som f. eks. tab af genstande eller skubben af møbler, ikke frembringer en luftlyd i andre rum i bygningen af en sådan styrke, at lyden kan virke generende for beboerne. Opgaven vil blive løst på empirisk basis, idet den vanskeligt lader sig behandle teoretisk. Dette medfører, at det ofte bliver vanskeligt at komme til mere almene love og retningslinier, men det har på den anden side den fordel, at de fundne resultater svarer til rent praktiske forhold og ikke er begrænset af den ofte uoverskuelige rækkevidde af de for en teoretisk behandling nødvendige idealiserende forudsætninger.

For at simplificere opgaven yderligere er den begrænset til at omhandle almindelige beboelsesejendomme. Herved indskrænkes antallet af de

typer af etageadskillelser, der skal undersøges, ligesom de krav, man må stille, bliver mere afgrænsede. Af betydning er det også, at man derigennem kan nøjes med i hovedsagen at arbejde med rumstørrelser fra ca. 30 til ca. 70 m³.

Når der frembringes bygningslyd i en etageadskillelse, f. eks. på grund af færdsel på denne, vil bygningslyden, d.v.s. svingningerne, ikke alene være begrænset til denne, men vil forplante sig til alle de tilstødende bygningselementer. Luftlyden, der frembringes i de forskellige rum i bygningen, vil derfor hidrøre fra svingningerne af samtlige begrænsningsflader for de enkelte rum.

Normalt vil man hovedsagelig være interesseret i luftlyden, der frembringes af bygningslyden i værelset umiddelbart under det sted, hvor etageadskillelsen påvirkes, idet dette rum sædvanligvis vil have den kraftigste støj hidrørende fra påvirkningen, men i enkelte tilfælde vil man dog også interessere sig for lyden frembragt i fjernereliggende rum. I rummet umiddelbart under vil det som regel være etageadskillelsen, der giver hovedbidraget til lyden, således at der er en vis rimelighed i at tale om etageadskillelsens kvalitet som sådan og ikke om kvaliteten af hele bygningskonstruktionen som een enhed. Der vil derfor også i det følgende i stor udstrækning for simpelheds skyld blive talt om en etageadskillelse som sådan og ikke om en hel bygningskonstruktion; dette må dog ikke medføre, at man undlader at holde sig klart for øje, at den fuldstændige beskrivelse af en etageadskillelses egenskaber kræver, at den bygningskonstruktion, i hvilken etageadskillelsen indgår, er fuldkommen defineret.

Ved en vurdering af etageadskillelsers kvalitet ville det rent umiddelbart forekomme mest naturligt at karakterisere en etageadskillelses kvalitet ved styrken af den lyd, der opstår ved almindelig færdsel på etageadskillelsen. Det viser sig imidlertid i praksis at være umuligt at løse opgaven på denne måde. Da en god etageadskillelse netop kendetegnes ved en meget lav styrke af lyden hidrørende fra færdsel, vil man møde store vanskeligheder i retning af at fremstille tilstrækkeligt følsomme måleinstrumenter, ligesom man i praksis under målingen meget let vil blive generet af uvedkommende støj. Når dertil kommer, at trinlydens styrke afhænger dels af personen, der færdes på etageadskillelsen, dels af det fodtøj han benytter, og at lydets styrke som tidsfunktion varierer ret meget på grund af den relativt lange pause mellem to på hinanden følgende fodslag, bliver det nødvendigt at gå andre veje for at få et mål for etageadskillelsers kvalitet.

Man har internationalt standardiseret en bankemaskine, der lader nogle tunge hamre falde på etageadskillelsen ret hurtigt efter hinanden på en nærmere fastlagt måde. Derved frembringes i etageadskillelsen og dermed i hele bygningskonstruktionen en kraftig bygningslyd, der i rummet under etageadskillelsen frembringer en luftlyd, der er tilstrækkelig kraftig til, at den forholdsvis let lader sig måle. Styrken af den lyd, som den standardiserede bankemaskine frembringer i rummet under etageadskillelsen, benyttes - efter passende korrektion - som et mål for etageadskillelsens kvalitet. Styrken af lyden i fjernereliggende rum benyttes som mål for, hvor dan bygningslyden transmitteres ud i bygningen.

I det følgende vil den af den standardiserede bankemaskine frembragte luftlyd i rummet under etageadskillelsen i overensstemmelse med den gængse sprogbrug blive betegnet trinlyden. Begreber som "trinlydniveauet pr. 1/3 oktav", "middeltrinlydniveauet", "det korrigerede trinlydniveau pr. 1/3 oktav" og "det korrigerede middeltrinlydniveau" vil blive defineret nærmere.

Det kan diskuteres, om den her skitserede og i praksis benyttede metode giver en tilfredsstillende efterligning af de virkelige forhold, men det er dog givet, at en standardiseret målemetode vil medføre, at det kaos, der i lang tid har hersket på dette område, vil forsvinde, således at det bliver muligt direkte at sammenligne resultater fundet på forskellige konstruktioner og af forskellige laboratorier. Herudover skal det bemærkes, at der er en god korrelation mellem de resultater, der er fundet ved anvendelse af denne metode, og de subjektive erfaringer med hensyn til kvaliteten af etageadskillelser. Yderligere bekræfter forsøg, at man i store træk får samme objektive resultat ved anvendelse af bankemaskine og almindelige fodtrin, se nærmere i appendix A.

For en ordens skyld skal det udtrykkelig bemærkes, at når der tales om luftlyd frembragt af bygningslyd hidrørende fra bankemaskinen, er der i denne forbindelse altid kun tale om luftlyden under etageadskillelsen og i fjernere liggende lokaler og aldrig om luftlyden i selve det lokale, hvor bankemaskinen er anbragt. Det er værd at bemærke dette, dels fordi der hersker en del misforståelse desangående, dels fordi forholdene i rummet, hvor bankemaskinen befinder sig, er mere komplicerede. Det er endda således, at en foranstaltning truffet med det formål at reducere luftlyden under en etageadskillelse kan medføre, at luftlyden i rummet, hvor bankemaskinen er, stiger; dette gælder f. eks. ofte, når man på en støbt etageadskillelse udlægger et tregulv på strøer på brikker af et blødt materiale.

Denne indledning skal ikke afsluttes, uden at det udtrykkelig bemærkes, at dette arbejde kun tager sigte på en klarlæggelse af trinlydens styrke og udbredelse i bygninger, medens det overhovedet ikke tager stilling til det lige så vigtige problem luftlydisolation af bygningsselementerne, specielt etageadskillelserne. Det vil være nødvendigt også at behandle luftlydisolationsproblemet, inden man endeligt kan fastsætte hvilke etageadskillelseskonstruktioner, der kan godkendes som akustisk tilfredsstillende.

2. MÅLING AF LUFTLYD.

Som omtalt i indledningen måles en etageadskillelses kvalitet ved styrken af den i rummet under etageadskillelsen frembragte luftlyd hidrørende fra bygningslyden, som frembringes af en standardiseret bankemaskine, der er anbragt på etageadskillelsen. Styrken af luftlyden måles med en såkaldt lydtrykmåler. Lydtrykket af luftlyden måles i μbar , hvor 1 μbar er lig med ca. en milliontedel af en atmosfære. Ofte angives lydtrykket ikke direkte i μbar , men man angiver - i logaritmisk målestok - hvor mange gange kraftigere lydtrykket er end et fastlagt referencelydtryk på $2 \cdot 10^{-4} \mu\text{bar}$. Er lydtrykket $p \mu\text{bar}$, definerer man lydtrykniveauet i decibel - dB - som

$$20 \log \frac{p}{2 \cdot 10^{-4}} \text{ decibel.}$$

Lydtrykniveauet i decibel af en lyd giver langt fra et udtømmende mål for lyden, og dette er specielt tilfældet, såfremt den falder ind under begrebet støj, der er kendetegnet ved at være ikke periodiske lyde, der som tidsfunktion varierer på en mere eller mindre tilfældig måde. Ønsker man at have mulighed for at bedømme, hvilken gene lyden kan forvolde, er det nødvendigt at foretage en analyse af lydens statistiske sammensætning i frekvensmæssig henseende. En sådan analyse foretages i almindelighed lettest ved at opdele tonefrekvensområdet i et vist antal delområder og undersøge, hvor kraftig lydets styrke er inden for hvert enkelt delområde. Gøres bredden af delområderne rimelig stor, vil styrken indenfor de enkelte delområder være nogenlunde konstant med tiden, såfremt støjen er nogenlunde stationær. Opdelingen af tonefrekvensområdet foretages elektrisk ved hjælp af en række båndfiltre, der hver tillader et vist frekvensområde at passere. Man får en passende analyse af lyden, såfremt man benytter en båndbredde på 1/3 oktav for hver af filtrene. Til dækning af frekvensområdet ca. 50 - ca. 14000 Hz kræves ialt 24 filtre. Middelfrekvenserne for filtrene er 64, 80, 100, 125, 160, 200, 250, 320, 400, 500, 640, 800, 1000, 1250, 1600, 2000, 2500, 3200, 4000, 5000, 6400, 8000, 10000 og 12500 Hz. Analysen kan i praksis f. eks. gennemføres ved, at ovennævnte filtre succesivt kobles til den beskrevne lydtrykmåler. Fig. 1 viser en analyse af luftlyden under en støbt etageadskillelse, på hvilken den standardiserede bankemaskine var anbragt. Ud ad ordinaten er afsat lydtrykniveauet i dB pr. 1/3 oktav og ud ad abscissen middelfrekvenserne for frekvensområderne med 1/3 oktavs båndbredde. En sådan kurve kaldes lydets frekvensspektrum.

3. MÅLEMETODER VED MÅLINGER I BYGNINGER.

Den internationale målemetode.

På et møde i København i februar 1949 blev der vedtaget et internationalt forslag til norm for måling af luftlydisolation og trinlydniveau. Hovedtrækkene i forslaget til fremgangsmåden ved måling af trinlydniveau er følgende:

Der benyttes en bankemaskine med fem hamre anbragt på en ret linie med konstant afstand mellem nabohamre og med en afstand på ca. 40 cm mellem de to yderste hamre. Bankemaskinen skal give 10 slag ($\pm 2 \frac{1}{2} \%$) per sekund. Den fri faldhøjde for hamrene skal være 4 cm ($\pm 2 \frac{1}{2} \%$ på et plant gulv). Hammerhovederne, der rammer gulvet, skal være af messing og skal have en diameter af 3 cm. Overfladen af hammerhovederne skal være sfærisk og have en radius af ca. 50 cm. Drivmekanismen skal konstrueres således, at hamrene løftes op fra gulvet ca. 0,05 sekund efter, at de er faldet de 4 cm. Fig. 2 er en skitse af en bankemaskine, der opfylder disse krav, og hvor hamrene hæves successivt af en aksel, på hvilken der er monteret en kamskive for hver hammer.

Etageadskillelsens, eller mere generelt bygningskonstruktionens, egenskab til at frembringe lyd ved slagpåvirkning, skal karakteriseres ved frekvensspektret pr. oktav af lydtrykket målt i decibel over $2 \cdot 10^{-4}$ μ bar - gerne kaldet trinlydniveauet T - i rummet under etageadskillelsen. Trinlydniveauet i decibel inden for et frekvensbånd er defineret som

$$T = 10 \log_{10} \frac{p_1^2 + p_2^2 + \dots + p_n^2}{n p_0^2}, \quad (1)$$

hvor p_1, p_2, \dots, p_n er lydtrykkene målt i n forskellige punkter i rummet og p_0 er referencelydtrykket $2 \cdot 10^{-4}$ μ bar.

Det korrigerede trinlydniveau T_{kor} , inden for et frekvensbånd er defineret som

$$T_{kor} = T - 10 \log_{10} \frac{A_0}{A}, \quad (2)$$

hvor T er givet ved (1), A er den målte absorptionsevne i rummet inden for frekvensbåndet og A_0 reference-absorptionen.

For beboelsesejendomme skal A_0 svare til en efterklangstid på 0,5 sekund uafhængig af rummets størrelse. Det korrigerede trinlydniveau, der i dette tilfælde betegnes med $T_{0,5}$, er givet ved

$$T_{0,5} = T - 10 \log_{10} \left(\frac{t}{0,5} \right), \quad (3)$$

hvor t er den målte efterklangstid i rummet inden for frekvensbåndet. Grunden til, at man har valgt A_0 svarende til 0,5 sekund, er, at efterklangstiden i et normalt møbleret beboelsesrum ligger omkring 0,5 sekund uafhængigt af rummets størrelse, således at $T_{0,5}$ svarer til det niveau, man får under virkelige forhold, når bankemaskinen placeres på etageadskillelsen. I appendix B findes en fyldigere diskussion af problemet: valg af A_0 .

T og $T_{0,5}$ skal måles fra 50 Hz og så højt op i frekvensområdet som praktisk gennemførligt.

Den danske målemetode.

Den danske målemetode er udarbejdet adskillige år før den internationale, men stemmer i hovedtrækkene overens med denne. Nogle få afvigelser skal nævnes.

Den her i landet hidtil anvendte bankemaskine er fremstillet i overensstemmelse med den tidligere tyske norm DIN 4110 og i en udførelsesform, der i hovedsagen er sammenfaldende med formen for den bankemaskine, der i sin tid anvendtes på Heinrich Hertz Institutet i Berlin. Den væsentligste forskel mellem denne bankemaskine og den nu internationalt normerede er, at hamrene er anbragt på en cirkelbue i stedet for på en ret linie, og at hammerhovederne har en bøgetræsslagflade i stedet for en messingslagflade. Den førstnævnte forskel må antages at være uden væsentlig betydning, medens den sidstnævnte giver anledning til en mindre forskel i måleresultaterne, jfr. appendix C. Der er skiftet til messingslagflade fra omkring midten af 1950.

Da det ved målinger i ejendomme næsten altid kræves, at gulvene ikke under nogen omstændighed må lide overlast, har det været nødvendigt at anbringe et tyndt papir under bankemaskinen. Dette giver ligeledes en mindre, men sandsynligvis uvæsentlig afvigelse fra normerne.

Ved den danske målemetode benyttes ikke frekvensbånd med en båndbredde på een oktav, men derimod $1/3$ oktav, idet dette har været benyttet gennem mange år før den internationale målemetode blev udarbejdet. Da talverdierne, der findes, på afgørende måde afhænger af båndbredden, har man ikke på nuværende tidspunkt fundet det formålstjenligt at ændre båndbredde, så meget mere som man mener, at en båndbredde på $1/3$ oktav er at foretrække for en båndbredde på een oktav. Den internationale norm tillader også måling ved anvendelse af filtre med en båndbredde på $1/3$ oktav, men foreskriver, at resultatet skal korrigeres til det, der svarer til en båndbredde på een oktav derved, at der adderes $10 \log_{10} n$ til resultat fundet ved anvendelse af en båndbredde på $\frac{1}{n}$ oktav. Denne korrektion af de danske måleresultater foretages kun ved afhandlinger på hovedsprogene.

Med hensyn til præsentation af resultaterne går den danske målemetode et godt stykke videre end den internationale. Man har fundet, at det er hensigtsmæssigt ud over kurverne over trinlydniveauet T pr. $1/3$ oktav og

det korrigerede trinlydniveau pr. $1/3$ oktav, begge målt inden for et frekvensområde gående fra 50 Hz og så højt op som muligt - ifølge den internationale målemetode -, at anvende passende middeltal for de to kurver. Man har indført følgende to størrelser:

1. Middelværdien af trinlydniveauet T pr. $1/3$ oktav inden for frekvensområdet 125-1600 Hz. Ved udregning af middelværdien benyttes logaritmisk målestok både for frekvens og trinlydniveau T pr. $1/3$ oktav. Kort betegnes størrelsen med: "middeltrinlydniveauet" og symbolet T_m .

2. Middelværdien af det korrigerede trinlydniveau $T_{0,5}$ pr. $1/3$ oktav inden for frekvensområdet 125-1600 Hz. Ved udregning af middelværdien benyttes logaritmisk målestok både for frekvens og det korrigerede trinlydniveau. Kort betegnes størrelsen med: "det korrigerede middeltrinlydniveau" og symbolet $T_{0,5m}$.

Med hensyn til grænserne for frekvensområdet, over hvilket der måles, skal følgende bemærkes. Den nedre grænse er valgt til 125 Hz for at undgå det ret vanskelige arbejde, det er at bestemme trinlydniveauet T pr. $1/3$ oktav ved lave værdier af middelfrekvensen for frekvensområdet, når der skal måles i relativt små rum. Desuden er det tvivlsomt, om en middelværdi beregnet ved anvendelse af en lavere grænse vil give et bedre kvalitetsmål for en etageadskillelse. Tværtimod synes erfaringen at vise, at man snarere bør vælge en højere grænse. Den øvre grænse er valgt til 1600 Hz, fordi det er vanskeligt at måle, under gode etageadskillelser, det meget svage trinlydniveau T pr. $1/3$ oktav ved højere værdier af middelfrekvensen.

Middelværdier må altid anvendes med stor forsigtighed, idet en sammenligning af forskellige etageadskillelsers egenskaber på basis af middelværdier kun kan forventes at give et forsvarligt resultat, hvis formen af de midlede kurver er ens. For gode etageadskillelser, d.v.s. etageadskillelser for hvilke det korrigerede trinlydniveau er lavt, kan man regne hermed, medens formen af kurven for en dårlig etageadskillelse vil afvige væsentligt fra formen af kurven for en god etageadskillelse, således at en god og dårlig etageadskillelse ikke kan sammenlignes på fuldt retfærdig måde ved anvendelse af middeltallene.

Den svenske målemetode.

Da denne afviger væsentlig fra den internationale, skal den ikke omtales her. Der henvises til en kort omtale i appendix D.

4. LABORATORIEMÅLINGER.

Det i det foregående afsnit beskrevne vedrører målinger udført ude i bygninger. Det er imidlertid ofte hensigtsmæssigt at udføre målinger i laboratoriet for derved på en simpel måde at få klarlagt visse principielle forhold. Målingerne udføres efter nogenlunde de samme retningslinier, som gælder for målinger ude i bygninger. Ifølge det internationale normforslag anbefales det i laboratoriet at benytte et prøvelfelt, der i størrelse og med hensyn til randbetingelser så nært som muligt svarer til forholdene i en bygning. Af økonomiske grunde slår man dog noget af på fordringerne med hensyn til størrelsen af prøvelfeltet og anbefaler ca. 2,5 m x 3,5 m. Rummet under prøvelfeltet bør af måletekniske grunde have et volumen på mindst 100 m³.

Fig. 3 viser et snit i Lydteknisk Laboratoriums målerum til rumakustiske målinger. Der er to underjordiske hovedrum og et mindre hjælperum beliggende over det ene af hovedrummene. De to hovedrum er lige store, 4 m x 4 m x 6 m, medens hjælperummet er 3 m x 3 m x 3 m. Mellem hovedrummene er der en åbning på 3 m x 3 m, hvor der kan indbygges vægge, hvis luftlydisolation skal måles. Gulvet i hjælperummet udgøres af en 2,75 m x 2,98 m, 10 cm tyk jernbetonplade. Jernbetonpladen er langs randen understøttet på 6 cm brede og 4 cm tykke strimler af ekspanderet kork udlagt på den ene flange af et z-jern. Jernbetonpladen kan løftes op med en talje, således at man kan indbygge det prøvelfelt, der ønskes undersøgt.

Det ses af ovenstående beskrivelse, at prøvelfeltets dimensioner afviger noget fra de, der er foreslået i den internationale norm, medens arealet er nogenlunde korrekt. Afvigelsen i dimensioner er næppe af afgørende betydning. Randbetingelserne er derimod principielt forskellige; rækkevidden af denne afvigelse er ikke klarlagt, men afvigelsen er dog næppe af afgørende betydning i betragtning af den stærkt begrænsede anvendelse, man her i landet gør af laboratoriemålinger af denne art, jfr. nedenfor.

For at muliggøre en sammenligning af måleresultater fundet i forskellige laboratorier har man i det internationale forslag til norm foreskrevet, at der til det på basis af målinger ved hjælp af formel (1) bestemte trinlydniveau skal adderes $10 \log \left(\frac{A}{10} \right)$, hvor A er målerummets antal absorptionsenheder i m²-Sabin i de respektive frekvensbånd under målingens udførelse. Korrektionen til et konstant antal absorptionsenheder - 10 m²-Sabin - medfører, at de korrigerede værdier kan benyttes som et mål for den fra prøvelfelterne udstrålede energi, og det er derfor tilladeligt at sammenligne måleresultater fundet i forskellige laboratorier.

Referenceværdien 10 m²-Sabin blev valgt, for at størrelsen af talværdien, der fås i laboratoriet, skal blive omtrent som størrelsen af tal-

værdien, der fås ved målinger i beboelsesejendomme. Denne lighed i størrelsen af talværdierne bør imidlertid indtil videre ikke forlede til at sammenligne laboratoriemålinger med målinger udført ude i bygninger, idet en sådan sammenligning er vanskelig og kræver mere kendskab til lydtransmissionsproblemerne.

Den største betydning af laboratoriemålinger er, at de giver god mulighed for på en simpel måde at sammenligne værdien af forskellige materialer benyttet som gulvbelægnings eller som indskudsmateriale ved flydende gulvkonstruktioner, ligesom man gennem laboratoriemålinger let kan konstatere virkningen i akustisk henseende af mindre konstruktionsændringer. Eksempler vil blive givet i flere af de følgende afsnit.

For så vidt muligt at undgå misbrug af resultaterne fundet ved laboratoriemålinger, skal der allerede her gøres opmærksom på to faldgruber.

Den virkning, man i laboratoriet konstaterer af et slidlag f. eks. linoleum, er betinget af den specielle gulvkonstruktion, på hvilket materialet er udlagt. Udlægning af linoleum vil således ikke give den samme reduktion i trinlydniveauet under en træetageadskillelse og under en støbt etageadskillelse. Man kan altså ikke som ved varmeisolation tillægge hvert materiale en karakteristisk talværdi, således at en sammensat konstruktions talværdi kan beregnes på basis af de enkelte deles talværdier.

Når en konstruktion måles i laboratoriet, er det ofte af afgørende betydning for måleresultatet, at man belaster gulvet passende. Dette gælder f. eks. i udpræget grad, hvis man ønsker at bestemme virkningen af en gulvbelægning bestående af et brædegulv - uden strøer - udlagt på en blød måtte. Sammentrykkes måtten gennem belastning, vil trinlydniveauet under etageadskillelsen ikke reduceres nær så meget, som hvis der ingen belastning findes. Ude i bygninger vil forholdene normalt ikke være slet så afhængige af belastninger, da forholdene på grund af randforbindelser m.v. er langt fra så rendyrkede som i laboratoriet. Ønsker man et fuldt pålideligt resultat, bør man dog også belaste gulve ved målinger i bygninger.

5. BETRAGTNINGER VEDRØRENDE DE FUNDNE RESULTATERS NØJAGTIGHED.

Inden der gives en oversigt over de opnåede måleresultater, vil det være hensigtsmæssigt at se lidt nærmere på, hvilken værdi man kan tillægge de fundne måleresultater. Dette er mere nødvendigt her end ved mange andre måletekniske opgaver, idet der, som det fremgår af nedenstående, er en lang række faktorer, der influerer på måleresultatet. Det vil vise sig, at det ikke har været muligt indenfor de givne rammer at udføre forsøgene i et sådant omfang, at man kan gennemføre en egentlig usikkerhedsbestemmelse på de fundne måleresultater. Dette er selvfølgelig på en måde beklageligt, men ved at frafalde kravet om en egentlig usikkerhedsbestemmelse, har man kunnet gennemføre disse forsøg med det til rådighed stående relativt simple måleapparatur, ligesom man har kunnet holde udgifterne på et lavt niveau. Som det ligeledes vil fremgå af det følgende, se specielt afsnit 12, skal de her omtalte målinger kun betragtes som orienterende målinger, der giver mulighed for at trække hovedlinierne op; den nøjagtige bestemmelse af de forskellige konstruktioners egenskaber overlades til senere forsøg. Disse nøjagtige forsøg bør først udføres, når man er enige om, hvilke krav man vil stille til konstruktionernes egenskaber, idet antallet af typer af konstruktioner, der skal måles, derved kan reduceres meget betydeligt. En sådan reduktion af antallet af typer i forbindelse med anskaffelse af mere bekvemt måleudstyr vil indebære, at man kan udføre så mange forsøg, at det bliver muligt rimeligt nøjagtigt at bestemme egenskaberne af et mindre antal konstruktioner, nemlig de i praksis normalt anvendte og tilstrækkeligt gode konstruktioner.

Nogle af de vigtigste faktorer, der influerer på nøjagtigheden af det måleresultat, der findes for en etageadskillelse, er følgende:

1. Lydtrykmåleren med hvilken lydtrykket måles.

Lydtrykmålerens absolutte følsomhed kontrolleres ved forsøgenes begyndelse og jævnligt under deres udførelse. En nøjagtighed på ± 1 dB kan påregnes med det for tiden til rådighed værende apparatur til justering. Lydtrykmålerens frekvenskarakteristik - mikrofon indbefattet - er retliniet med en nøjagtighed på ca. ± 2 dB inden for det frekvensområde, i hvilket der måles. Nogen egentlig korrektion for afvigelsen fra det retliniede forløb gennemføres ikke i praksis. Der udføres under normale forhold ikke kontrol med eventuel variation af frekvenskarakteristikken. Nogen retningsafhængighed af mikrofonen må påregnes ved høje frekvenser. Der føres ikke kontrol med denne, og en korrektion herfor vil i almindelighed ikke kunne gennemføres.

2. Trinlydniveauet inden for et frekvensbånd bestemmes, som det fremgår af formel (1) ved måling af lydtrykket i et antal punkter, idet lyd-

trykket varierer stærkt fra sted til sted i et rum. Nøjagtigheden på måleresultatet må derfor afhænge af antallet af målepunkter. Ifølge engelske erfaringer, jfr. forslag til internationale normer, kan man regne med, at måleresultatet i værelser i beboelsesejendomme kan bestemmes med en standard afvigelse på mindre end 2 dB ved at anvende seks mikrofonpositioner op til 400 Hz og tre positioner ved højere frekvenser. I praksis bestemmes T ikke ved anvendelse af formel (1), idet dette kræver ret besværlige beregninger; man tager derimod simpelthen middelværdien af dB-værdierne af de målte lydtryk. Såfremt der ikke er meget store afvigelser mellem de registrerede værdier, d.v.s. mere end 10 dB, vil denne metode selv ved et lille antal målinger (2-3 stk.) højst give 2 dB's afvigelse fra den i formel (1) anførte metode.

3. Bankemaskinen har også indflydelse på måleresultatet. Der føres kontrol med antallet af slag pr. sekund, og dette holdes indenfor $\pm 5\%$ fra den normerede værdi. Faldhøjden er vanskelig at holde under kontrol, idet man ofte kommer ud for gulve, der ikke er plane. Fejl på 5-10% kan optræde. Bankemaskinens placering er ligeledes af betydning. Den placeres i overensstemmelse med normerne i nærheden af midten af gulvet. Der udføres ikke forsøg med flere placeringer.

4. Det må forventes, at trinlydniveauet under en etageadskillelse afhænger af etageadskillelsens areal. Der er to simple muligheder, nemlig enten at den udstrålede energi er proportional med arealet af etageadskillelsen, eller at den udstrålede energi er uafhængig af arealet. Man må regne med, at de virkelige forhold er at finde et sted imellem, og således at resultatet afhænger af konstruktionen af etageadskillelsen og af dens randbetingelser. Det hidtil indsamlede materiale synes at tyde på, at den udstrålede energi i første grove tilnærmelse kan betragtes som uafhængig af arealet. De i dette arbejde omtalte forsøg er så godt som alle udført i beboelsesrum med 12-25 m² gulvareal.

5. Trinlydniveauet under en etageadskillelse afhænger som tidligere omtalt af dæmpningen af rummet. Der korrigeres herfor i overensstemmelse med normerne ved at udregne resultatet svarende til 0,5 sekunds efterklangstid. En vis usikkerhed på måleresultatet skyldes bestemmelsen af efterklangstiden i rummet.

6. Variationer i konstruktionen influerer på måleresultatet. Trinlydniveauet under en støbt etageadskillelse vil, som det fremgår af afsnit 7, hovedsagelig afhænge af gulvbelægningen, men det vil dog også i nogen grad afhænge af tykkelsen af den bærende konstruktion. Mindre variationer i den tykkelse forekommer fra bygning til bygning, og en klarlægning af betydningen vil kræve en specialundersøgelse. Men andre eksempler på sådanne små variationer findes selvfølgelig, og disse vil alle influere på måleresultatet.

7. Trinlydniveauet under en etageadskillelse afhænger dels af den fra etageadskillelsen selv udstrålede energi dels af den energi, der udstråles fra de øvrige begrænsningsflader af rummet under etageadskillelsen. Det er derfor hele konstruktionens egenskaber, man måler, og man må forvente, at måleresultaterne i rum med samme loftskonstruktion men med vægge af forskellig karakter vil være forskellige.

8. Variationer i udførelsesmåden af nominelt ens konstruktioner kan spille en rolle. Som eksempler kan nævnes variationen i den virkelige tykkelse af indskudslaget i en træetageadskillelse og variationer i den faktiske tykkelse af måtten, der anvendes ved et svømmende gulv.

9. Belastningen af et gulv hidrørende fra møblelementet kan få betydning for trinlydniveauet under etageadskillelsen dels gennem en forøgelse af etageadskillelsens vægt, dels gennem en sammentrykning af et eventuelt blødt materiale, der er anvendt ved konstruktionen med det formål at reducere trinlydniveauet. Denne sammentrykning kan i visse tilfælde tilmed lokalt blive meget betydelig, som f. eks. under en tung bogreol, og derved nedsætte det bløde materiales dæmpende virkning. Ved målinger i nye bygninger kan man normalt ikke få gulvet belastet på tilfredsstillende måde.

10. Lydbroer, ved svømmende konstruktioner, hidrørende fra fodpaneler, centralvarmerør m.v., kan let få en betydelig indflydelse på måleresultatet, se nærmere afsnit 9.

11. Tidsmæssige variationer i materialers egenskaber, specielt bløde, dæmpende materialer, vil ofte influere på resultatet, som regel i retning af at trinlydniveauet stiger med tiden. Dog kan man også komme ud for et fald med tiden, nemlig hvis lydbroer hidrørende fra fodpaneler forsvinder, når trægulvet tørrer, eller det bløde mellemlag mellem trægulv og bærende konstruktion sammenpresses.

12. Det er en selvfølge, at fejlkonstruktioner kan influere på måleresultatet. Disse fejl er særlig ubehagelige, idet deres tilstedeværelse aldrig kan forudses eller konstateres, medmindre de har en meget betydelig indflydelse på måleresultatet.

De her anførte usikkerhedsmomenter er så mange og ofte så betydelige, at man skulle tro det umuligt at nå værdifulde resultater med den hidtil ret begrænsede indsats. Erfaringen viser dog, at man kan indsamle meget værdifuldt materiale til brug ved fastsættelse af forskrifter og til brug ved tilrettelæggelsen af de endelige og afgørende forsøg.

6. GENERELLE SYNSPUNKTER VED VALG AF ETAGEADSKILLELSER.

For at en etageadskillelse skal kunne betragtes som tilfredsstillende i akustisk henseende, er det nødvendigt, at det korrigerede trinlydniveau i rummet under etageadskillelsen ligesåvel som i de øvrige rum i ejendommen er så lavt, at beboerne ikke generes af færdsel m.v. på etageadskillelsen. Det må tillige kræves, at etageadskillelsen sikrer tilstrækkelig god isolation mod luftlyd. Konstruktioner, der sikrer et lavt trinlydniveau, giver ofte dårlig luftlydisolation og vice versa. Et gulvtæppe udlagt på en etageadskillelse vil således reducere trinlydniveauet under etageadskillelsen meget betydelig, medens det er uden væsentlig betydning for luftlydisolationen mellem de to rum. En tung støbt etageadskillelse vil sikre en god luftlydisolation, medens trinlydniveauet under etageadskillelsen ikke er særligt lavt. I denne afhandling vil, som nævnt tidligere, kun spørgsmålet om opnåelse af et lavt trinlydniveau blive behandlet, medens luftlydisolationsproblemet vil blive ladet ude af betragtning.

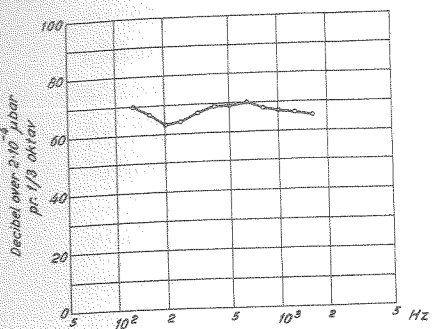
Man kan anvende tre forskellige principper, når det gælder om at sikre en lav værdi af det korrigerede trinlydniveau i rummet under en etageadskillelse.

1. Den mest rationelle metode består i at forhindre bygningslydens frembringelse eller mere korrekt sørge for, at den frembragte bygningslyd er så svag, at den ikke kan frembringe en generende luftlyd i rummet under etageadskillelsen. Dette kan opnås ved at anvende en blød gulvbelægning, f. eks. et gulvtæppe på etageadskillelsen. Da en sådan gulvbelægning imidlertid er relativ dyr og lidet slidfast, finder den kun anvendelse i specielle tilfælde. Halvhårde gulvbelægnings, som f. eks. linoleum samt kork- og gummifliser, anvendes i større udstrækning. Nogen virkning kan konstateres, men en halvhard gulvbelægning vil dog i almindelighed ikke være tilstrækkelig til at sikre et rimeligt lavt trinlydniveau under en etageadskillelse.

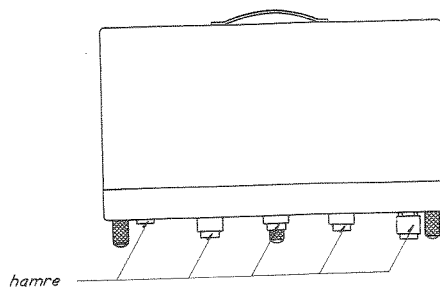
2. Såfremt det er umuligt at undgå, at bygningslyden opstår, vil den bedste forholdsregel være at lokalisere den så meget som muligt. Dette kan gøres ved at anvende et flydende gulv, d.v.s. et ekstra gulv, som er udlagt på et blødt materiale, der hviler på etageadskillelsen. Rigtigt udført giver denne fremgangsmåde gode resultater. De bedste konstruktioner er dog forholdsvis dyre.

Fig. 4 viser to typer af flydende gulve udlagt på støbte etageadskillelser.

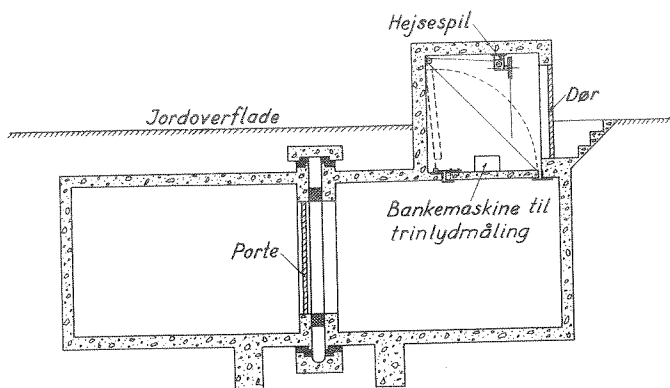
Type a er konstrueret på følgende måde. En måtte, oftest 1" tyk er udlagt på etageadskillelsen. Det må påses, at der ikke er nogen revne mellem de enkelte strimler af måtten. Over måtten udlægges vandtæt papir med



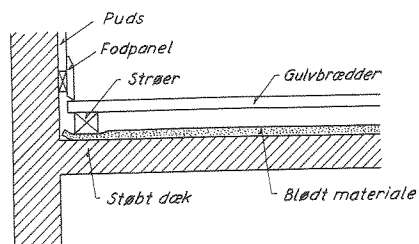
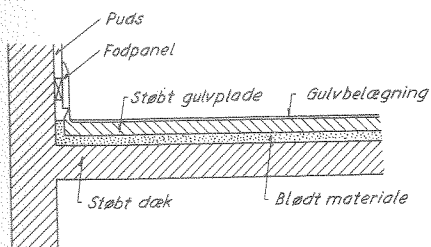
Figur 1.
Frekvensanalyse af luftlyden under en støbt etageadskillelse, på hvilken der er anbragt en standardiseret bankemaskine (træsagflader).



Figur 2.
Standardiseret bankemaskine.



Figur 3.
Et snit i Lydteknisk Laboratoriums målerum til rumakustiske målinger.



Figur 4.
To typer af flydende gulve på støbte dæk.

a. 1" måtte udlagt på dækket. Herpå udstøbes en 2" armeret plade.

b. Stræerne for trægulvet lagt på strimler eller klodser af et blødt materiale udlagt på dækket.

Bemærkningen (træsagflader) betyder, at bankemaskinen ved den pågældende måling var forsynet med slagflader af begetre.

passende overlappning, og herpå anbringes armering, hvorefter der udstøbes en ca. 2" tyk plade. Udlægningen af det vandtætte papir bør udføres på en sådan måde, at papiret kan forhindre støbemassen i at trænge ned mellem mattsens strimler og derved danne stive forbindelser fra den udstøbte plade og til etageadskillelsen. Sådanne stive forbindelser kaldes gerne for lydbroer.

Type b er et flydende trægulv. Strimler eller klodser af blødt materiale er indskudt mellem strøerne og etageadskillelsen. Man benytter gerne blødt materiale med en tykkelse på 1". Undertiden udlægges måtter over hele gulvet i stedet for blot strimler under strøerne. Sålange strøer anvendes, vil trinlydniveauet, der opnås med måtte, ikke være mindre end det, der opnås med strimler.

Et flydende gulv er kun effektivt, såfremt der ikke er lydbroer. Den bløde måtte, der anvendes ved type 1, bør derfor bøjes op ved kanterne, som vist i fig. 4 a.

Speciel omhu må vises elektriske installationsrør, sanitære installationer, centralvarmerør, fodpaneler mv.v., da disse let kan give anledning til lydbroer, såfremt man ikke passer på. Installationsrør bør således omvikles med et blødt materiale, f. eks. bitumen-filt, hvor de passerer gennem den svømmende gulvkonstruktion. Almindelige fodpaneler med en af-faset nedre kant kan benyttes, såfremt der er anvendt et slidlag af linoleum, kork eller gummifliser. Er gulvoverfladen hård, bør der lægges en strimmel af filt eller gulvpap mellem fodlisten og gulvet.

Fig. 5 viser udførelsen af en træetageadskillelse med flydende gulvflade. Konstruktion a er ikke hensigtsmæssig, medens konstruktion b er god i akustisk henseende. Gulvbrædderne er her sømmed til specielle lagter, der hviler på strimler af blødt materiale udlagt på træbjælkerne.

Det er meget vigtigt, at man ved valg af bløde materialer til brug ved flydende gulvkonstruktioner sikrer sig, at materialerne kan tåle belastningen, som de udsættes for, uden at de sammenpresses alt for meget.

3. Den tredje metode, der kan benyttes, når man ønsker at reducere det korrigerede trinlydniveau i rummet under en etageadskillelse, er at anvende et ekstra loft under etageadskillelsen. Dette loft kan enten være ophængt i passende isolerede stropper, eller det kan være et selvstændigt loft uden forbindelse med etageadskillelsen ud over den, der findes via væggene. Et ekstra loft vil kun reducere den lyd, der udsendes af etageadskillelsen til rummet nedenunder, og ikke den lyd, der udsendes af væggene i rummet, ligesom et ekstra loft ikke vil reducere den bygningslyd, der fra etageadskillelsen forplanter sig videre ud i bygningen.

7. DET KORRIGEREDE TRINLYDNIVEAU UNDER STØBTE ETAGEADSKILLELSER.

Kurverne 1-4 i fig. 6 er nogle eksempler på kurver visende det korrigerede trinlydniveau pr. $1/3$ oktav inden for frekvensområdet 125 Hz - 1600 Hz målt under forskellige typer af støbte etageadskillelser. Alle målingerne er foretaget i bygninger, og bankemaskinen var forsynet med træslagflader.

a) Støbt, rått dæk.

Kurve 1 repræsenterer måleresultatet under et støbt, rått dæk. Denne kurve er karakteristisk ved, at den i første tilnærmelse kan erstattes af en vandret linie, medens de andre kurver er faldende i den højere del af frekvensområdet. Den forholdsmæssig store styrke af de højere frekvensområder under et støbt, rått dæk giver forklaringen på, at almindelig trinlyd i rummet under en støbt etageadskillelse er generende. Den etageadskillelse, for hvilken måleresultatet i kurve 1 i fig. 6 er gældende, er et 20 cm røselerdæk. Det har været undersøgt, om der er nogen afgørende forskel mellem det korrigerede trinlydniveau under hulstensdæk og jernbetondæk. Fig. 7 viser måleresultater fundet under et 20 cm røselerdæk - kurve 1 - og et 9 cm jernbetondæk - kurve 2. De to etageadskillelser var iøvrigt fuldstændig ens og anbragt under ens betingelser i samme bygning. Man ser af figuren, at der ikke er nogen betydende forskel mellem de to typer. Forskellen i middelværdien af det korrigerede trinlydniveau er kun 1 dB, hvilket ligger inden for målenøjagtigheden.

Erfaringen viser, at middelværdien af det korrigerede trinlydniveau under støbte, rått dæk ligger mellem 65 og 70 dB¹⁾, når bankeapparatet er udstyret med træslagflader. Det må forventes, at man i fremtiden vil måle noget højere talværdier, 2-3 dB, når der bankes med messingflader, jfr. appendix C.

b) Støbt dæk med slidlag.

Udlægges der et slidlag på et støbt dæk, vil slaget mellem hammene på bankemaskinen og etageadskillelsen delvis afbødes. Det korrigerede trinlydniveau under etageadskillelsen vil være mindre end niveauet, der måles inden slidlag udlægges. Det må forventes, at resultatet i høj grad vil afhænge af, hvor blødt slidlaget er. Fig. 8 og fig. 9 viser et par orienterende eksempler. De er målt i laboratoriet, da man her let kan

¹⁾ Når der her og i det følgende angives, at trinlydniveauet under en etageadskillelse ligger på A dB, så forstås herved altid, at trinlydniveauet ligger A dB over $2 \cdot 10^{-4}$ μ bar.

konstatere virkningen af et slidlag. Fig. 8 viser trinlydniveauet før - kurve 1 - og efter udlægning af 3 mm linoleum. Virkningen af linoleum er relativt lille og gør sig i hovedsagen gældende ved høje frekvenser. Ændringen i middelværdien af det korrigerede trinlydniveau er kun 3 dB. Fig. 9 viser virkningen af et 10 mm Wiltontappe. Der opnås en meget betydelig reduktion i det korrigerede trinlydniveau, og reduktionen er stærkt stigende med stigende frekvens. Ændringen i middelværdien af det korrigerede trinlydniveau er 24 dB i det viste måleeksempel.

Som eksempler på reduktionen i middelværdien af det korrigerede trinlydniveau, der fås ved forskellige typer af slidlag, kan nævnes:

Linoleum, 3 mm	3 dB
Gummifliser, 3 mm	5 dB
Asfalt, 20-22 mm	5-7 dB
Expandofliser, 8 mm	10 dB
Wiltontappe, 10 mm	24 dB.

Så længe man holder sig til egentlige slidlag - altså ser bort fra tapper - er det meget begrænset, hvor stor en reduktion man kan nå. Middelværdien af det korrigerede trinlydniveau vil derfor ligge ret højt under etageadskillelser med et simpelt slidlag. Man vil normalt ikke kunne regne med at komme under 60 dB. Af de ovennævnte materialer vil kun expandofliser give lidt under 60 dB og kun under iøvrigt gunstige forhold.

Såfremt der indlægges et blødt materiale af passende tykkelse mellem slidlag og støbt dæk, kan et gunstigt resultat forventes. Man har således målt noget under 60 dB, når asfalt udlægges på en 1/2" blød træfiberplade, medens asfalt udlagt på en højporøs træfiberplade (kramfors) med eller uden en trykfordelingsplade mellem asfalt og den højporøse træfiberplade bevirker, at det korrigerede middeltrinlydniveau synker til lidt under 50 dB. Et lignende godt resultat som sidstnævnte er opnået med linoleum på 1/2" blød træfiberplade.

c) Støbte dæk med trægulv.

Udlægges et trægulv på strøer på et støbt dæk, fås en nedsættelse af det korrigerede middeltrinlydniveau. Kurve 2 i fig. 6 viser et typisk eksempel. Det korrigerede middeltrinlydniveau er i det viste eksempel 61 dB. Man kan ikke påregne at komme under 60 dB med en sådan konstruktion, med mindre yderligere foranstaltninger træffes. Nogle eksempler skal nævnes.

Man kan indskyde et eller andet blødt materiale mellem strøerne og det støbte dæk. Dette kan være brikker af kork, bløde træfiberplader eller måtter (f. eks. rockwool), der benyttes til opklodsning af strøerne. Jo blødere brikkerne er, desto lavere bliver det korrigerede middeltrinlydniveau. Man kan lægge strimler af måtter mellem strøerne og det støbte dæk og vil herved opnå et bedre resultat end med brikker, såfremt dækket er så plant, at man får et mindre fladetryk pr. arealenhed på den bærende del af strimlerne end på brikkerne. Endelig kan man anvende et gulv, der udlægges uden strøer direkte på en blød måtte eller med et stift trykfordelende lag mellem gulvbrædder og den bløde måtte.

I fig. 6 viser kurve 3 en analyse af lyden under et støbt dæk med et trægulv opklodset på danatexbrikker. Det korrigerede middeltrinlydniveau er i det viste eksempel 55 dB.

En lang række målinger på forskellige gulvkonstruktioner af denne art viser, at det korrigerede middeltrinlydniveau i almindelighed ligger omkring 55 dB. Resultatet i det enkelte tilfælde kan dog afvige op til 4-5 dB fra dette middeltal. Såfremt der ikke findes lydbroer, f. eks. på grund af rørgennemføringer, vil det som regel være således, at jo blødere et materiale, der anvendes mellem strøer og dæk, og jo bedre trykket fordeles, desto lavere værdi får det korrigerede middeltrinlydniveau. Men derudover har de forhold, der er nævnt i betragtningerne over måleresultaternes nøjagtighed, jfr. afsnit 5, en betydelig indflydelse på de enkelte måleresultater.

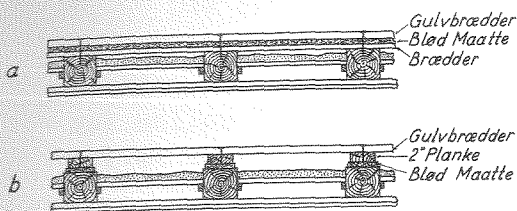
Som eksempel på en ret sammensat og solid støbt etageadskillelse med trægulv, der giver en meget lav værdi for det korrigerede middeltrinlydniveau, nemlig ca. 45 dB, kan nævnes følgende: parketgulv på pap på 66 mm tretong på 2 cm sand på 25 mm glasuldmatte på 17 cm jernbeton. Kurve 4 i fig. 6 viser kurven over det korrigerede trinlydniveau som funktion af frekvensen.

d) Støbt dæk med en plade udstøbt på en på dækket udlagt måtte.

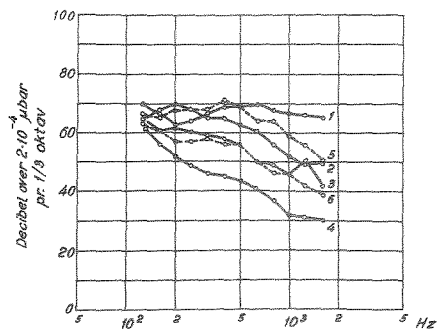
Ønsker man at opnå et lavt trinlydniveau, kan dette ske ved at udlægge en måtte på det støbte dæk og så udstøbe en plade på denne måtte. Pladen er gerne 4-6 cm tyk og må eventuelt armeres af styrkehensyn. Det korrigerede middeltrinlydniveau vil normalt ligge på ca. 45 dB, når der anvendes en 25 mm måtte, og konstruktionen er rigtigt udført, det vil specielt sige udført således, at ingen lydbroer forefindes. Målinger i laboratoriet har vist, at de fleste af de i handelen værende måtter har omkring den samme indflydelse på trinlydniveauet. Erstatte man måtten med en blød træfiberplade, eksempelvis en 1/2" danatexplade, får man derimod et væsentligt højere niveau, nemlig ca. 55 dB.

e) Formetadæk. (Brandt's dæk)

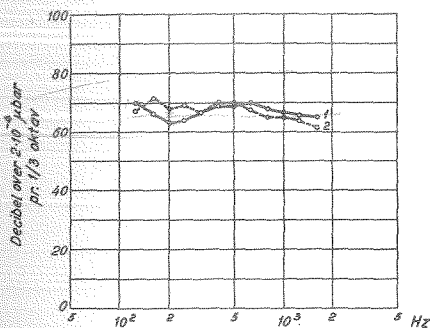
Særligt gode resultater er opnået med formetadæk, der er en støbt etageadskillelse med pudset forskalling. Hovedtrækkene i konstruktionen af dette dæk ses i fig. 10. For formetadæk ligger de målte middelværdier af det korrigerede trinlydniveau gerne ca. 6 dB under de værdier, der er målt for samme gulvbelagninger udlagt på et sædvanligt støbt dæk. Der er således målt værdier under 50 dB, hvor gulvbelagninger som trægulv på bløde træfiberbrikker eller rockwoolstrimler er udlagt på formetadæk. Det gode resultat for formetadæk må sandsynligvis hovedsagelig skyldes, at konstruktionen nærmer sig til en dobbeltkonstruktion. Det er sandsynligt, at man af lydæssige grunde burde interessere sig betydeligt for sådanne konstruktioner i fremtiden.



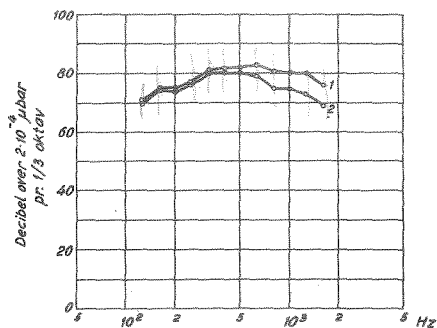
Figur 5.
To træetageadskillelser med flydende gulvflader.
a. Konstruktionen er ikke hensigtsmæssig, idet der er sømnet gennem den bløde strimmel mellem lægte og træbjælke.
b. Konstruktionen er god.



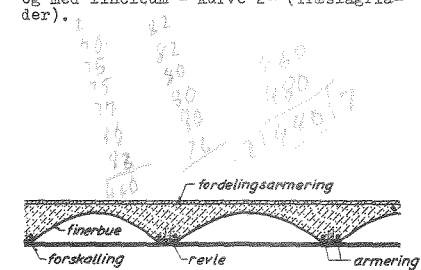
Figur 6.
 $T_{0,5}$ målt under seks forskellige etageadskillelser. (Træslagflader).
Kurve 1. En rå, støbt etageadskillelse (20 cm røselerdæk). $T_{0,5m} = 67$ dB.
Kurve 2. Trægulv på stroer på baumadæk. $T_{0,5m} = 61$ dB.
Kurve 3. Trægulv på danatexbrikker på 15 cm jernbeton. $T_{0,5m} = 55$ dB.
Kurve 4. Parket på pap på 66 mm tretong på 25 mm glasuldåtte på 17 cm jernbeton. $T_{0,5m} = 44$ dB.
Kurve 5. Almindeligt træbjælkelag med lerindskud. 1" parketgulv. $T_{0,5m} = 64$ dB.
Kurve 6. Som 5, men med parketgulv på bløde strimler udlagt på bjælker. $T_{0,5m} = 52$ dB.



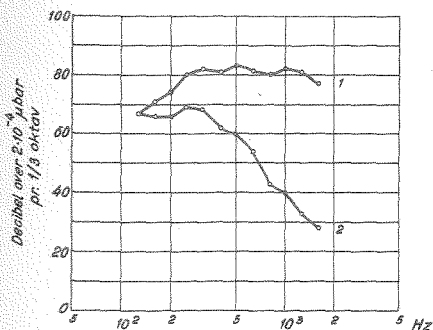
Figur 7.
 $T_{0,5}$ målt under to rå, støbte dæk. (Træslagflader).
Kurve 1. 20 cm røselerdæk. ✓
Kurve 2. 9 cm jernbetondæk. ✓



Figur 8.
 $T_{0,5}$ målt under et dæk uden - kurve 1 - og med linoleum - kurve 2 - (Træslagflader).



Figur 10.
Forretadæk. (Brandts dæk).



Figur 9.
 $T_{0,5}$ målt under et dæk uden - kurve 1 - og med et gulvtæppe - kurve 2. (Træslagflader).

Bemærkningen (træslagflader) betyger, at bankemaskinen ved den pågældende måling var forsynet med slagflader af bøgetræ.

f) Støbte dæk med anvendelse af løst sand.

Der er udført målinger på nogle svenske etageadskillelser, i hvilke der er anvendt løst sand mellem strøerne. Der fandtes også her meget lave værdier for middelværdien af det korrigerede trinlydniveau, nemlig som regel mellem 45 og 50 dB. Ved alle disse etageadskillelser var den bærende del et 17 cm jernbetondæk.

Til belysning af betydningen af løst sand er der udført nogle forsøg i laboratoriet og i en bygning. I fig. 11 er resultaterne af sidstnævnte målinger vist. Ud ad abscissen er afsat forholdet mellem vægt af etageadskillelsen plus tillægsbelastning og vægten af etageadskillelsen alene. Ud ad ordinaten er afsat sænkningen i middelværdien af det korrigerede middeltrinlydniveau. Det ses, at man får væsentlig større sænkning, når man anvender løst sand som belastning, end når man forøger vægten ved at udlægge jernlodder på etageadskillelsen.

8. DET KORRIGEREDE TRINLYDNIVEAU UNDER TRÆTAGEADSKILLELSER.

Fig. 12 viser eksempler på kurver over det korrigerede trinlydniveau pr. 1/3 oktav inden for frekvensområdet 125 Hz - 1600 Hz målt under nogle træetageadskillelser i bygninger. Middelverdierne af de korrigerede trinlydniveauer ligger på henholdsvis 70, 64 og 60 dB. Ved måling af den øverste kurve var bankemaskinen forsynet med messingslagflader, medens den ved måling af de to nederste kurver var forsynet med træslagflader. 60 og 70 dB danner ydergrænserne for de indtil nu målte gulve. Sammenligning af disse kurver over det korrigerede trinlydniveau pr. 1/3 oktav med de tilsvarende kurver målt under rå, støbte etageadskillelser viser, at det korrigerede trinlydniveau under træetageadskillelser ligger betydeligt lavere i de højere frekvensområder end under støbte etageadskillelser. Kurverne 1 og 5 i fig. 6 tillader en umiddelbar sammenligning, idet de er målt for henholdsvis en støbt etageadskillelse og en træetageadskillelse.

Det er muligt ved relativt simple foranstaltninger at reducere trinlydniveauet under en træetageadskillelse. Kurve 6 i fig. 6 er ligesom kurve 5 målt under en træetageadskillelse, men medens sidstnævnte etageadskillelse var normal, var gulvparketstavene ved førstnævnte samlet med clips og lagt løst på strimler af bløde måtter udlagt på bjælkerne. Middelverdierne af de korrigerede lydniveauer var henholdsvis 52 dB og 64 dB.

Fig. 13 viser en anden forbedret gulvkonstruktion¹⁾. Gulvbrædderne er ikke sømmed til bjælkerne, men til specielle lægter, der hviler på rockwool strimler udlagt på indskudsbrædderne. Middelværdien af det korrigerede trinlydniveau målt i en bygning med en sådan konstruktion til 54 dB. Under en tilsvarende normal gulvkonstruktion målt 63 dB.

Det bør bemærkes, at medens formen af kurverne over det korrigerede trinlydniveau pr. 1/3 oktav inden for frekvensområdet 125 Hz - 1600 Hz er principielt forskellige for en almindelig træetageadskillelse og en rå, støbt etageadskillelse, så er formen i hovedtrækkene ens, når de to konstruktioner udføres således, at middelverdierne af de korrigerede trinlydniveauer er under ca. 55 dB. Heraf følger, at medens man ikke kan sammenligne en almindelig træetageadskillelse og en rå, støbt etageadskillelse på basis af middelverdierne af de korrigerede trinlydniveauer, er dette til gengæld muligt ved de forbedrede konstruktioner.

¹⁾ Denne gulvkonstruktion er angivet af Aktieselskabet Dominia.

For en fuldstændigheds skyld skal det bemærkes, at der på et andet område er en principiel forskel mellem støbte etageadskillelser og træetageadskillelser, nemlig med hensyn til trinlydens udbredelse i bygningen, jfr. nærmere afsnit 11. Man kan derfor aldrig sammenligne de to gulvkonstruktioner alene på basis af middelværdierne af de korrigerede trinlydniveauer i rummene direkte under det sted, hvor bankemaskinen er anbragt.

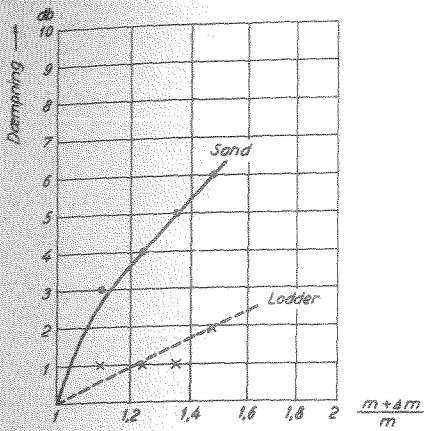
Undertiden anvender man et ophængt loft under en etageadskillelse, f. eks. således at forskalling med puds fastgøres til specielle lægter og ikke til bjælkerne, se fig. 14. Måleresultater for sådanne konstruktioner foreligger dog ikke.

9. LYDBROER HIDRØRENDE FRA FODPANELER OG INSTALLATIONSØR.

Effektiviteten af en flydende gulvkonstruktion afhænger i ikke uvæsentlig grad af eventuelle lydbroers tilstedeværelse. Nogle forsøg er udført i bygninger med svømmende gulve på støbte dæk.

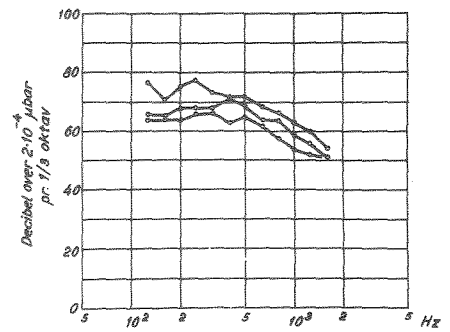
To typer af etageadskillelser blev målt før og efter opsætning af fodpaneler. Den ene konstruktion var et bølgeparketgulv samlet med clips på 1" lister udlagt på celotexbrikker på et 14 cm røselerdæk. Der målt et korrigeret middeltrinlydniveau på henholdsvis 56 og 60 dB før og efter opsætning af fodpaneler. Den anden konstruktion, der er målt, var et dafoleum gulv på $\frac{1}{2}$ " brumunit-plade på et 14 cm røselerdæk. Her målt henholdsvis 53 og 56 dB.

Rørbøsninger ved installationsrør kan også give generende lydbroer. Dette forhold er undersøgt ved at udføre 10 ens etageadskillelser bestående af fyrretræsbrædder på strøer på 15 mm bløde træfiberstrimler på 12 cm jernbeton-dæk, men således, at der som rørbøsninger til centralvarmerørene ved 5 af etageadskillelserne benyttedes en i handelen værende bøsning og ved de 5 resterende etageadskillelser den i fig. 15 viste konstruktion. Sidstnævnte konstruktion er udført således, at man i praksis normalt har sikkerhed for, at der ikke opstår stiv forbindelse mellem installationsrør og gulvbrædder, selv når gulvbrædderne svinder noget med tiden på grund af indtørring. Det korrigerede middeltrinlydniveau lå i det første tilfælde på 52, 54, 56, 54 og 55 dB, d.v.s. i gennemsnit på 54 dB, medens det i sidstnævnte tilfælde lå på 48, 51, 52, 52 og 48 dB, d.v.s. i gennemsnit på 50 dB. Der opnåedes følgelig en væsentlig forbedring ved anvendelse af den specielle udformning af rørbøsningen.



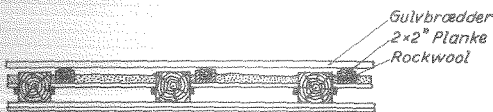
Figur 11.

Virkningen af løst sand og jernlodder udlagt på en støbt etageadskillelse. Ud ad abscisseaksen er afsat forholdet mellem vægten af etageadskillelse plus tillægsbelastning og vægten af etageadskillelsen alene. Ud ad ordinaten er afsat sænkningen i $T_{0,5m}$.



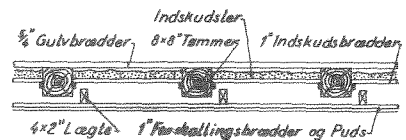
Figur 12.

$T_{0,5m}$ målt under tre forskellige træetageadskillelser. $T_{0,5m}$ er henholdsvis 70, 64 og 60 dB.

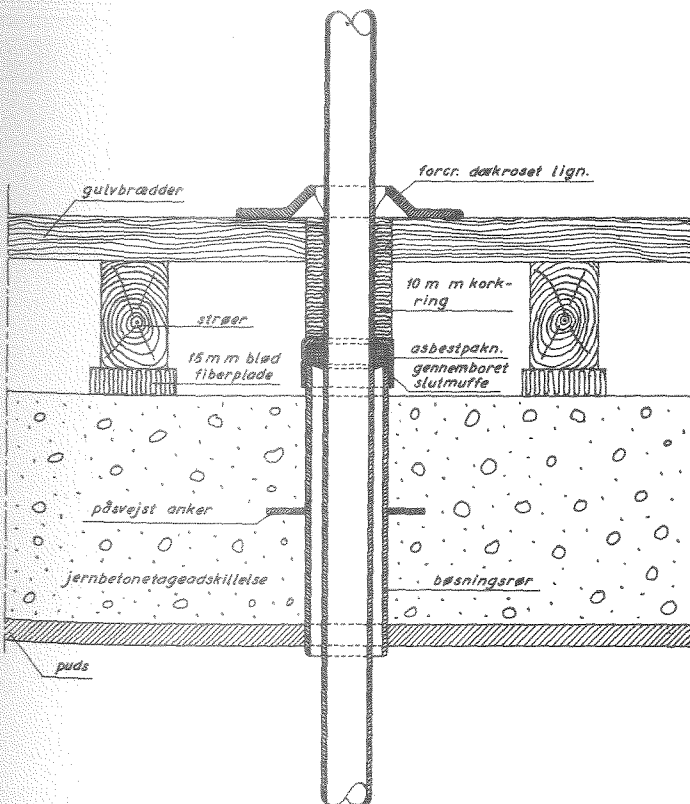


Figur 13.

En forbedret træetageadskillelseskonstruktion. Gulvbrædderne er ikke sømret til bjælkerne, men til specielle lægter, der hviler på rockwoolstrimler udlagt på indskudsbrædderne.



Figur 14.
Ophængt loft.



Figur 15.

En rørbøsningskonstruktion, der sikrer, at man normalt ikke får en lydbro fra gulv til etageadskillelse.

10. GULVBELASTNINGENS INDFLYDELSE PÅ DET KORRIGEREDE TRINLYDNIVEAU.

Belastningen har en betydelig indflydelse på den reduktion, der kan opnås i det korrigerede trinlydniveau ved anvendelse af bløde mellemlag. Det må desuden antages, at belastningens indflydelse ofte vil stige noget med tiden.

Det bedste resultat opnås ved at reducere trykket pr. arealenhed ved anvendelse af store arealer af det bløde mellemlag.

Forskellige forsøg er udført til klarlæggelse af disse forhold. I laboratoriet er foretaget målinger på nogle trægulve og asfaltgulve udlagt på bløde mellemlag på støbte dæk. Der udførtes forsøg dels uden ekstra belastning dels med en ekstra belastning på 60 kg/m^2 gulvareal. Det korrigerede middeltrinlydniveau var 3-5 dB højere ved belastning end uden belastning.

Målinger er udført i en bygning før og 3-4 måneder efter indflytning. Der fandtes trægulve på strøer på blødt mellemlag på 14 cm jernbetondæk.

Som mellemlag var anvendt cellotexbrikker, rockwoolbrikker og strimler af arkimate. Der kunne ikke konstateres nogen forskel i måleresultaterne på de to tidspunkter.

I fig. 13 er vist en forbedret gulvkonstruktion for en træetageadskillelse. Denne konstruktion samt en tilsvarende normal blev målt før indflytning og 4 år efter. Der fandtes på begge tidspunkter 54 dB for den forbedrede konstruktion, medens der for den normale konstruktion målttes 63 dB før og ca. 2 dB lavere værdi 4 år efter.

11. TRINLYDENS UDBREDELSE TIL FJERNEREELIGGENDE RUM.

Udbredelsen af bygningslyd frembragt af en bankemaskine foregår på væsentlig forskellig måde i bygninger med træetageadskillelser og bygninger med støbte etageadskillelser. Det korrigerede trinlydniveau har været målt i et værelse, når bankemaskinen anbragtes i en række rum i bygningen.

Fig. 16 viser resultatet af målinger i en bygning med træetageadskillelser. Kurve 1 viser den sædvanlige kurve for det korrigerede trinlydniveau målt, når bankemaskinen var placeret i rummet - nr. 1 - umiddelbart over målerummet. Kurverne 2, 3 og 4 er målt i samme målerum, men med bankemaskinen placeret successivt i tre rum - nr. 2, 3 og 4 - på samme etage som rum nr. 1 og med en afstand fra midten af rum 1 til midten af rum 2, 3 og 4 på henholdsvis 4,5 m, 8,5 m og 12 m. Middelverdierne af de korrigerede trinlydniveauer er henholdsvis 61 dB, 30 dB, 23 dB og 15 dB.

Fig. 17 viser et lignende måleresultat fra en bygning med støbte etageadskillelser. Afstandene fra rum nr. 1 til rum nr. 2, 3 og 4 var henholdsvis 6 m, 12 m og 18 m. Middelverdierne af de korrigerede trinlydniveauer er 58 dB, 52 dB, 41 dB og 33 dB.

Det ses, at middelverdierne af de korrigerede trinlydniveauer målt med bankemaskinen i rummene kaldet nr. 1 er praktisk talt ens i de to tilfælde, hvilket kan tydes derhen, at bygningslyden, frembragt i de to etageadskillelser på hvilke bankemaskinen er anbragt, er nogenlunde ens i de to tilfælde. Sammenlignes de to kurver mærket 2, der måles under rum 1, når bankemaskinen er anbragt i rum 2 ved siden af rum 1, ses det, at de to kurver ligger henholdsvis 31 og 6 dB under kurverne mærket nr. 1. Bygningslyden frembragt i en bygning med støbte etageadskillelser dæmpes kun lidt ved udbredelse, medens den dæmpes meget betydeligt i en bygning med træetageadskillelser. Denne betydelige forskel skyldes, at bygningslyden let udbreder sig i en gennemgående ret homogen støbt etageadskillelse, medens den dæmpes betydeligt ved overgangen fra en træetageadskillelse til væggene i bygningskonstruktionen. Når bygningslyden først er ovre i bygningen, er dæmpningen af samme størrelsesorden i de to typer af bygninger, jfr. at forskellen mellem kurverne 2, 3 og 4 er nogenlunde ens i de to tilfælde, når der tages hensyn til, at afstandene mellem rummene er lidt forskellige i de to måletilfælde.

Trinlydniveauerne, der fås, når bankemaskinen er anbragt i fjernereliggende rum, er så lille i bygninger med træetageadskillelser, at almindelig færdsel overhovedet ikke generer. I bygninger med støbte etageadskillelser er trinlydniveauet imidlertid så højt, at almindelig færdsel selv i noget fjernereliggende lokaler vil genere. Dette forhold er sandsynligvis en af de væsentligste årsager til, at ejendomme med støbte etageadskillelser regnes for så dårlige i lydæssig henseende.

Lignende målinger med tilsvarende resultat er udført for lydets udbredelse i lodret retning.

12. EVENTUELLE KRAV MED HENSYN TIL TILLADELIGT TRINLYDNIVEAU.

Erfaringer indhøstet under målinger i praksis har vist, at almindelig færdsel høres tydeligt under en etageadskillelse, såfremt middelværdien af det korrigerede trinlydniveau ligger på 60 dB eller derover. Etageadskillelser med en middelværdi over 60 dB må derfor betegnes som utilfredsstillende. Ligger middelværdien på 55 dB eller derunder, er niveauet frembragt af almindelig færdsel så lille, at man har opnået en meget væsentlig forbedring, og forholdene kan betegnes som akceptable. Ligger niveauet under 50 dB, vil almindelig færdsel normalt være uhørlig. Det er derfor ønskeligt, om man kunne indføre en bestemmelse om, at middelværdien af det korrigerede trinlydniveau skal ligge under 50 dB subsidiært 55 dB. Hvilken grænse man vil vælge må hovedsagelig fastsættes ud fra et økonomisk synspunkt. Til orientering kan det anføres, at en grænse på 55 dB vil medføre, at støbte gulve med et trægulv på strøer opklodset på brikker af et blødt materiale sandsynligvis vil kunne godkendes for adskillige bløde materialer. Ligeledes vil egentlige svømmende gulve kunne godkendes. Det vil derimod ikke være muligt at anvende trægulve uden blødt underlag under strøerne. Gulvbelagninger som linoleum, gummifliser eller træparket direkte på etageadskillelser vil heller ikke blive godkendt.

I appendix E findes en fyldigere fortegnelse over den målte middelværdi af det korrigerede trinlydniveau under en del etageadskillelser.

Det er tidligere påpeget flere gange, at man skal være forsigtig med at karakterisere en etageadskillelse alene ud fra middelværdien af det korrigerede trinlydniveau, man bør sammenligne kurverne over det korrigerede trinlydniveau som funktion af frekvensen. Dette er især af betydning ved etageadskillelser med højt trinlydniveau, medens man ved forbedrede konstruktioner med middelværdier på under 55 dB i almindelighed kan regne med, at frekvensforløbet er nogenlunde ens ved alle konstruktioner.

Når grænsen for det tilladelige trinlydniveau er fastlagt, bør der udarbejdes en fortegnelse over de almindelige typer af etageadskillelser, der opfylder de fastsatte krav, således at man godkender typerne til almindelig anvendelse. Før en type godkendes, vil det være nødvendigt at udføre målinger på et rimeligt stort antal etageadskillelser i forskellige ejendomme, således at man kan få et nogenlunde ordentligt billede af, hvor store spredninger man kan forvente i praksis. Når en ny type etageadskillelse i fremtiden foreslås anvendt, må der udføres og måles en række etageadskillelser af denne type, inden der kan tages endelig stilling til, hvorvidt typen kan godkendes til almindeligt brug.

APPENDIX A. SAMMENLIGNING MELLER MÅLERESULTATER FUNDET MED BANKEMASKINE OG MED FODTRIN.

Gösele¹⁾ har foretaget nogle undersøgelser for at godtgøre, om man får analoge resultater ved at anvende den standardiserede bankemaskine og ved at anvende fodtrin. Fig. A.1 viser forskellen i trinlydniveauet under en rå, støbt etageadskillelse og samme etageadskillelse med svømmende gulv, når man anvender bankemaskine og fodtrin. Ved udførelsen af forsøgene med fodtrin vandrede 4 personer rundt på etageadskillelsen. De to målemetoder giver praktisk talt samme resultat. Fig. A.2 viser lignende måleresultater for ændringen i trinlydniveauet, når man anbringer en kokusmåtte på en etageadskillelse. Det ses, at den dæmpende virkning af en kokusmåtte er fundet væsentlig større ved anvendelse af fodtrin end ved anvendelse af en bankemaskine. Dette kommer sandsynligvis af, at kokusmåtten bankes flad på de steder, hvor bankemaskinens hamre falder, medens der ikke sker nogen deformation af kokusmåtten hidrørende fra fodtrinene. Man må derfor regne med, at de med bankemaskinen fundne tal er for ugunstige, når der måles på slidlag, som kan deformeres væsentlig gennem påvirkning af bankemaskinens hamre.

¹⁾ Gesundheits Ingenieur, Jahr. 70, 1949, p. 66.
K. Gösele: Zur Messmethodik der Trittschalldämmung.

APPENDIX B. BEMÆRKNINGER ANGÅENDE REFERENCE-ABSORPTIONEN VED MÅLINGER
I BEBOELSESEJENDOMME.

Som anført i afsnit 3 skal der ved målinger i beboelsesejendomme benyttes en reference-absorption A_0 svarende til en efterklangstid på 0,5 sekund uafhængig af rummets størrelse. Man kunne imidlertid også tænke sig en anden form for korrektion, nemlig til et konstant antal absorptionsenheder, f. eks. 10 m^2 -Sabin som ved laboratoriemålingerne. Der har været en del diskussion angående det mest hensigtsmæssige valg. Sagen ligger sandsynligvis således, at man ikke kan undvære nogen af korrektionerne, hvorfor det internationale forslag til norm foreskriver, at de oplysninger, der er nødvendige for udregning af korrektionen svarende til 10 m^2 -Sabin ud fra måleresultatet svarende til 0,5 sekunds efterklangstid, altid skal være opgivet i rapporten. Der skal her knyttes et par yderligere kommentarer til de nævnte korrektionsmetoder.

Når man internationalt har foreslået at benytte 0,5 sekunds-korrektionen som den primære, er dette at søge i den anvendelse, man ønsker at gøre af måleresultatet. Måleresultatet skal give et udtryk for den tilstand, der i akustisk henseende findes i det rum, i hvilket målingen er udført, og da erfaringen viser, at man normalt kan regne med, at antallet af absorptionsenheder svarer til en efterklangstid på 0,5 sekund, uafhængig af rumstørrelsen, fås det rigtige udtryk for den akustiske tilstand ved at korrigere i overensstemmelse hermed. Man vil f. eks. kræve, at middelværdien af det korrigerede trinlydniveau i beboelsesejendomme ikke bør være højere end 55 dB, eventuelt 50 dB.

Korrigerer man til et bestemt antal absorptionsenheder, f.eks. 10 m^2 -Sabin og bygger sine normer på det herved fundne tal, medfører dette langt bedre tilstand i store rum end i små rum, hvilket der ikke synes at være egentlig begrundelse for.

Noget andet er, at man i praksis sandsynligvis kommer til at udviske de klare linier, idet man for at gøre det hele praktisk anvendeligt ikke kan fastholde den beskrevne rationelle metode, ifølge hvilken der fastsættes en maksimal tilladelig middelværdi for det korrigerede trinlydniveau, men at man, som beskrevet i afsnit 12, vil godkende konstruktioner til almindelig anvendelse uden hensyn til rumstørrelsen.

For en ordens skyld bemærkes det, at man i praksis, i langt de fleste tilfælde, arbejder med rumstørrelser, der ligger indenfor ret snævre grænser, nemlig $40\text{--}70 \text{ m}^3$, og at hele spørgsmålet om valg af reference-absorptionen derved er uden væsentlig betydning.

Korrektion til 10 m^2 -Sabin kan med fordel anvendes, når man ønsker at klarlægge betydningen af gulvarmalots størrelse med hensyn til den fra gulvet udstrålede effekt. Korrektion til 10 m^2 -Sabin uden hensyn til rumstørrelse medfører, at man får et tal $T_{10\text{m}^2}$, der giver udtryk for den udstrålede energi.

APPENDIX C. BETYDNINGEN AF MATERIALET P^o SLAGFLADEN AF BANKEMASKINENS HAMRE.

Valget af materiale for slagfladen på bankemaskinens hamre har en væsentlig indflydelse på måleresultaterne. Sagen har derfor været diskuteret ret indgående ved fastsættelse af de internationale normer. Man har valgt at anvende messingslagflader, idet der så ikke er vanskeligheder med hensyn til definition af materiale, hvilket derimod måske i nogen grad er tilfældet ved anvendelse af bøgetræsslagflader, som blev benyttet tidligere.

I normerne har man fastslået, at såfremt man tillige ønsker at benytte et blødt materiale, bør man for at få en vis sammenligningsmulighed mellem de med bløde materialer fundne resultater anvende en nærmere specificeret gummiart. Denne type slagflade for hamrehovederne er dog kun tænkt anvendt ved videnskabelige og ikke ved rutinemæssige undersøgelser.

For at få et overblik over hvilken forskel der er mellem måleresultaterne ved anvendelse af messing og bøgetræ, er der udført nogle målinger på samme konstruktion med messing og bøgetræ på hamrenes slagflade. Fig C.1 viser et typisk måleresultat. Hovedresultatet af dette og de andre forsøg er, at anvendelse af messing medfører, at middelværdien af trinlydniveauet er 2-3 dB større end ved anvendelse af bøgetræ.

APPENDIX D. DEN SVENSK E MÅLEMETODE.

I Sverige benyttes en målemetode, der er væsentlig forskellig fra den internationale, hvilket gør en sammenligning af de svenske og danske måleresultater ret vanskelig. Ifølge svenske normer¹⁾ defineres en etageadskillelses isolering D overfor trinlyd ved

$$D = 130 - T,$$

hvor $T = L + 10 \log A$. Her er L lydstyrken i rummet under etageadskillelsen målt med en lydtrykmåler med en frekvenskarakteristik svarende til styrkeområdet 30-60 phon, medens A i udtrykket $10 \log A$ er middelværdien af modtagerummets antal absorptionsenheder i m^2 -Sabin i frekvensområdet 600-1200 Hz.

Foruden isoleringen D definerer man begrebet den effektive isolering, der er

$$\text{eff } D = 130 - L.$$

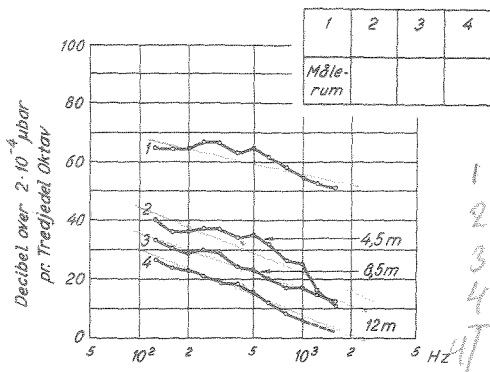
Den svenske målemetode afviger således især fra den internationale derved, at man ikke anvender frekvensanalyse, og ved, at en stigende talværdi for D eller eff D svarer til en forbedring af etageadskillelsens egenskaber.

Ved måling af en række etageadskillelser er der udført målinger dels efter den internationale dels efter den svenske metode for at få et sammenhæng mellem disse to målemetoder. For at muliggøre en sammenligning bør der korrigeres til $10 m^2$ -Sabin ved den internationale metode i stedet for til 0,5 sekunds efterklangstid i modtagerummet. Fig. D.1 viser nogle eksempler på måleresultater. Der ses at være en nogenlunde god korrelation i dette tilfælde. Ved andre målinger er der fundet knapt så gode resultater.

¹⁾ "Anvisninger til byggnadsstadgan". Kungl. Byggnadsstyrelsens anvisninger 1946, 1.

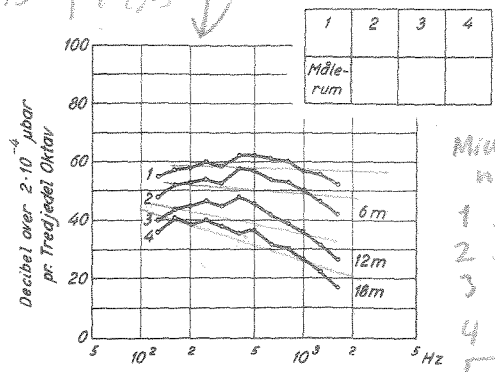
NB man kan selv ikke
lave gnsat af Middelttrinlydsniv,
men glligeval

← 34,5 | 44,5 ↓



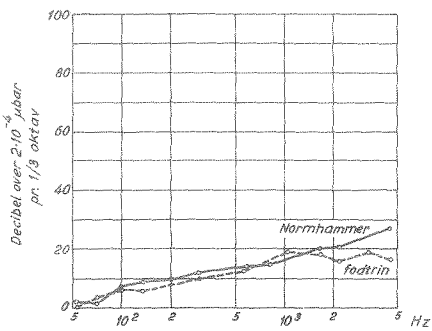
Figur 16.

Trinlydens udbredelse til fjernereliggende rum i en bygning med træetageadskillelser. Kurverne viser $T_{0,5}$ målt i rummet under rum 1 - se skitse - og med bankemaskinens anbragt i rum 1, 2, 3 og 4. Rum 2, 3 og 4 ligger 4,5 m, 8,5 m og 12 m fra rum 1. (Træsagflader).



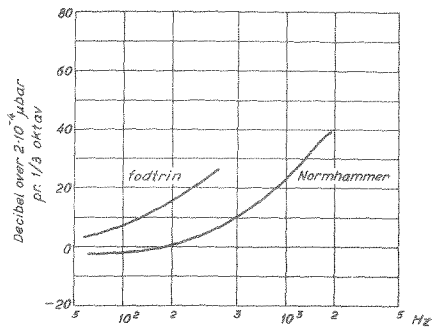
Figur 17.

Trinlydens udbredelse til fjernereliggende rum i en bygning med støbte etageadskillelser. Kurverne viser $T_{0,5}$ målt i rummet under rum 1 - se skitse - og med bankemaskinens anbragt i rum 1, 2, 3 og 4. Rum 2, 3 og 4 ligger 6 m, 12 m og 18 m fra rum 1. (Træsagflader).



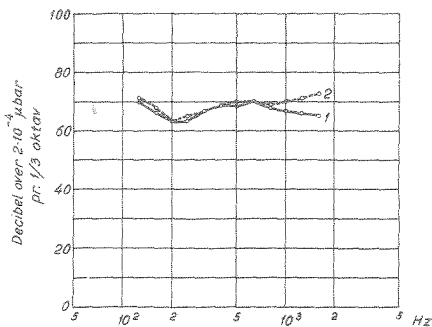
Figur A.1.

Sammenligning af målinger udført med den standardiserede bankemaskine og med fodtrin. Ud ad ordinaten er afsat forskellen i trinlydniveauet under en rå, støbt etageadskillelse og samme etageadskillelse med svømmende gulv. Ud ad abscissen er middelfrekvenserne for 1/3 oktav filtreret afsat.



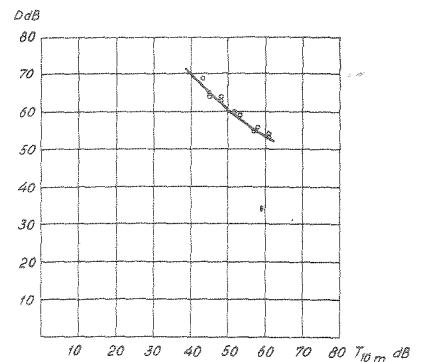
Figur A.2.

Sammenligning af målinger udført med den standardiserede bankemaskine og med fodtrin. Ud ad ordinaten er afsat forskellen i trinlydniveauet under en rå, støbt etageadskillelse og samme etageadskillelse med en kokusmätte.



Figur C.1.

$T_{0,5}$ målt under et røselærdek med anvendelse af bøgetræs- og messingslagflader for bankemaskinens hamre. Kurve 1 bøgetræ, kurve 2 messing.



Figur D.1.

Sammenligning mellem måleresultater fundet ved anvendelse af den internationale metode og den svenske metode. Ud ad abscissen er afsat $T_{10 m^2-Sab}$. Ud ad ordinaten er afsat trinlydisoleringen D, som defineret i de svenske normer.

Bemærkningen (træsagflader) betyder, at bankemaskinen ved den pågældende måling var forsynet med slagflader af bøgetræ.

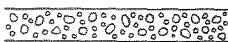
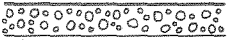

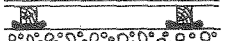
APPENDIX E. OVERSIGT OVER MÅLERESULTATER FOR MIDDELVÆRDIEN AF DET
KORRIGEREDE TRINLYDNIVEAU I BEBOELSESEJENDOMME.

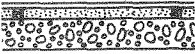


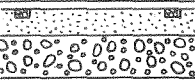
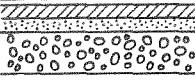
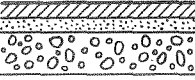



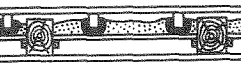
Da måleresultaterne i de fleste tilfælde er baseret på måling af en enkelt etageadskillelse, kan man kun klassificere de målte etageadskillelser efter meget grove retningslinier. En mere detaljeret klassificering kræver langt mere omfattende målinger, idet der har vist sig at være en spredning på ± 3 decibel de steder, hvor der er målt flere etageadskillelser af samme konstruktion.

Betegnelserne B og M (i omstående skema) i søjlen for slagflade betyder, at bankemaskinen har været forsynet med henholdsvis bøgetræsslagflade og messingslagflade.

Ved flere af de målinger, der er opført i tabellerne, har det ikke været muligt at fremskaffe enkelte oplysninger om dimensioner af etageadskillelsen, idet disse målinger ofte er foretaget længe efter, at huset er færdigbygget. Der må endvidere tages forbehold med hensyn til rigtigheden af de givne oplysninger om etageadskillelsernes konstruktion, idet det i mange tilfælde har været umuligt at efterkontrollere disse.

TABEL I

	Karakter af dæk	Slag- flade	Antal målinger	dB over $2 \cdot 10^{-4}$ ubar
	 <u>Støbt, rått dæk.</u>			
	Hulstensdæk og jernbetondæk	B	5	65-70
2	<u>Støbt dæk med enkelt slidlag.</u>			
	Expanko på 14 cm røselerdæk	B	1	61
	 Dafeleum på 14 cm røselerdæk	B	1	66
	Bøgeparket på 2 lag pap på 11 cm klinkerbeton	B	3	58-60
3	<u>Støbt dæk med asfalt på underlag.</u>			
	Asfalt på brumunit på 14 cm røselerdæk	B	2	56 og 58
	Asfalt på kramforsplade på 14 cm røselerdæk	B	1	47
	 Asfalt på 1/2" blød træfiberplade på kramforsplade på 16 cm røselerdæk	B	1	48
	Asfalt på Durisol på kramforsplade på 16 cm røselerdæk	B	1	48
4	<u>Støbt dæk med trægulv på strøer.</u>			
	Strøer direkte på dæk. Baumadæk	B	1	61
	" " " " 16 cm røselerdæk	M	2	59
	Strøer på papstrimler. Ståltegldæk	M	2	59
	" " korkbrikker. 14 cm Leca-betondæk	M	1	56
	Strøer på korkbrikker. 14 cm røselerdæk	B	1	56 + 3 for B. = 59
	Strøer på korkbrikker. 20 cm Leca-beton	M	2	58
	Strøer på bløde træfiberbrikker. 14 cm røselerdæk	B	2	57 og 60
	Strøer på bløde træfiberbrikker. 14 cm jernbeton	B	2	55 + 3 for B. = 58
	Strøer på bløde træfiberbrikker. 13 cm jernbeton	M	3	51-54
	Strøer på rockwoolbrikker. 14 cm røselerdæk	B	1	56
	Strøer på kramforsbrikker. 10 cm jernbeton	M	1	57
	Strøer på 15 mm fiberstrimler, 12 cm jernbeton	M	4	52-56
	Strøer på raumastrimler. 9 cm jernbeton	B	2	52 og 56
	 Strøer på rockwoolstrimler. 14 cm røselerdæk	B	1	55
	Strøer på rockwoolstrimler. 9 cm jernbeton	B	1	59
	Strøer på rockwoolmätte. 9 cm jernbeton	B	1	56 + 3 = 59
	Strøer på rockwoolmätte. 14 cm jernbeton	B	1	55
	Strøer på arkimätte. 14 cm røselerdæk	B	1	56
	Strøer på arkimätte. 14 cm jernbeton	B	1	55

Type nr.	Karakter af dæk	Slagflade	Antal målinger	dB over $2 \cdot 10^{-4}$ ubar
5	<u>Støbt dæk med trægulv på strøer.</u> <u>Løst sand mellem strøer.</u>			
	 Strøer direkte på dæk og med løst sand mellem strøer. 14 cm røselerdæk	B	1	53
	Strøer direkte på dæk og med løst sand mellem strøer. 17 cm jernbeton (svensk)	M	1	51
	Strøer direkte på dæk med løst sand mellem strøer. 2 lag gulvbrætter. 17 cm jernbeton (svensk)	M	2	44 og 47
6	<u>Støbt dæk med trægulv uden strøer på underlag.</u>			
	 Egeparket på blød træfiberplade på 4 cm overbeton på 15 cm hurdis dæk	M	1	63
7	<u>Formetadæk med trægulv på strøer.</u>			
	 Strøer på bløde træfiberbrikker	B	1	48
	Strøer på 15 mm rockwoolmätte	B	3	48-52
	Strøer på ukendt underlag	M	2	48-50
8	<u>Støbt dæk med et belastet sandlag.</u>			
	 Fyrretrægulv samlet med lister på sand (svensk)	M	1	58
	 Parketgulv på tretong på sand (svensk)	M	1	57
	 Linoleum på tretong på sand (svensk)	M	1	61
	 Parket på tretong på sand på måtte (svensk)	M	1	44
9	<u>Almindelig trætageadskillelse.</u>			
	 Uden gulvbelægning	B	4	60-65
	Uden gulvbelægning	M	1	66
	Med linoleum (gammelt hus)	M	3	57-60
10	<u>Forbedrede trætageadskillelser.</u>			
	 Bøgegulv samlet med klips. Rockwoolstrimler mellem gulv og bjælker	B	1	52
	 Gulv på lægter på rockwoolstrimler på indskudsbrætter	B	1	54

TABEL II.

Gruppe	Konstruktion	Slag- flade	Antal målin- ger	Middeltrinlyd- niveau dB over $2 \cdot 10^{-4}$ μ bar
$65 \leq T_{0,5}$	I Støbte etageadskillelser og hulstensdæk	B	5	65-70
	Dafoleum på 14 cm røselerdæk	B	1	66
$60 \leq T_{0,5} \leq 65$	II Expanko på 14 cm røselerdæk	B	1	61
	Trægulv på strøer på baumadæk	B	1	61
	Egeparket på 12 mm blød træfi- berplade på 4 cm overbeton på 15 cm hurdis dæk	M	1	63
	Almindelige træetageadskil- lelser uden gulvbelægning	B	4	60-65
$55 \leq T_{0,5} \leq 60$	III Bøgeparket på 2 lag pap på 11 cm klinkerbeton	B	3	58-60
	Asfalt på brumunit på 14 cm røselerdæk	B	2	56-58
	Trægulv på strøer på 16 cm røselerdæk	M	2	59
	Trægulv på strøer på pap- strimler på ståltegl-dæk	M	2	59 ✓
	Trægulv på strøer på korkbrik- ker på 14 cm leca-beton eller 14 cm røselerdæk	M	2	56
	Trægulv på strøer på korkbrik- ker på 20 cm leca-beton	M	2	58
	Trægulv på strøer på bløde træfiberbrikker på 14 cm røselerdæk	B	2	57-60
	Trægulv på strøer på rockwool- brikker på 14 cm røselerdæk	B	1	56
	Trægulv på strøer på kramfors- brikker på 10 cm jernbeton	M	1	57 ✓
	Trægulv på strøer på rockwool- strimler på 14 cm røselerdæk	B	1	55
Trægulv på strøer på rockwool- strimler på 9 cm jernbeton	B	1	59	

Gruppe	Konstruktion	Slag- flade	Antal Målin- ger	Middeltrinlyd- niveau dB over $2 \cdot 10^{-4}$ μ bar.
III 55 $\frac{1}{2}$ T 0,5 $\frac{1}{2}$ 60	Trægulv på strøer på rockwool- måtte på 9 cm jernbeton	B	1	56
	Trægulv på strøer på rockwool- måtte på 14 cm jernbeton	B	1	55
	Trægulv på strøer på arkimåt- te på 14 cm røselerdæk	B	1	56
	Trægulv på strøer på arkimåt- te på 14 cm jernbeton	B	1	55
	Trægulv samlet med lister på sand på støbt dæk (svensk)	M	1	58
	Parketgulv på tretong på sand på støbt dæk (svensk)	M	1	57
	Linoleum på almindelig træ- tageadskillelse	M	3	57-60
IV 50 $\frac{1}{2}$ T 0,5 $\frac{1}{2}$ 55	Trægulv på strøer på bløde træfiberbrikker på 13 cm jernbeton	M	3	51-54
	Trægulv på strøer på 14 cm rø- selerdæk. Sand mellem strøer	B	1	53
	Trægulv på strøer på 17 cm jernbeton. Sand mellem strøer (svensk)	M	1	51
	Trægulv samlet med clips på trætageadskillelse. Rockwool- strimler mellem gulv og bjælke	B	1	52
	Trægulv på lægter på rockwool- strimler på indskudsbrætter i trætageadskillelse	B	1	54
Trægulv på strøer på 15 mm fi- berstrimler på 12 cm jernbeton	M	4	52-56	

Gruppe	Konstruktion	Slag- flade	Antal målin- ger	Middeltrinlyd- niveau dB over $2 \cdot 10^{-4}$ μ bar
	Asfalt på kramforsplade på 14 cm røselerdæk	B	1	47
	Asfalt på 1/2" blød træfiber- plade på kramforsplade på 16 cm røselerdæk	B	1	48
	Asfalt på durisol på kramfors- plade på 16 cm røselerdæk	B	1	48
V	Trægulv (2 lag brædder) på strøer på 17 cm jernbeton. Sand mellem strøer (svensk)	M	2	44-47
T 0,5 \rightarrow 50	Trægulv på strøer på bløde træfiberbrikker på formetadæk	B	1	48 ^{+3 A-B}
	Trægulv på strøer på 15 mm rockwoolmåtte på formetadæk	B	3	48-52
	Trægulv på strøer på ukendt materiale på formetadæk	M	2	48-50
	Parketgulv på tretong på sand på måtte på støbt dæk (svensk)	M	1	44

ENGLISH SUMMARY.

The purpose of this paper is to give a survey of free field and laboratory measurements of impact sound insulation carried out in Copenhagen by the Acoustical Laboratory.

The apparatus - tapping machine and equipment for sound pressure measurements - and technique used are described in sections 2 and 3. The provisional code for field and laboratory measurements drawn up by an informal international working committee (see Report from the Acoustics Group Symposium, London 1949. P.H. Parkins: Provisional Code for Field and Laboratory Measurements of Airborne and Impact Sound Insulation) is mainly followed. A few differences exist due to historical reasons. The sound analysis is carried out with 1/3 octave filters and not 1/1 octave filters as required in the international code, since 1/3 octave filters have been used for some 8 years in Denmark. The transmission of impact sound due to the tapping machine on a floor is in accordance with the code characterized by a curve showing the frequency analysis of the sound field in the receiving room. Besides this a single figure - giving the average of the sound analysis - is used in Denmark.

Hence the following four concepts are used:

1. The computed sound pressure level per 1/3 octave of impact sound in the receiving room. Symbol T .

2. The effective sound pressure level per 1/3 octave of impact sound in the receiving room defined by the relation

$$T_{\text{eff}} = T - 10 \log \frac{A_0}{A}$$

The reference absorption is either 10 m²-Sabin or it corresponds to a reverberation time of 0.5 seconds in the receiving room. Symbols T_{10} and $T_{0.5}$ respectively. Hence

$$T_{10} = T - 10 \log \frac{10}{A}$$

$$T_{0.5} = T - 10 \log \frac{t}{0.5}.$$

3. The average of the computed sound pressure level per 1/3 octave of impact sound in the receiving room defined as the arithmetic mean of the computed sound pressure level per 1/3 octave to the nearest decibel over the range of mean frequencies 125 to 1600 c/s. Symbol T_m .

4. The average of the effective sound pressure level per 1/3 octave of impact sound in the receiving room defined as the arithmetic mean of

the effective sound pressure level per 1/3 octave to the nearest decibel over the frequency range of mean frequencies 125 to 1600 c/s. Symbol $T_{10,m}$ and $T_{0,5m}$ respectively.

The first two concepts are in accordance with the definitions given in the international code except that 1/3 octaves are used instead of 1/1 octaves. The 1/3 octave figures can be corrected to 1/1 octave by the addition of $10 \log 3 = 5$ db.

In section 4 a short discussion on laboratory measurements is given and it is emphasized that laboratory measurements mainly are used when relative measurements can be carried out. An example is measurement of the improvement obtained by using various sets of floor finishing. The results of absolute measurements can only be taken as an indication of the expected effect of a construction when used in the field, because the conditions in the laboratory always differ to some extent from the conditions in the field.

Section 5 is reserved a discussion of the various factors which have an influence on the results of the measurements, e.g. calibration of the sound level meter, number of microphone positions used when making the analysis of the sound field in the receiving room, the accuracy of the fulfilment of the specification for the tapping machine, the area of the floor measured, the accuracy of the correction for number of absorption units in the receiving room, the flanking transmission, the load on the floor, bonds occurring between edges of a floating screed and surrounding walls, variations with time in the quality of resilient materials etc.

More general points of view regarding various constructions are mentioned in section 5.

Section 7 gives the measured values of the average of the effective sound pressure level per 1/3 octave for concrete floors with various finishing. The actual measured values are listed in tables I and II, Appendix E.

Section 8 gives corresponding results for wood-joint floors.

The influence of skirtings or pipes belonging to the central heating plant has been studied. A few results are reported in section 9.

Section 10 is reserved the discussion on the influence of the load on the floor. This influence is important when a resilient material is used between the floor finishing and the structural floor.

The transmission of impact sound to more distant rooms is a little difficult to measure due to the rather low sound level. The values found are given in section 11 and fig. 16 and 17 give a graphical representation of the results.

The highest value of sound level produced by the tapping machine which can be allowed if good living conditions shall be obtained is discussed in section 12. The Danish experience is that a value of 50 db for the average of the effective sound pressure level per 1/3 octave reduced to 0,5 seconds reverberation time gives very good living conditions, and not more than 55 db should be allowed.

Five appendices A-E are enclosed.

Appendix A: Comparison of results measured when using the tapping machine and footsteps.

Appendix B: Remarks relating to the choice of the reference-absorption used for dwellings.

Appendix C: The influence of the material of the hammer heads.

Appendix D: The Swedish method for impact sound insulation measurements.

Appendix E: The effective sound pressure level per 1/3 octave measured for various floor constructions.

ANDRE SKANDINAVISKE PUBLIKATIONER
Publications from Building Research Institutes in other Scandinavian countries.

De nordiske landes byggeforskningsorganer søger gennem et samarbejde at koordinere deres bestræbelser, og publikationer fra det ene land kan således ofte have værdi i det andet. Efter fælles aftale bringes her en liste over publikationer indenfor byggeforskningsområdet fra andre skandinaviske lande. De vil normalt kunne fås gennem boghandelen.

Udgivet af: STATENS TEKNISKA FORSKNINGSANSTALT, Helsingfors.

Published by: The State Institute for Technical Research, Helsingfors, Finland.

Publikationer (Publications)

No. 1: *Tuomola, Tuomas.* Über die Holz Trocknung mit besonderer Berücksichtigung der Beziehungen zwischen der Trocknungsgeschwindigkeit des finnischen Kiefernholzes und den darauf einwirkenden verschiedenen Faktoren. 1943. 160 p. FMk 200:—.

No. 2: *Kantola, Martti.* X-ray Studies on Solid Solutions of KCl and KBr. 1947. 8 p. FMk 50:—.

No. 3: *Kantola, Martti.* X-ray Studies on the Thermal Expansion of Solid Solutions of KCl and KBr. 1947. 12 p. FMk 60:—.

No. 4: *Ryti, Henrik.* Über den Einfluss der exzentrischen Anlenkung der Pleuelstangen in Verbrennungsmotoren. 1948. 114 p. FMk 500:—.

No. 5: *Vainio, Martti T.* Über den horizontalen Kurvenflug. 1948. 84 p. FMk 500:—.

No. 6: *Wuolijoki, Jaakko R.* On Determination of Elastic Constants from Natural Frequencies of Bending Vibration. 1948. 9 p. FMk 60:—.

No. 7: *Gripenberg, Ole.* Byggnadsekonomi. (English summary: Building Economy). 1948. 271 p. FMk 650:—.

No. 8: *Asanti, P.* Über die thermischen Eigenschaften der Kobaltverbindungen und ihr Auftreten in Schlacken. 1948. 84 p. FMk 500:—.

No. 9: *Kivimaa, Eero & Murto, Jaakko O.* Investigations on Factors Affecting the Chipping of Pulp Wood. 1949. 25 p. FMk 120:—.

No. 11: *Aspijala, Tapani.* Teoretiska studier över byggnadsstommens anskaffningskostnader. (Under tryckning — in press).

No. 12: *Tikkanen, Matti.* Beitrag zur Theorie der Wasserstoffreduktion des Magnetits. 1949. 92 p. FMk 500:—.

No. 14: *Virtala, Voitto, Oksanen, S. och Fribund, F.* Om självantändlighet, dess bestämning och förekomst. (English summary: On Spontaneous Ignition and its Occurrence, Methods for the Determination of the Tendency to Spontaneous Ignition). 1949. 52 p. FMk 250:—.

No. 20: *Vuolijoki, Jaakko R.* Zur Schwingungstheorie des Kragbalkens unter besonderer Berücksichtigung des Schubmoduls. (English summary: Vibration Theory of Cantilever Beams with Regard to Shearing Modulus). 1950. 10 p.

Meddelanden (Reports)

No. 31: *Blomberg, Hans.* Kryppgalvanometern. (Fluxmetern). 1946. 45 p. FMk 80:—.

No. 34: *Wegelius, E.* Metallteknisk forskning, dess möjligheter och uppgifter. 1946. 22 p. FMk 50:—.

No. 37: *Virtala, Voitto.* Om plåtbeslagna branddörrar av trä. 1947. 10 p. FMk 40:—.

No. 43: *Virtala, Voitto.* Den brandtekniska forskningens andel i brandskyddsarbetet i Finland. 1947. 28 p. FMk 45:—.

No. 48: *Paavola, Martti, Laurinmäki, Erkki & Simola, Osmo.* Undersökningar av isolerade ledningars uppvärmning. 1947. 24 p. FMk 50:—.

No. 64: *Blomberg, Hans.* En permeameter för mätning av magnetiseringskurvan för järnprov vid höga magnetiska fluxtätheter. 1948. 28 p. FMk 60:—.

No. 75: *Sundgren, Albert.* Undersökningar beträffande torvextraktion och framställning av vax- och hartsämnen ur det erhållna torvbitumenet. (English summary). 1949. 32 p. FMk 75:—.

No. 76: *Wegelius, E.* Teknisk forskning i Finland, dess betydelse och möjligheter. 1949. 16 p. FMk 50:—.

No. 82: *Sundgrén, A. & Rauhala, Veikko T.* Preliminary Note on Fatty Acids. 1949. 11 p. FMk 50:—.

No. 89: *Gripenberg, O. & Jarle, P.-O.* Ekonomi och byggnadsverksamhet. Uppsatser I. (English summary: Economy and Building Activities. Articles I). 1950. 50 p. FMk 80:—.

No. 90: *Rahtú, H.* Byggnadsforskningen och den byggnadstekniska utvecklingen i Finland. (English summary: On Building Research and the Development of Building Technics in Finland). 1950. 14 p. FMk 50:—.

No. 92: Om teknisk forskning i U. S. A. 1950. 27 p. FMk 50:—.

Udgivet af: NORGES TEKNISK-NATURVITENSKAPELIGE FORSKNINGSRÅD,
BYGGETEKNISK UTVALG, Oslo.

Published by: The Royal Norwegian Council for Scientific and Industrial Research, Building Research Department, Oslo, Norway.

Rapporter (Reports)

No. 1: *Watzinger, A.* Varmeledningstall for byggematerialer. (Heat Conduction Coefficients for Building Materials. — With an English summary). Oslo 1950. 35 p. N. kr. 5.—.

No. 2: *Andersen, Aksel og Granum, Hans.* Forsøk med tømmerforbinderne Alligator, Bulldog, Rox og »Stjerne«. (Tests of Alligator, Bulldog, Rox and "Stjerne" Timber Connectors. — With an English summary). Oslo 1951. 59 p. N. kr. 5.—.

No. 3: *Granum, Hans.* Yttervegger for småhus. (Exterior Walls in Small Houses. — With an English summary). Oslo 1951. 42 p. N. kr. 7.—.

Udgivet af: STATENS KOMMITTÉ FÖR BYGGNADSFORSKNING, Stockholm.

Published by: The Swedish State Committee for Building Research, Stockholm, Sweden.

Meddelanden (Bulletins)

No. 1: *Tengvik, Nils.* Byggnadsforskningen i Sverige. En sammanställning. (Building Research in Sweden. A Summary). Stockholm 1945. 234 p. Sv. kr. 3:—.

No. 2: *Friberger, Erik.* Mekaniserad bostadsproduktion. En- och tvåvåningshus. (Mechanized Production of Standardized Building Units for One and Two Storied Houses.) Stockholm 1945. 51 p. (Utgången. — Out of print.)

No. 3: *Nylander, Henrik.* Vridning och vridningsinspänning vid betongkonstruktioner. (Torsion and Torsional Restraint in Concrete Structures.) Stockholm 1945. 138 p. (Utgången. — Out of print.)

No. 4: *Dickson, Harald.* Byggnadskostnader och byggnadsmaterialmarknader. Studier rörande utvecklingen i Sverige. (Building Costs and Building Material Markets. Study of Development in Sweden.) Stockholm 1946. 80 p. (Utgången. — Out of print.)

Övriga publicerade arbeten (Other Works Published)

Undersökningar helt eller delvis bekostade av Kommittén och publicerade av andra institutioner (Investigations subsidized by the Committee and published by other institutions).

Bergström, Moje och Johannesson, Paul. Utexperimentering av normalt typ för branddörrar. Statens provningsanstalts Meddelande nr. 105. (Tests for Establishing a Standard Type of Fireproof Doors. Bulletin No. 105 of the Swedish Government Testing Institute.) Stockholm 1948. 35 p. Sv. kr. 3:—.

Brüel, Per V. Lydisolationsmålningar i byggnader. Chalmers Tekniska Högskolas Handling nr. 86. (Transaction No. 86 of Chalmers University of Technology.) Göteborg 1949. 191 p. Sv. kr. 12:—.

Eggwertz, Sigge. Theory of Elasticity for Thin Circular Cylindrical Shells. Kungl. Tekniska Högskolas Handling nr. 9. (Transaction No. 9 of the Royal Institute of Technology.) Stockholm 1947. 26 p. Sv. kr. 2:—.

Granholm, Hjalmar. Beräkning av hängbroar. Del I. Chalmers Tekniska Högskolas Handling nr. 22. (Design of Suspension Bridges. Vol. I. Transaction No. 22 of Chalmers University of Technology.) Göteborg 1943. 206 p. Sv. kr. 9:—.

Granholm, Hjalmar. Beräkning av hängbroar. Del II. Chalmers Tekniska Högskolas Handling nr. 46. (Design of Suspension Bridges. Vol. II. Transaction No. 46 of Chalmers University of Technology.) Göteborg 1945. 111 p. Sv. kr. 6:50.

Granholm, Hjalmar. Om sammansatta balkar och pelare med särskild hänsyn till spikade träkonstruktioner. Chalmers Tekniska Högskolas Handling nr. 88. (On Composite Beams and Columns with Particular Regard to Nailed Timber Structures. Transaction No. 88 of Chalmers University of Technology.) Göteborg 1949. 214 p. Sv. kr. 12:—.

Johannesson, Paul. Redogörelse för några utförda provningar av branddörrar. Statens provningsanstalts Meddelande nr. 94. (Account of some Tests of Fire-Doors. Bulletin No. 94 of the Swedish Government Testing Institute.) Stockholm 1944. 19 p. Sv. kr. 1:25.

Johansson, Carl Hugo. Theoretical Investigation of the Effect of Capillary Suction on Transfer of Moisture in Hygroscopic Materials. Kungl. Tekniska Högskolas Handling nr. 20. (Transaction No. 20 of the Royal Institute of Technology.) Stockholm 1948. 16 p. Sv. kr. 2:—.

Nielsen, Knud E. C. Investigation of Load Distribution between Reinforced Concrete Slabs and Their Formwork. Preliminary

Report. Svenska Forskningsinstitutets för Cement och Betong Meddelande nr. 19. (Bulletin No. 19 of the Swedish Cement and Concrete Research Institute.) Stockholm 1949. 15 p. Sv. kr. 2:50.

Nycander, Per. Värmeisolering och kondensering hos fönster. Inverkan av glasavstånd och ventilation mellan glasen. Statens provningsanstalts Meddelande nr. 96. (Heat Transmission and Condensation of Double Windows. Dependence on the Distance between the Panes and on the Ventilation between them. Bulletin No. 96 of the Swedish Government Testing Institute.) Stockholm 1946. 29 p. Sv. kr. 2:—.

Ronge, Hans. Ultraviolet Irradiation with Artificial Illumination. A Technical, Physiological and Hygienic Study. (Acta Physiologica Scandinavica. Vol. 15. Suppl. 49.) Stockholm 1948. 192 p. Sv. kr. 12:—.

Thunell, Bertil och Elken, Ella. Värmebehandling av trä för minskning av svällning och krympning. Svenska Träforskningsinstitutets Meddelande nr. 18. (Heat Treatment for Minimizing Wood Swelling and Shrinkage. Bulletin No. 18 of the Swedish Forest Products Research Laboratory.) Stockholm 1948. 23 p.

Wästlund, Georg och Bergström, Sven G. Buckling of Compressed Steel Members. Kungl. Tekniska Högskolas Handling nr. 30. (Transaction No. 30 of the Royal Institute of Technology.) Stockholm 1949. 172 p. Sv. kr. 10:—.

Wästlund, Georg och Eriksson, Anders. Undersökningar av betongbelägningars motståndsförmåga mot avnötning samt åtgärder till förhindrande av dammbildning. Svenska Forskningsinstitutets för Cement och Betong Handling nr. 5 (s). (Wear Resistance Tests on Concrete Floors and Methods of Dust Revention. Proceeding No. 5 (c) of the Swedish Cement and Concrete Research Institute.) Stockholm 1945. 53 p. Sv. kr. 5:—.

Örbom, Björn. Högvärdigt stål som armering i betongbalkar. Förankring, skarvning, sprickbildning. Statens provningsanstalts Meddelande nr. 103. (High-Grade Steel as Reinforcement in Concrete Beams. Anchorage, Jointed Bars, Crack Formation. Bulletin No. 103 of the Swedish Government Testing Institute.) Stockholm 1948. 46 p. Sv. kr. 3:—.

Jansson, Ingvar. Träbesparing i jordbrukets byggnader. Några byggnadstekniska och byggnadsekonomiska undersökningar. Meddelande nr. 18 från Statens forskningskommitté för lantmannabyggnader. (Wood-saving Recommendations for Farm-Buildings. Bulletin No. 18 of the Swedish State Research Committee for Farm-Buildings.) Lund 1950. 45 p.

Udgiven af: BYGGSTANDARDISERINGEN, Stockholm.

Published by: The Building Section of the Swedish Standards Association, Stockholm, Sweden.

Thunell, Bertil. Trä, dess byggnad och felaktigheter. (Wood, its Construction and Defects.) Stockholm 1945. 103 p. Sv. kr. 6:—.

Bergvall, Lennart och Dahlberg, Erik. Byggstandardiseringsens Modulutredning. (Report on Modular Coordination.) Stockholm 1946. 89 p. Sv. kr. 10:—.

(The text is also available in an English translation, but without illustrations and diagrams. It must therefore be studied together with the Swedish edition. 79 p. Sv. kr. 12:50.)

Österberg, David. Modulmurning med betonghållsten. (Modular Masonry with Hollow Concrete Blocks.) Stockholm 1947. 12 p. Sv. kr. 1:—.

Österberg, David och Heimbürger, Gunnar. Modulmurning med lättbetong. (Modular Masonry with Light Weight Concrete.) Stockholm 1947. 22 p. Sv. kr. 2:—.

Österberg, David. Modulmurning med tegel. (Modular Masonry with Bricks.) Stockholm 1947. 16 p. Sv. kr. 1:—.

Österberg, David. Modulsättning med keramiska plattor. (Modular Laying with Ceramic Plates.) Stockholm 1949. 12 p. Sv. kr. 1:50.

Endvidere har Byggstandardiseringen udsendt et stort antal svenske standarder for byggeriet.

- Nr. 3: *Akustisk regulering af gymnastiksale*, Poul Becher, 1950, 4 s. A₄, Kr. 1.—
 Nr. 4: *Vinterbyggeriets ABC*, 1949, 16 s. A₅, (Gratis).
 Nr. 5: *Bedre varmeisolerings er billigere*, 1950, 48 s. A₄, Kr. 3.—
 Nr. 6: *Fugt i nye huse* (plakat til ophængning), 1949, A₄, Kr. 5.— pr. 100 expl.
 Nr. 7: *Fugt og isolering*, Poul Becher og Vagn Korsgaard, 1951, 107 s. A₅, Kr. 4.—
 Nr. 8: *Brug og valg af betonblandere*, Niels H. Krarup og K. Malmstedt-Andersen, 1951, 66 s. A₃, Kr. 3.—
 Nr. 9: *Vinterbyggeriets ABC*, 2. udg., 1950, 24 s. A₄, 1 stk.: 50 øre, 15 stk.: kr. 5.—, 100 stk.: kr. 25.—
 Nr. 10: *Kunstig belysning på byggepladser*, 1951, 14 s. A₄, Kr. 2.—

Sertryk

af artikler i tidsskrifter o. lign., omhandlende Institutets arbejde eller forfattet af Institutet eller dets medarbejdere. Enhedspris for alle sertryk: kr. 1.—

- Nr. 1: *Økonomisk varmeisolering, en kortfattet oversigt*, Poul Becher, 1949, 9 s. A₄.
 Nr. 2: *Byggestandardisering*, Mogens Voltelen, 1949, 6 s. A₄.
 Nr. 3: *Luftstråler fra ventilationsåbninger*, Poul Becher, 1949, 6 s. A₄, (Udsolgt).
 Nr. 4: *Om betydningen af hurtig tildekning af beton støbt om vinteren*, Erik Rastrup, 1950, 8 s. A₅, (Udsolgt).
 Nr. 5: *Kelderdydermar af Geobeton*, H. Ewaldsen, 1950, 8 s. A₅, (Udsolgt).
 Nr. 6: *Valg af cement ved betonstøbning om vinteren*, Poul Nerenst, 1950, 7 s. A₅, (Udsolgt).
 Nr. 7: *Vinterbyggeri i en provinsby og vinterbyggeri på landet*, Asger Schminning, *Vinterbyggeri i Stockholm*, O. Gerner Hansen, 1950, 12 s. A₄.
 Nr. 8: *Er vore bygninger rationelt dimensionerede, når hensyn tages til såvel anlægs- som driftsomkostninger?*, Niels M. Plum, 1950, 9 s. A₄.
 Nr. 9: *Betonegenskabernes afhængighed af materialernes sammensætning*, Niels M. Plum, 1950, 45 s. A₅.
 Nr. 10: *Varmeløbet gennem plane teardelte vægge*, Poul Becher, 1950, 8 s. A₄.
 Nr. 11: *Om anvendelse af lydshastighed i beton til bestemmelse af dens tørre egenskaber*, Johs. Andersen og Poul Nerenst, 1950, 28 s. A₅.
 Nr. 12: *Varmekilder til vinterbyggeri*, Poul Gunst Hansen, 1950, 4 s. A₄.
 Nr. 13: *Hvad koster vinterbyggeri?*, Asger Schminning, 1950, 4 s. A₄.
 Nr. 14: *Elektrisk frostsikring af interimistiske vandledninger på byggepladser*, Poul Gunst Hansen, 1950, 2 s. A₄.
 Nr. 15: *Støbning af simple betonkonstruktioner om vinteren*, Poul Nerenst og Niels M. Plum, 1950, 6 s. A₄.
 Nr. 16: *Kunstig udtørring af nybygninger*, Vagn Korsgaard, 1950, 11 s. A₄.
 Nr. 17: *Prøving af 11 danske betonblandere*, Per Bredsdorff, Poul Nerenst og Niels M. Plum, 1951, 56 s. A₅.
 Nr. 18: *Beregning af staldes varmeisolering og ventilering*, Vagn Korsgaard, 1951, 12 s. A₄.
 Nr. 19: *Rationalisering af arbejdstekniken i boligbyggeriet*, Niels M. Plum, 1951, 14 s. A₅.
 Nr. 20: *Varmeisolering og ventilering af kostalde*, Vagn Korsgaard, 1951, 4 s. A₄.
 Nr. 21: *Stålstilladser til hushygning*, Niels M. Plum, 1951, 14 s. A₅.

- No. 3: *Acoustical Designing of Gymnasia*, Poul Becher (Danish text with a brief English Summary), 1950, 4 p. Size A₄, Kr. 1.—
 No. 4: *The Winter Construction ABC-Book*, 1949, 16 p. Size A₅, (Free of charge).
 No. 5: *Better Heat Insulation is Cheaper*, 1950, 48 p. Size A₄, Kr. 3.—
 No. 6: *Dampness in Newly Built Houses* (poster), 1949, Size A₄.
 No. 7: *Moisture and Insulation*, Poul Becher and Vagn Korsgaard, 1951, 107 p. Size A₅, Kr. 4.—
 No. 8: *Use and Selection of Concrete Mixers*, Niels H. Krarup and K. Malmstedt-Andersen, 1951, 66 p. Size A₃, Kr. 3.—
 No. 9: *The Winter Construction ABC-Book*, 2nd. edition, (Danish text — Separate English Summary), 1950, 24 + 16 p. Size A₄, Kr. 0.50.
 No. 10: *Artificial Illumination of Building Sites*, 1951, 14 p. Size A₄, Kr. 2.—

Reprints

of articles in periodicals or the like, dealing with the activities of the Institute or composed by the Institute or its staff. Standard price of all reprints: kr. 1.—

- No. 1: *Economical Heat Insulation, a brief survey*, Poul Becher (Danish text), 1949, 9 p. Size A₄.
 No. 2: *Building Standardization*, Mogens Voltelen (Danish text), 1949, 6 p. Size A₄.
 No. 3: *Air-Jets from Inlets in Ventilation*, Poul Becher, 1949, 6 p. Size A₄, (Out of print).
 No. 4: *On the Importance of Immediate Covering of Green Concrete in Cold Weather*, Erik Rastrup (Danish text with a brief English Summary), 1950, 8 p. Size A₅, (Out of print).
 No. 5: *Basement Walls of Rammed, Stabilized Earth*, H. Ewaldsen (Danish text), 1950, 8 p. Size A₅, (Out of print).
 No. 6: *Choice of Cement for Winter Concreting*, Poul Nerenst (Danish text), 1950, 7 p. Size A₅, (Out of print).
 No. 7: *Winter Construction in a Danish Provincial Town and Winter Construction in the Country*, Asger Schminning, *Winter Construction in Stockholm*, O. Gerner Hansen, (Danish text), 1950, 12 p. Size A₄.
 No. 8: *Is the Design of our Houses Rational, When Initial Cost, Maintenance and Repair are taken Into Regard?*, Niels M. Plum (Danish text with an English Summary), 1950, 9 p. Size A₄.
 No. 9: *On Dependency of Properties of Concrete on the Composition of the Aggregates*, Niels M. Plum (Danish text), 1950, 45 p. Size A₅.
 No. 10: *Two-Dimensional Heat-Flow Through Plane Walls*, Poul Becher (Danish text with an English Summary), 1950, 8 p. Size A₄.
 No. 11: *Wave-Velocity in Concrete*, Johs. Andersen and Poul Nerenst (Danish text with an English Summary), 1950, 28 p. Size A₅.
 No. 12: *Heating Sources for Winter Construction*, Poul Gunst Hansen (Danish text), 1950, 4 p. Size A₄.
 No. 13: *What are the Costs of Winter Construction?*, Asger Schminning (Danish text), 1950, 4 p. Size A₄.
 No. 14: *Frost Protection of Interimistic Water Piping on Building Sites by Means of Electricity*, Poul Gunst Hansen (Danish text), 1950, 2 p. Size A₄.
 No. 15: *Winter Concreting of Simple Building Constructions*, Poul Nerenst and Niels M. Plum (Danish text), 1950, 6 p. Size A₄.
 No. 16: *Artificial Drying of New Buildings*, Vagn Korsgaard (Danish text with an English Summary), 1950, 11 p. Size A₅.
 No. 17: *Testing of 11 Danish Concrete Mixers*, Per Bredsdorff, Poul Nerenst and Niels M. Plum (Danish text with an English Summary), 1951, 56 p. Size A₅.
 No. 18: *Heat-Insulation and Ventilation of Animal Shelters*, Vagn Korsgaard (Danish text with an English Summary), 1951, 12 p. Size A₄.
 No. 19: *Rationalization of Working Methods in Dwelling House Construction*, Niels M. Plum (Danish text), 1951, 14 p. Size A₅.
 No. 20: *Heat-Insulation and Ventilation of Dairy Stables*, Vagn Korsgaard (Danish text), 1951, 4 p. Size A₄.
 No. 21: *Steel Scaffolding for Building Construction*, Niels M. Plum (Danish text), 1951, 14 p. Size A₅.

- Nr. 22: *Some Two-Dimensional Heat-Flow Problems*, Neville S. Billingington and Poul Becher. 1951. 16 s. A₅.
- Nr. 23: *Ekspansions- og sikkerhedssystemer ved centralvarmeanlæg med pumpecirkulation*, Poul Becher. 1951. 12 s. A₅.
- Nr. 24: *Varmeisolering og ventilering af svinestalde*, Vagn Korsgaard. 1951. 4 s. A₄.
- Nr. 25: *Nye ensilagesiloers beskyttelse mod syreangreb*, Lars Andersen. 1951. 3 s. A₅.
- Nr. 26: *Vinterbyggeri, beretning om et uheld*, O. Gerner Hansen. 1951. 12 s. A₅.
- Nr. 27: *Har vinterbyggeriet formået at bremse byggefagets sæsonledighed?*, Lars Andersen. 1951. 6 s. A₄.

Årsberetninger

om Institutets virksomhed og administration.

- Nr. 1 for finansåret 1947—48. kr. 2,—.
- Nr. 2 for finansåret 1948—49. kr. 2,—.
- Nr. 3 for finansåret 1949—50. kr. 2,—.
- Nr. 4 for finansåret 1950—51. kr. 2,—.

Publikationerne fås gennem boghandelen eller Teknisk Forlag, Vester Farimagsgade 31, København V.

- No. 22: *Some Two-Dimensional Heat-Flow Problems*, Neville S. Billingington and Poul Becher (In English). 1951. 16 p. Size A₅.
- No. 23: *Expansion and Safety Systems at Hot Water Heating Systems with Forced Circulation*, Poul Becher (Danish text with an English Summary). 1951. 12 p. Size A₅.
- No. 24: *Heat-Insulation and Ventilation of Pig Sties*, Vagn Korsgaard (Danish text). 1951. 4 p. Size A₄.
- No. 25: *Protective Treatments for New Concrete Silage-Silos*, Lars Andersen (Danish text). 1951. 3 p. Size A₅.
- No. 26: *Winter Construction, Report of a Failure*, O. Gerner Hansen (Danish text). 1951. 12 p. Size A₅.
- No. 27: *Has Winter Building been a Remedy for Seasonal Unemployment in the Building Trades?*, Lars Andersen (Danish text). 1951. 6 p. Size A₄.

Annual Reports

on the activities and management of the Institute (special English Issues).

- No. 1: For the Year 1947—48.
- No. 2: For the Year 1948—49.
- No. 3: For the Year 1949—50.

The publications may be obtained through our publishers Teknisk Forlag, 31 Vester Farimagsgade, Copenhagen V, Denmark.

PRIS KR. 6,50