

SBI-publ.

**SBI-SÆRTRYK
203**

UDK 699.844:697.922

Byggeindustrien nr. 4, 1970

**Jørgen Kristensen:
Lydtransmission via ventilationskanaler
i boliger**

**STATENS
BYGGEFORSKNINGSINSTITUT**

**I kommission hos Teknisk Forlag
København 1970**



**Lydtransmission via
ventilationslokaler i boliger**

Civilingeniør Jørgen Kristensen, SBI

SÆRTRYK AF BYGGEINDUSTRIEN NR. 4 · 1970

Lydtransmission via ventilationskanaler i boliger

Civilingeniør Jørgen Kristensen,
Byggeriets Akustiske Målestation.

Ved projektering af boligbyggeri vælges vægge og etageadskillelser blandt andet ud fra hensynet til disses lyd-isoleringsevne. Imidlertid glemmes det ofte, at bygninger i dag indeholder en lang række installationer, hvoraf flere kan være årsag til en forøgelse af lydtransmission mellem boligens enkelte rum. En eventuel merudgift til lydteknisk set tilfredsstillende vægge og/eller etageadskillelser vil i mange tilfælde være spildt på grund af installationernes indvirkning på lyd-isolationen.

Installationer kan indvirke på lyd-isolationen på to måder: direkte ved at optræde som egentlige transmissionsveje mellem to rum, f. eks. to fjerntliggende rum, der indbyrdes er forbundet med en ventilationskanal, og indirekte ved at installationernes tilstedeværelse eller den måde, hvorpå de er ført frem, nedsætter en adskillende bygningsdels lydisoleringsevne, f. eks. ventilationskanaler indmuret eller indstøbt i en rumadskillende bygningsdel.

Lydtransmission gennem ventilationskanaler er i de fleste tilfælde årsag til, at lydisoleringen mellem over hinanden liggende køkkener, baderum eller toiletrum er betydelig mindre end ønskeligt. Byggeriets Akustiske Målestation har kunnet konstatere, at dette er tilfældet i så godt som alle de etageboligbyggerier, hvori målinger er udført.

I dansk boligbyggeri er det mest benyttede ventilationsprincip en udsugning fra centrale rum – køkkener, baderum og toiletrum. Udsugningen kan ske enten ved naturlig eller mekanisk ventilation. Der anvendes i nogle boligbyggerier i udlandet mere avancerede ventilationssystemer med henholdsvis indblæsning og udsugning fra hvert enkelt opholdsrum. Systemer

Lydtransmission gennem ventilationsanlæg er i mange tilfælde årsag til, at rumisolationen mellem ventilerede rum i naboboliger er væsentlig mindre, end det kræves i bygningsreglementet. Byggeriets Akustiske Målestation har foretaget en undersøgelse af dette problem, og der fremsættes i artiklen nogle forslag til løsning af problemet.

af denne art er dog endnu ikke almindelige i boligbyggeri.

I BR-66 angives en række regler for ventilationskanalers udførelse, herunder bestemmelser om kanalers fremføring, nødvendige dimensioner m.m. Disse regler skal sikre, at ventilationsanlæggene fungerer luftteknisk tilfredsstillende. Der findes imidlertid ikke tilsvarende oplysninger i bygningsreglementet om forholdsregler, som kan sikre, at ventilationsanlægget fungerer lydteknisk tilfredsstillende.

Vurderingsgrundlag for lydisoleringen

I BR-66 anføres, at rumisolationen mellem rum i naboboliger mindst skal være 49 dB, og at afvigelser fra den i kap. 9.2.1. stk. 1, tabel 1 angivne kurve ikke må overstige 1,0 dB i gennemsnit. Disse krav gælder også for rumisolationen mellem over hinanden liggende baderum og/eller toiletrum.

Rumisolationen mellem to rum, hvorimellem der direkte eller indirekte kan opstå akustisk kobling er i mange tilfælde væsentlig mindre, end det forlanges i BR-66. Dette gælder især mellem små rum – baderum og/eller toiletrum. Rumisolationen mellem større rum – store køkkener eller opholdsrum sammenbygget med køkken – vil i mange tilfælde opfylde reglementets krav.

Selv når rumisolationskravet er opfyldt, finder der en betydelig lydtransmission sted gennem kanalerne. Det betyder rent praktisk, at kanalsystemet udover at fungere som ventilationssystem også kan fungere som aflytningssystem. Set fra et funktionelt synspunkt er denne egenskab i høj grad uønsket. Opfyldelse af rumisolationskravet kan således ikke på dette punkt sikre en tilstrækkelig lyd-isolation.

I Vesttyskland har man erkendt denne mangel ved de standardiserede målemetoder og i 1968 udsendt et forslag til DIN-norm, hvori der stilles krav om en vis, mindre niveaudifferens målt mellem mikrofonpositioner 5 cm foran ventilationsåbningerne i to naborum. I fig. 1 er skitseret, hvorledes målinger finder sted efter den normale metode og efter den specielle metode.

Det anføres i den tyske norm, at de angivne minimumniveaudifferenser er fastlagt efter talrige forsøg i praksis. Da der ikke er væsentlig forskel

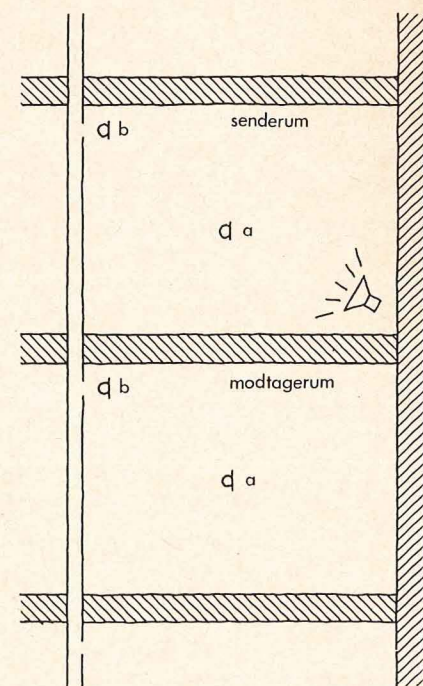


Fig. 1. Rumisolationsmålinger contra niveaudifferensmålinger.
Rumisolation: Lydtrykniveauet måles i punkterne a i henholdsvis senderum og modtagerum. Differensen mellem de målte lydtrykniveauer korrigeres med $10 \log \frac{t}{0,5}$, hvor t angiver efterklangstiden i modtagerrummet.
Niveaudifferens: Lydtrykniveauet måles i punkterne b i henholdsvis senderum og modtagerum. Differensen mellem de målte lydtrykniveauer angiver niveaudifferensen.

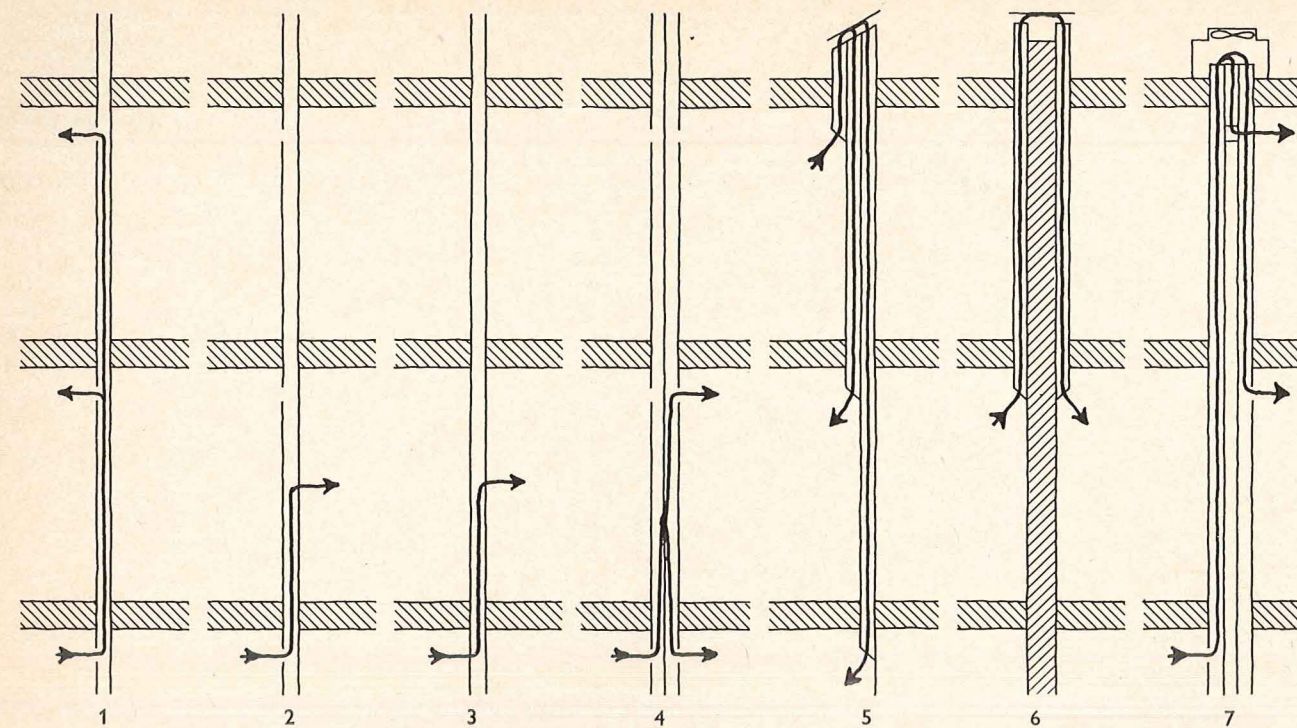


Fig. 2. Forskellige veje for lydtransmission fra et rum til et andet gennem et kanalsystem.

1. transmission gennem kanalen via åbningerne,
2. transmission ind i kanalen gennem en åbning, langs kanalen, dels i kanalen, dels i kanalvæggen, udstråling i andet rum gennem kanalvæggen,
3. transmission ind i kanalen gennem kanalvæggen, langs kanalen, dels i kanalen, dels i kanalvæggen, udstråling i andet rum gennem kanalvæggen,
4. transmission ind i kanalen gennem kanalvæggen, langs kanalen, dels i kanalen, dels i kanalvæggen, transmission til naboskel gennem kanalvæggen, udstråling i andre rum gennem kanalåbninger,
5. transmission op gennem kanal, refleksion fra taghætte, transmission ned gennem kanaler,
6. transmission op gennem kanal, refleksion via taghætter, transmission ned gennem kanaler,
7. transmission op gennem kanal, refleksion fra samlekasse, transmission ned gennem kanaler.

på de danske og tyske krav til luftlyd-isolationen mellem boliger, er der grund til at tro, at de i Tyskland foreslåede supplerende krav også kan anvendes som rettesnor i Danmark.

Lydtransmission og dæmpning i kanaler

I forbindelse med måling af rumisolation i etageboligbyggeri og i rækkehusbyggeri er der udført en række målinger af niveaudifferenser mellem mikrofonpositioner umiddelbart foran ventiler eller aftræksåbninger i boliger, som har en direkte eller indirekte kanalforbindelse.

En del af målingerne er udført før fremkomsten af det tyske normforslag. For disse målingers vedkommende er anvendt en mikrofonplacering ca. 10 cm foran ventilationsåbningen. Alle andre målinger er udført med de i normforslaget angivne mikrofonplaceringer.

Lydtransmission mellem to rum, der direkte eller indirekte er akustisk koblet ved hjælp af et kanalsystem, kan ske ad en række akustisk set forskellige veje, hvoraf de hyppigst forekommende er vist i fig. 2. Det er i almindelighed ikke muligt at adskille transmissionsbidragene fra de enkelte veje. Alle de viste transmissionsveje er stort set repræsenteret i de her

omtalte byggerier. De målte niveaudifferenser er i almindelighed væsentlig mindre end foreslået i det tyske normforslag.

Der finder en betydelig lydtransmission sted gennem ventilationskanaler for naturlig ventilation, gennem kanalforbindelser svarende både til skitse 5 og til skitse 6 i fig. 2. Lydtransmission svarende til skitse 6 er konstateret imellem rækkehuse. Den betydelige lydtransmission ad denne vej virker meget overraskende, idet ventilationskanalerne ligger på hver sin side af en 15 cm betonvæg. Kanalerne er ført separat over tag og forsynet med hver sin taghætte.

Lydtransmissionen gennem ventilationskanaler med mekanisk ventilation afhænger dels af kanalsystemet, dels af de anvendte ventiler. I de fleste tilfælde er lyddæmpningen i kanalsystemet dog så ringe, at den af ventilerne tilførte ekstra dæmpning er utilstrækkelig til at sikre en tilfredsstillende lyd-isolering.

Der opnås kun en beskedent lyddæmpning ved at forøge afstanden mellem to målepunkter med en eller flere etager. Når kanalåbningerne tilproppes, måles samme niveaudifferenser ud for propperne som mellem to tilfældige punkter beliggende i henholdsvis senderum og modtagerum, hvilket vil sige, at niveaudifferenserne un-

der disse omstændigheder ikke tilfører andre oplysninger, end der allerede kendes fra rumisolationsmålinger.

I nogle tilfælde er ventilationskanaler til forskellige boliger ført frem med en relativ lille indbyrdes afstand, og der må forventes nogen lydtransmission gennem kanalvæggene svarende til skitse 4 i fig. 2. Det er ved illustrationen af disse transmissionsveje set bort fra forholdsvis hyppige fejl, som skyldes dårlig udførelse og/eller misforstået sparsommelighed, hvormed menes bevidst anvendelse af defekte materialer eller unndladelser af udskiftning af materialet, der er ituslået efter ind- eller opsætning.

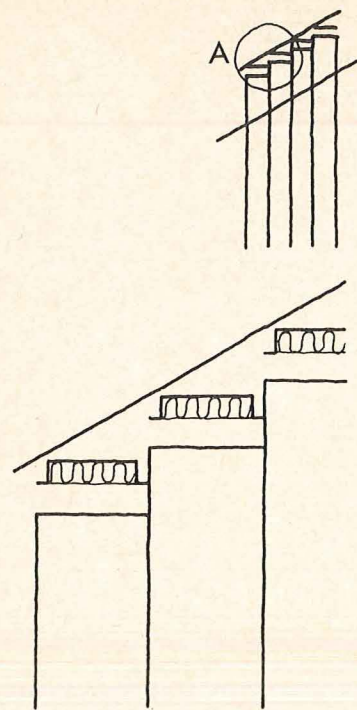


Fig. 3. Skitse af aftrækskanaler over tag. Hver kanals udmunding er forsat for nabokanalens udmunding og forsynet med separat taghætte med indlæg af lydabsorberende materialer.

Nødvendig lyd-dæmpning i kanaler

Lyd-dæmpningen i en kanal afhænger af en række faktorer, hvoriblandt størrelse og længde af kanalen, antal af bøjninger og afgreninger, glathed af den indvendige overflade og eventuelt lydabsorptionsmateriale m.m. Det er dog ikke muligt præcist at sige, hvilke af de nævnte faktorer der har størst betydning for lydtransmissionen i et konkret byggeri. Niveaudifferensen mellem to målepunkter er et udtryk for den mellemliggende kanals transmissionsegenskaber.

Ventiler i et boligventilationsanlæg giver nogen lyd-dæmpning. Det er imidlertid ikke umiddelbart muligt at sammenligne ventilers lyd-dæmpende egenskaber, hvis disse ikke er undersøgt i samme kanalsystem, fordi den med en given ventil opnåelige dæmpning også afhænger af kanalsystemet. Af de foreløbige måleresultater har det kunnet konstateres, at der ikke er nogen væsentlig forskel på de enkelte ventilfabrikaters lyd-dæmpning.

Den utilstrækkelige lyd-dæmpning i ventilationskanaler giver gode betingelser for aflytning af samtaler i de med kanalsystemet forbundne rum. For at undgå en uønsket telefonvirkning via kanalsystemet vil det utvivlsomt være nødvendigt, at kanalen har en lyd-dæmpning svarende til den i BR krævede rumisolation, eventuelt nogle

få dB mindre. Under denne forudsætning kan den nødvendige lyd-dæmpning gennem ventilerne beregnes, hvis kanalernes lyd-dæmpning er kendt. De i almindelighed anvendte ventiler er ikke tilstrækkeligt lyd-dæmpende til at forhindre aflytning via kanalsystemet.

I nogle tilfælde skyldes en dårlig lyd-isolering transmission via veje svarende til skitserne 3 eller 4 i figur 2. Når dette er tilfældet, er kanalvæggenes tykkelse eller vægtykkelsen mellem kanalerne for ringe, og en forbedring af den valgte ventiltypes lyd-dæmpning er i realiteten uden betydning for den opnåelige lyd-isolering.

Kan lyd-isoleringen forbedres

Lydteknisk set består der i princippet følgende muligheder for at nedsætte kanalernes indvirkning på lyd-isoleringen.

1. Anvendelse af individuelle ventilationssystemer med korte kanaler, der ikke berører andre boliger.
2. Forøgelse af lyd-dæmpningen i kanalerne.
3. Anvendelse af lyd-dæmpende overgange fra de enkelte rum til kanalerne.

Individuelle ventilationssystemer uden kanaler, hvilket for etageboligers

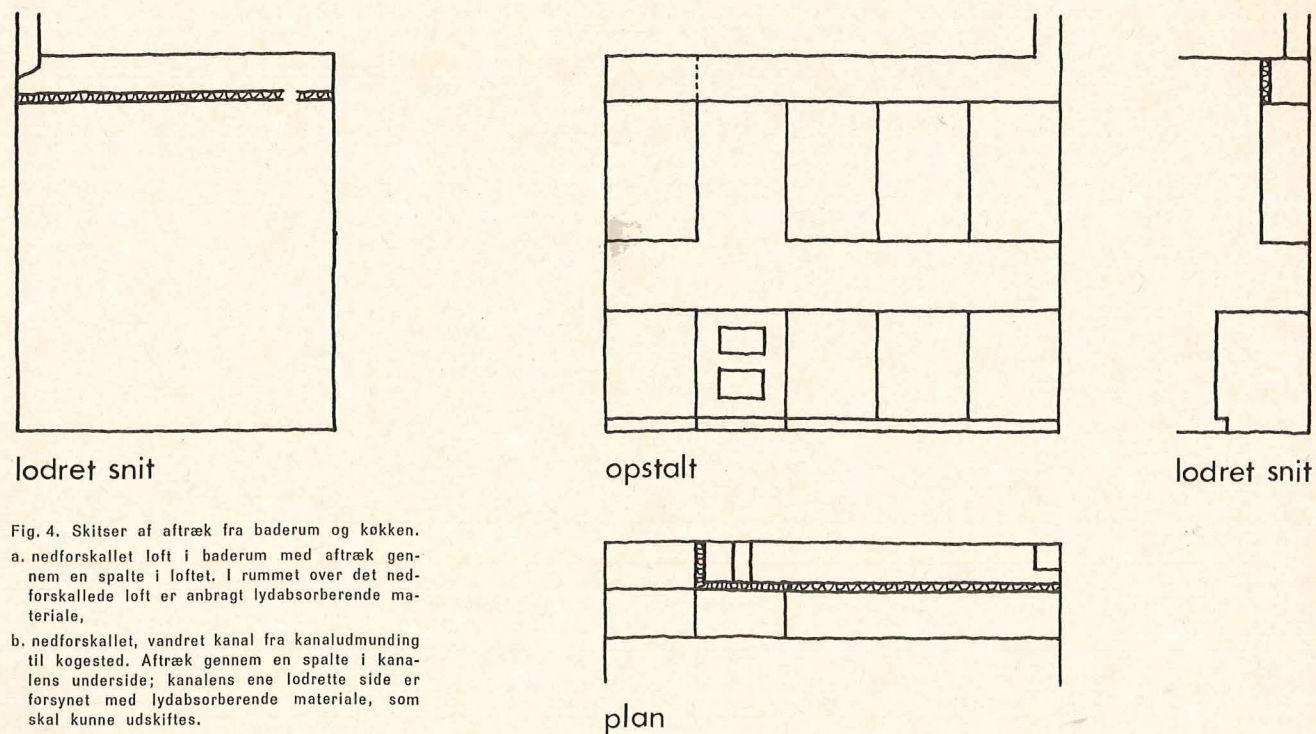


Fig. 4. Skitser af aftræk fra baderum og køkken. a. nedforskallet loft i baderum med aftræk gennem en spalte i loftet. I rummet over det nedforskallede loft er anbragt lydabsorberende materiale. b. nedforskallet, vandret kanal fra kanaludmunding til kogested. Aftræk gennem en spalte i kanalens underside; kanalens ene lodrette side er forsynet med lydabsorberende materiale, som skal kunne udskiftes.

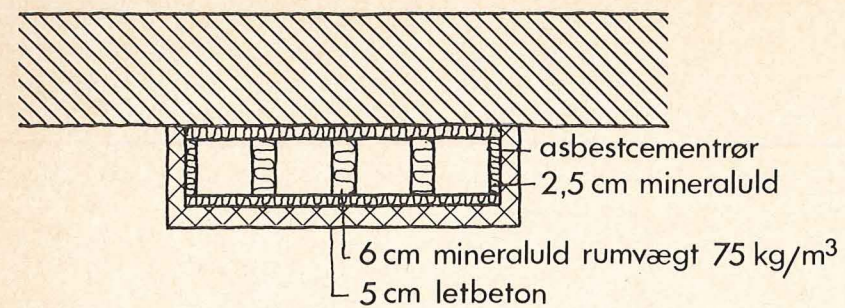


Fig. 5. Lodrette kanaler med tynde vægge. For at hindre transmission gennem kanalvæggene er det nødvendigt at indklæde disse. Skitsen viser en modificeret udgave af en tysk udførelsesanvisning.

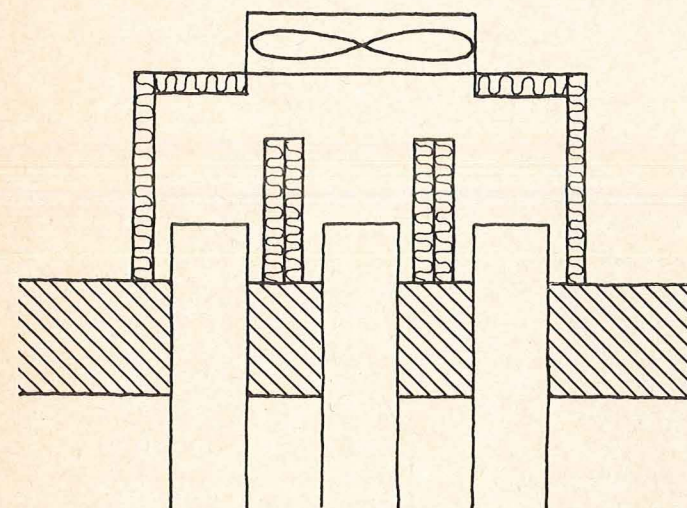


Fig. 6. Lodrette kanaler ført til ventileret samlekasse. Kassen er forsynet med adskillende vægge mellem kanalernes udmundinger. Alle flader i samlekassen er beklædt med lydabsorberende materiale, som skal kunne udskiftes.

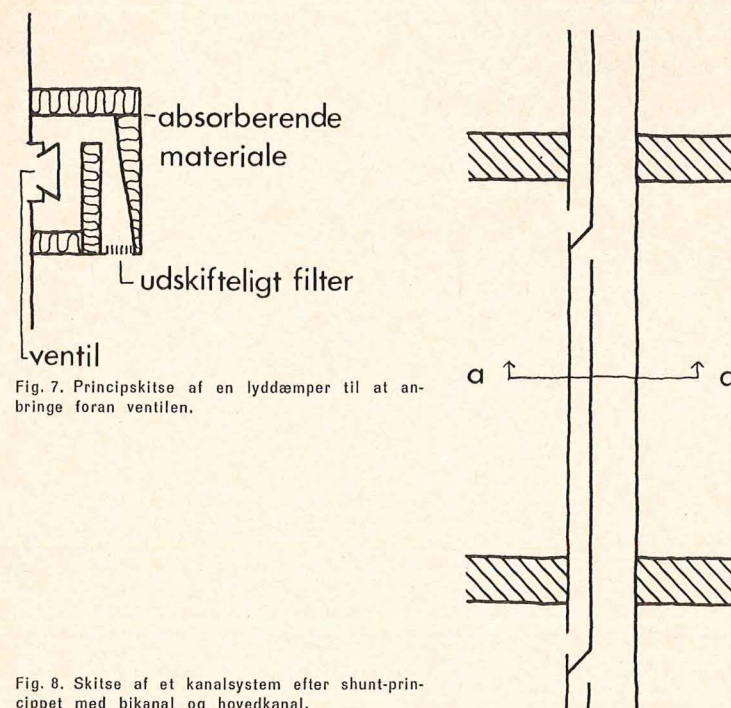


Fig. 7. Principskitse af en lyd-dæmper til at anbringe foran ventilen.

Fig. 8. Skitse af et kanalsystem efter shunt-princippet med bikanal og hovedkanal.

vedkommende vil sige ventilation gennem facaden, har, for så vidt ventilatorerne anbringes med rimelig indbyrdes afstand, ingen indvirkning på lyd-isoleringen mellem boliger. Derimod kan denne ventilationsmetode indvirke på facadens lyd-isoleringsevne. Imidlertid anses ventilation gennem facaden som værende ventilationsteknisk utilfredsstillende.

Lyd-dæmpning i kanaler kan ske ved at anvende lange kanaler med forholdsvis ringe lyd-dæmpning pr. længdeenhed eller ved at anvende korte kanaler med stor lyd-dæmpning. De fleste ventilationskanaler har en ringe lyd-dæmpning pr. længdeenhed. Beklædning af kanalernes indvendige sider eller dele deraf med materiale, som har en stor lydabsorptionskoefficient, eksempelvis mineraluld, kan forøge kanalernes lyd-dæmpning. I praksis er det imidlertid forbundet med betydelige vanskeligheder at anvende porøse lydabsorptionsmaterialer, bl. a. fordi det porøse materiale skal bevare sin lydabsorberende evne uafhængigt af, at der i tidens løb aflejres forskellige stoffer på materialets overside. Ved udsugning fra køkkener vil der meget hurtigt afsættes et tæt fedtlag på det porøse materiale, hvis lydabsorberende evne dermed i realiteten vil ophøre. Anvendelse af lydabsorberende materiale i kanaler forudsætter, at materialet har en beskaffenhed, som tåler afrensning ad mekanisk eller kemisk vej, og at materialet har en placering, som muliggør en afrensning, eller som tillader en udskiftning uden væsentligt besvær.

Lyd-dæmpende overgange mellem de enkelte rum og kanalerne er måske den i praksis mest farbare vej til løsning af problemet, idet sådanne dels kan udformes efter omstændighederne, dels forbedres efter behov. Lyd-dæmpende overgange kan være ventiltypen med stor lyd-dæmpning, en speciel lyd-dæmpende forsats til ventiler eller et specielt udsugningsrum mellem kanalåbning og opholdsrum. Udsugning gennem emhætte over kogested er et eksempel på sidstnævnte.

Hvordan forbedres kanalsystemers lyd-isolering i praksis

I det følgende er skitseret nogle forslag til lyd-dæmningsforanstaltning-

ger. Det er ikke muligt at sige, hvilken forbedring af lydisoleringen, der kan opnås med disse forslag i forhold til vanlige udførelser, da løsningerne for fleres vedkommende ikke har været udført i praksis. Det er også tænkeligt, at der kan opstå konstruktive komplikationer. Der kan utvivlsomt anvises mange andre, lige så gode og måske bedre løsninger. Forslagene skal derfor nærmest opfattes som en udfordring til de mange projekterende byggeteknikere om at skabe egnede løsninger, der også er funktionelt tilfredsstillende.

Aftrækssystemer med naturlig ventilation bør ikke udføres med fælles taghætte som vist i skitse 5, figur 2. Derimod bør kanalernes udmundinger over tag forsættes for hinanden, eksempelvis som det er vist i figur 3. De enkelte kanaler bør eventuelt forsynes med taghætter, hvis underside er beklædt med lydabsorberende materiale, hvilket f. eks. kan være mineraluld, men ikke polystyrenskum eller lignende porøse materialer med lukkede celler.

Nogle kanaler har på grund af materialevalg større lyddæmpning end andre. Nyopførte kanaler af klinkerbeton giver større lyddæmpning end nyopførte kanaler af eternit, men på grund af afsætningen i kanalerne, udgør den større lydabsorption i klinkerbetonkanalen næppe mere end en midlertidig fordel.

En forbedring af lydisoleringen mellem to rum, der direkte eller indirekte er forbundet med en aftrækskanal, kan opnås ved at lade aftrækkene udmunde over et nedforskallet loft, hvis overside er beklædt med lydabsorberende materiale. Denne udførelse byder på nogle problemer med hensyn til rummets loftshøjde, som formentlig kan løses i baderum og toiletrum, men næppe i andre rum. Ved brug i køkkener må det nedforskallede loft derfor udarte til en vandret, dæmpet kanal. I figur 4 er vist skitser af de omtalte løsninger.

Parallele kanaler bør udføres således, at der er en passende vægtykkelse mellem de enkelte kanaler. Adskillelsen mellem lodrette kanaler bør være mindst 5 cm beton eller ca. 6 cm mineraluld mellem to tynde vægge som vist i figur 5.

Boligventilation kan ske gennem

systemer med separate eller fælles kanaler. Separate kanaler med egen ventilator ville lydteknisk set være ideelle, idet kun de oven for anførte betingelser om indbyrdes afstand mellem kanalernes indvendige overflade ville have betydning for lydtransmissionen mellem boliger. Det er imidlertid almindeligt at samle separate kanaler i en fælleskanal eller samlekasse enten over tag eller i loftsrummet. Trækkes kanalerne enkeltvis over loftet til et for to eller flere opgange fælles ventilatorrum, vil lydtransmissionen fra rum til rum gennem kanalerne næppe være mærkbar. Samles kanalerne umiddelbart over øverste etage i samlekanal eller samlekasse med ventilator, må samlekanaler eller samlekasser indvendig være forsynet med en beklædning af lydabsorberende materiale, f. eks. som skitseret i figur 6. Med tilstrækkelig stor lydabsorption i samlekasser eller samlekanaler vil det næppe være nødvendigt at træffe ekstra foranstaltninger i de enkelte rum for at sikre en rimelig lydisolering mellem rumene. De før omtalte problemer vedrørende fedtafsætning på absorptionsmaterialet har også gyldighed for absorptionsmateriale i samlekasser. D.v.s. materialet skal let kunne udskiftes, eller aftrækket fra køkkener skal være forsynet med effektive fedtfiltere. Lodrette fælles kanaler bør, hvor tagrum forefindes, føres som separate kanaler til ventilator eller til eventuelle ventilationsrum, der indvendig bør være forsynet med lydabsorberende materiale. Det er imidlertid nødvendigt, at der desuden foretages en lyddæmpning ved hver udsugningsåbning. En sådan lyddæmpning kan eventuelt etableres ved hjælp af et nedforskallet loft som vist i figur 4. I køkkener er det muligt, at emhætter med tilhørende fedtfiltere er tilstrækkelige. Hvis dette ikke er tilfældet, må emhætten tilsluttes en speciel lyddæmper, som skal være anbragt efter fedtfilteret. En lyddæmper svarende til skitsen i figur 7 vil set fra et lydteknisk synspunkt være en brugbar løsning.

En asbestcementkanal 45 cm × 15 cm forsynet med 10 mm mineraluld på den ene bredside og på den ene smalside med indbyrdes afstand på 2,8 m mellem ventiltilslutninger giver målt i laboratorium en tilfredsstillende lyddæmpning, men i praksis må det

som før omtalt anses for usandsynligt, at den lydabsorberende beklædning kan bevare sine lydabsorberende egenskaber uafhængigt af tiden.

En mulighed for at forbedre en kanals lyddæmpende egenskaber består i at forlænge vejlængden mellem to åbninger ved hjælp af et shunt-system. Dette er vist i figur 8, hvor forbindelser fra et rum til hovedkanalen sker via en parallelløbende bikanal. Efter svenske og franske angivelser synes denne løsning lydteknisk forsvarlig, men tyske måleresultater synes ikke i samme grad at bekræfte dette.

Konklusioner

Måleresultater fra ni tilfældigt valgte byggeobjekter viser, at ventilationskanaler er årsag til for lav rumisolering mellem køkkener og mellem baderum og/eller toiletrum. Der kan drages følgende konklusioner:

Rumisolationen er ikke anvendelig til at karakterisere ventilationskanalens lydtransmissionsegenskaber.

Krav om en vis mindste niveau-differens mellem ventilationsåbninger vil ikke blot forbedre lydisoleringen mellem boliger, men også for både projekterende og udførende udgøre et mere sikkert og let kontrollabelt arbejdsgrundlag end det i bygningsreglementet angivne krav til rumisolationen mellem boliger.

Ventilationskanalers indvirkning på lydtransmissionen kan reduceres ved konstruktive ændringer, der betyder stor vejlængde mellem aftræksåbninger og/eller anvendelse af tilstrækkelig gode lyddæmpere ved overgangen mellem opholdsrum og kanal.

Der foreligger endnu ikke oplysninger, som gør det muligt at dimensionere lyddæmpende arrangementer til ventilationskanaler. Der bør derfor snarest påbegyndes undersøgelse af de hertil knyttede problemer.

Ved projektering af et byggeri bør der altid foretages en lydteknisk helhedsvurdering, således at bestræbelser for at udføre lydtekniske forbedringer på ét fagområde ikke gøres illusoriske ved manglende forståelse og/eller koordinering på andre fagområder.

Litteraturhenvi sning:

SBI notat nr. 7. Ventilationskanalers indvirkning på lydisoleringen mellem boliger.

Summary

The article discusses the results of an investigation of the transmission of sound through air ducts in dwellings. As regards ducts between kitchens and between bathrooms they cannot, as a rule, comply with the building regulation requirements. Ducts for natural ventilation as well as ducts for mechanical ventilation will transmit sound to a considerable extent and provide excellent possibilities of listening-in to conversations in

other rooms. The requirements of the building regulations are not sufficiently rigorous to ensure functionally satisfactory dwellings. The valves used at present in duct systems for mechanical ventilation do not provide sufficient damping of sound. A number of measures are suggested which should reduce the transmission of sound between rooms interconnected by or flanked by air ducts. It is pointed out that the effects which may be

obtained by these measures are not as yet known, and that investigations ought to be commenced as soon as possible. In conclusion it is said that acoustically every building job should be considered as a whole so as to ensure that efforts to improve the acoustic properties of the dwelling on the part of one trade are not defeated by lack of understanding and/or coordination on the part of another of the trades concerned.