

SBI-SÆRTRYK
151

UDK 697.92

dpa nr. 1, 1965

Georg Christensen:
Mekanisk ventilation af etageboliger

STATENS
BYGGEFORSKNINGSINSTITUT

I kommission hos Teknisk Forlag
København 1965 · Kr. 4,50



STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT
Statens Byggeforskningsinstitut 2

01078P

Mekanisk ventilation af etageboliger

Af civilingeniør Georg Christensen, SBI

Det er en absolut nødvendighed at vore boliger ventileres. Den vigtigste grund hertil er, at rumluftens fugtighed må holdes passende lavt, for at der ikke skal dannes kondensvand på vinduer og ydervæge. En familie på fire mennesker kan ved madlavning, gulvvask, åndedræt o.s.v. tilføre boligens rumluft op imod 15 kg vand pr. døgn, og hvis denne fugtige luft ikke ventileres bort, vil vinduer, ydervægge og andre kolde flader snart drive af kondensvand. Dette medfører i første række en nedbrydning af byggematerialerne, men også af sundhedsmæssige grunde kan fugtige boliger ikke akcepteres.

Før i tiden var vore huse ikke bygget så tætte, som de er i dag, og boligens ventilation var der ingen grund til at tænke på — den var altid tilstrækkelig og ofte i langt større omfang, end der var behov for. Efterhånden som vore boliger bliver bygget med meget tætte vægge, gulve og lofter og med tætningslister omkring døre og vinduer, er den tidligere helt selvfølgelig luftfornyelse blevet kraftigt reduceret.

Indtil for en halv snes år siden skabtes den fornødne ventilation udelukkende ved såkaldt »naturligt aftræk«, hvor en kanal fra henholdsvis køkken og bad førtes over tag. Drivkraften for luftens bevægelse ved naturligt aftræk er den termiske opdrift, som bevirker, at den varme luft inde i huset søger opad. Et ekstra bidrag til drivkraften fås ved vindens sugning i de hætter, som afslutter kanalerne over tag.

En undersøgelse foretaget af Statens Byggeforskningsinstitut i 1958—59 viste, at naturligt aftræk virkede ganske tilfredsstillende, i det mindste om vinteren og i overgangstiderne. Om sommeren bliver det termiske drivtryk meget ringe, men da er det heldigvis muligt at ventilere blot ved at åbne vinduerne. Når det gælder rum uden vinduer, må det dog nok erkendes, at det naturlige aftræk næppe vil virke tilfredsstillende under sommerforhold.

Da det er så lunefulde faktorer, som den udvendige temperatur og vindens påvirkning, man skal sætte sin lid til for at få et godt resultat med naturligt aftræk, er det meget nærliggende i stedet at lade udsugningen ske med en ventilator. På grund af det mekaniske element, ventilatoren, kaldes denne form for ventilation da også »mekanisk ventilation«.

Mekaniske ventilationsanlæg.

I Sverige har mekaniske ventilationsanlæg været benyttet i mange år, mens de første anlæg her i landet blev udført for kun omkring 10 år siden. Erfaringerne fra de mange anlæg, som i de forløbne år er udført i Danmark, viser, at virkemåden er helt tilfredsstillende, når blot anlæggene er projekteret og udført korrekt.

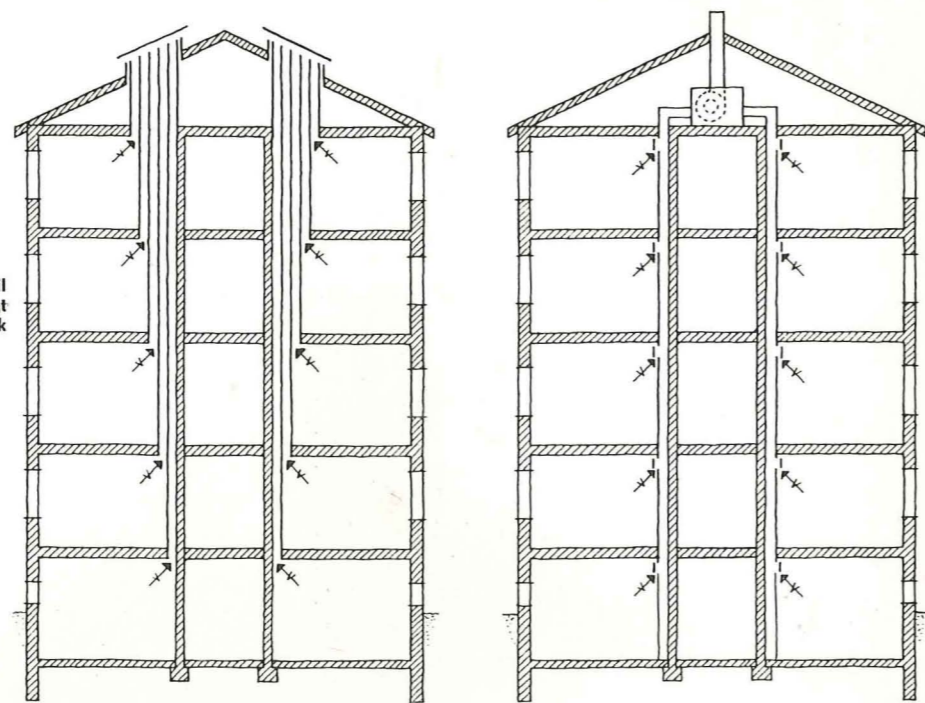
Kanalføring.

For naturligt aftræk kræves det, at der føres en aftrækskanal fra hvert enkelt køkken og baderum over tag. Ved anvendelsen af mekanisk ventilation tillades det derimod, at der kun anvendes én fælles udsugningskanal for alle over hinanden liggende køkkener og baderum. Denne forskel i kanalarrangementet betyder, at det bliver særdeles enkelt at projektere og udføre de lodrette kanaler for mekaniske ventilationsanlæg. Til gengæld er det for disse anlæg ofte nødvendigt at udføre en del vandrette kanaler i tagrum eller over tag for at lede luften til ventilatoren. Sådanne vandrette kanaler udføres af blikrør, og de skal varmeisoleres meget kraftigt for at undgå kondensation af vanddampene i den udsugede luft, idet kondensvandet ellers vil kunne forårsage svære korrosionsskader. På fig. 1 er skematisk vist kanalføringen for henholdsvis naturligt aftræk og mekanisk ventilation, og det sidstnævnte systems enklere lodrette kanalsystem fremgår klart. Ved mekanisk ventilation benyttes almindeligvis den samme lodrette kanal til udsugning fra en lejligheds køkken og badeværelse. Dette er en økonomisk fordelagtig løsning i forhold til to separate lodrette ventilationskanaler, men til gengæld betyder det ofte, at udsugningen i køkkenet ikke anbringes i umiddelbar nærhed af komfuret, som det burde være tilfældet.

Ventilatoren.

I mekaniske ventilationsanlæg anbringes en udsugningsventilator enten i tagrummet over øverste etage eller oven på et fladt tag. Hvis ventilatoren er udsat for vejr og vind, må den naturligvis afskærmes på passende måde. Ventilatoren skal afkaste den udsugede luft på en sådan måde, at den ikke kan føres til nærliggende vinduer under ugunstige vindforhold. Ventilatoren skal være af en type, som holder nogenlunde ensartede trykforhold i det sam-

Fig. 1. Principper for kanalføring. Til venstre ses kanalføringen for naturligt aftræk og til højre for et mekanisk ventilationsanlæg.



lede kanalsystem nogenlunde uafhængigt af de luftmængder, som udsuges. Herved opnås det, at beboerne kan regulere de udsugede luftmængder fra deres egen lejlighed uden at influere på luftudsugningen fra de andre lejligheder. På fig. 2 er vist et eksempel på, hvorledes kanaltilslutningen til ventilatoren sker i en almindelig beboelsejendom.

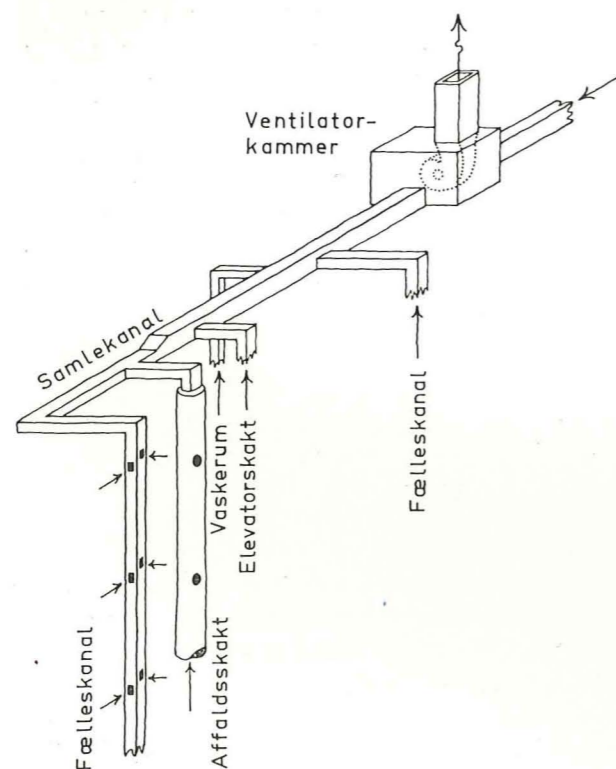


Fig. 2. Eksempel på kanalføring for et mekanisk ventilationsanlæg. - Figuren viser hvorledes ventilationskanalerne fra vaskerum, affaldsskakt og elevatorskakt tilsluttes det samme ventilationsystem, som betjener køkken, bade- og wc-rummene i lejlighederne.

Udsugningsventiler.

Af brandmæssige hensyn skal der anbringes en udsugningsventil af godkendt type i åbningen til den lodrette ventilationskanal. Ventilen benyttes til indregulering af anlægget, ligesom beboerne selv har en mulighed for at regulere de udsugede luftmængder. På fig. 3 er vist de ventiltypen, som er på markedet i dag. De tre ventiler, som ses til højre i billedet, giver beboerne mulighed for at regulere den udsugede luftmængde imellem 20 og 100 %, som det kræves i bygningsreglementet. Ventilene skal iøvrigt være udført af et ubrændbart og korrosionsbestandigt materiale, og de skal let kunne aftages for rengøring. Normalt findes der et trykfald på 7—8 mm VS over en udsugningsventil, og det giver med en god ventiludformning ikke anledning til egentlig støjdannelse, men kun en ganske svag susen, når luften strømmer igennem. Denne susen høres kun i umiddelbar nærhed af udsugningsventilen og har vel egentlig en psykologisk gunstig virkning, fordi beboerne kan høre, at de virkelig får den luftudsugning, der var tiltænkt.

Luftmængder.

Mekaniske ventilationsanlæg dimensioneres og indreguleres således, at der i de ventilerede rum udsuges de luftmængder, som er angivet i bygningsreglementet af 1961. I tabel 1 er vist bygningsreglementets krav til udsugningen for de mest almindelige rumtyper. Med de stadigt stigende krav til bedre komfort, stiger også kravene til ventilationen, og dette betyder, at der må benyttes større luftmængder. I de kommende år må det forventes, at

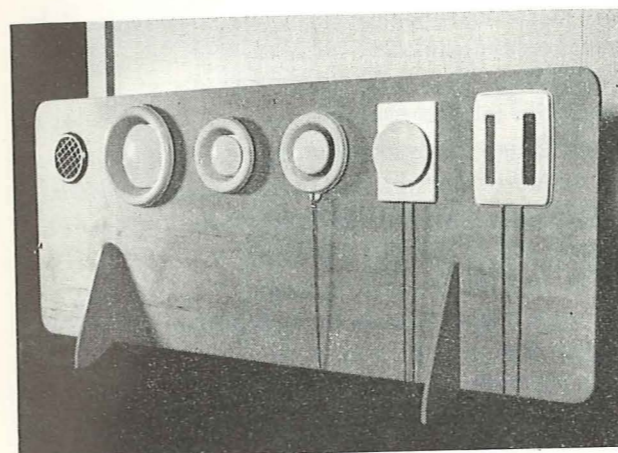


Fig. 3. Billedet viser de typer udsugningsventiler, som benyttes til mekaniske boligventilationsanlæg i Danmark. Det er dog kun de tre til højre viste ventiler, som giver beboeren mulighed for på en let måde at regulere luftmængden imellem 20 og 100 %, som det kræves i bygningsreglementet.

de i tabellen angivne tal vil blive forøget med 20—25 %. Selv de forøgede luftmængder, der i så fald bliver tale om, vil dog næppe kunne sikre et helt tilfredsstillende indendørs klima, men det er vanskeligt uden videre at benytte større luftmængder, da der let vil kunne opstå træk fra vinduer og døre. Det næste skridt på vejen vil derfor sandsynligvis blive, at der tilføres forvarmet friskluft, selv om dette vel nok er noget, der ligger adskillige år ude i fremtiden for det almindelige boligbyggeri.

Rum	m ³ /h
Køkken større end 4 m ² eller 10 m ³	60
Køkken mindre end 4 m ² eller 10 m ³	50
Baderum	50
WC-rum i lejligheder uden baderum	50
Særskilt WC-rum i lejligh. m. bader.	40

Tabel 1 - Bygningsreglementets krav til udsugede luftmængder fra boligrum.

Det er vigtigt at bemærke, at de ventilerede rum skal have mulighed for frisklufttilførsel enten gennem vinduer, åbninger til det fri eller for indvendige rums vedkommende gennem ventilationsspalter over eller under dørene. De nærmere krav herfor er angivet i bygningsreglementet.

Kanalerne udførelse.

Når der anvendes mekanisk ventilation, føres som tidligere omtalt kun én kanal op igennem etagerne for lejligheder over hinanden. Disse lodrette kanaler kan udføres enten af murværk, beton, asbestcement eller af galvaniseret jernplade.

Murværk skal være mindst 12 cm tykt, men vil næppe kunne udføres så tæt som af andre materialer, og det vil derfor ikke være egnet til opbygning af kanaler for mekaniske ventilationsanlæg.

Beton er et almindeligt anvendt materiale til lodrette kanaler som udføres med 25 mm godstykkelse, når tværsnitsarealet ikke overstiger 300 cm² og med 40 mm godstykkelse ved større lysningsarealer. Kanalerne kan enten opbygges af 30—40 cm høje blokke eller af rumhøje elementer. Efterhånden som kraner bliver almindelige på alle byggepladser, vil de rumhøje kanaler sikkert vinde mere indpas. De lave betonblokke skal dog pudses eller forsynes med monier udvendig, således at den samlede tykkelse bliver mindst 40 mm. Denne ompudsning sker både af brandtekniske grunde, og fordi de mange samlinger ellers ville træde alt for tydeligt frem. De rumhøje betonkanaler vil normalt altid have en godstykkelse over 40 mm, og de vil i reglen også være så glatte, at de kun behøver spartling og maling for at give et tilfredsstillende udseende.

Asbestcement benyttes i form af rumhøje elementer med særlige muffesamlinger. De er meget lette og også enkle at montere. Det kræves dog, at kanalerne forsynes med monierpuds således, at den samlede vægtykkelse bliver mindst 40 mm af hensyn til de brandtekniske krav.

Galvaniseret plade i en tykkelse på 0,7 mm kan anvendes, men skal dækkes med mindst 40 mm monierpuds af hensyn til de brandtekniske krav.

Kanalerne kan dog naturligvis også udføres af andre materialer, når blot de opfylder rimelige funktionskrav. Her gælder det i første række, at materialerne skal være ubrændbare, lufttætte samt uimodtagelige for fugt. De 40 mm monierpuds vil i brandteknisk henseende kunne erstattes med 40 mm Rockwool brandbatts i to lag a 20 mm uden gennemgående stødfuge eller af 20 mm Rocklit.

Alle kanalsamlinger skal være tætte, og ethvert kanalsystem kan bygningsmyndighederne kræve trykprøvet. Hvis der er for store lækager, kan ka-

nalerne kræves nedrevet og genopført i en bedre udførelse.

Kanalføring over øverste etage.

Når kanalerne kommer op i tagrummet, eller, i tilfælde af flade tage, over tag, samles de i vandrette kanaler, som fører luften til ventilatoren. En ventilator vil ofte kunne udsuge fra alle de lodrette kanaler i en almindelig boligblok, og der kræves derfor kun, at én kanal for afkastningsluft føres igennem tagfladen, hvis ventilatoren står i tagrummet. Hvis der er tale om et fladt tag, vil det i reglen være rimeligt kun at udsuge fra 3—5 lodrette kanaler pr. ventilator for at undgå alt for lange vandrette kanalstrækninger over taget. På flade tage vil vandrette kanalstykker helt kunne undgås, hvis en udsugningsventilator anbragtes på hver enkelt lodret kanal, men indtil videre er dette princip dog ikke blevet benyttet, da det endnu ikke er økonomisk fordelagtigt.

Det er som før omtalt en absolut nødvendighed, at varmeisolerende kanaler beliggende i tagrum eller over tag, ellers vil kondensationen meget hurtigt blive så kraftig, at vandet vil løbe ned i de lodrette kanaler og ud igennem udsugningsventilerne i lejligheden.

De lodrette kanalers dimensioner.

Af hensyn til indflydelsen fra den termiske opdrift vil det for at få en god indregulering af ventilationsanlægget være nødvendigt aldrig at tilslutte mere end 6—8 over hinanden liggende lejligheder til samme kanal. For et større etageantal kræves der derfor endnu en fælleskanal for hver 6—8 etager.

Kanalerne tværsnit holdes altid konstant således, at man får lave hastigheder i den nederste del af kanalen og den maksimale lufthastighed lige over den øverste udsugningsventil, hvor den største luftmængde passerer.

For arkitekten kan det for planudformning af køkken og badeværelse være hensigtsmæssigt på en let måde at kunne bedømme, hvilke pladskrav disse kanaler stiller, og det kan da også let udregnes rent overslagsmæssigt.

Da den maksimale hastighed i ventilationskanalen bør ligge mellem 2,5 og 3,5 m/s, kan det umiddelbart over øverste udsugningsventil antages, at

der er en lufthastighed på 3 m/s. Da arealet A bestemmes af formlen

$$A = \frac{Q}{v}$$

hvor Q = den største luftføring i kanalen og v = den største tilladelige hastighed i kanalen fås, når Q indsættes i m^3/h og v i m/s , at

$$A = 2,77 \frac{Q}{v} \text{ cm}^2.$$

Hvis der regnes med en hastighed i kanalen på 3 m/s ændres formlen til

$$A = 0,92 \cdot Q \text{ cm}^2.$$

Luftmængden Q i denne formel fås helt enkelt som summen af de luftmængder, der udsuges gennem de enkelte ventiler i den pågældende lodrette kanal.

A angiver det nødvendige fri areal for luftstrømmen, og hertil kommer naturligvis det ekstra areal, som kanalens godstykkelse giver.

Hvis der anvendes katalogvarer, er det ikke altid muligt lige at ramme et antal cm^2 gennemstrømningsareal, som passer med en katalogopgivelse, men da den tilladelige hastighed normalt ligger indenfor 2,5—3,5 m/s, kan det fundne areal forøges eller formindskes med 16—17 %. Hvis der anvendes lave elementer, som giver mange samlinger, er der større mulighed for utætheder. For alligevel at få den ønskede luftmængde udsuget gennem ventilerne har erfaringen vist, at den totale udsugede luftmængde skal forøges med ca. 10 %, og kanalens lysningsareal bør derfor også forøges med 10 %.

Forholdet imellem længde og bredde i kanalens lysning bør ikke under normale omstændigheder være større end 2 : 1, og lysningens mindste bredde skal være mindst 10 cm.

I en artikel som denne, kan selve den detaljerede dimensionering og de rent tekniske detaljer vedrørende indregulering, valg af ventilatorer etc. ikke behandles, og der må derfor henvises til specialfirmaerne og de rådgivende ingeniører.

Ventilationskanaler og lejlighedsplaner.

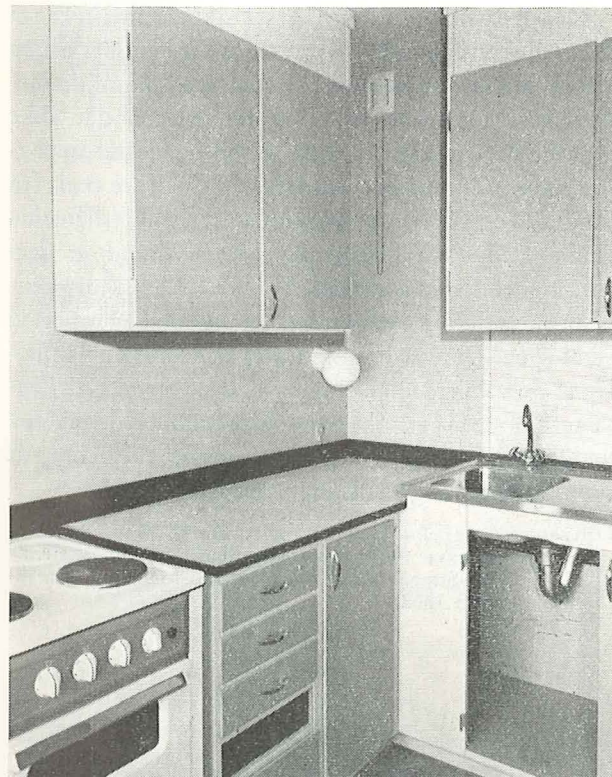
For arkitekten medfører de mekaniske ventilationsanlæg en del lettelse ved udformningen af lejlighedsplaner, idet de lodrette kanaler optager nøjagtigt det samme areal i 6—8 etager over hinanden. Det bliver derfor muligt, hvis det ønskes, at opnå helt identiske planløsninger for en række over hin-

anden liggende lejligheder. Denne fordel er især af betydning ved arbejdsgangen under montagebyggeri. Den samme fordel kunne dog også opnås med naturligt aftræk, hvis de separate kanaler blev anbragt i en væg, som gik igennem alle etager med uforandret tykkelse.

Ved planudformningen må der også tages hensyn til, at kanalen anbringes således, at det bliver muligt let at nå udsugningsventilen; det kan altså ikke nytte noget at gemme ventilationskanalen og dermed udsugningsventilen bort i f. eks. en krog af køkkenet bag borde og skabe. Udsugningsventiler bør af hygiejniske grunde, i det mindste i køkkener, renses af beboerne med så korte mellemrum som 8—14 dage, og dette vil kun ske, hvis de anbringes således, at de let kan nås fra gulvet. Nogle af de udsugningsventiler, som er på markedet i dag, er af en så simpel konstruktion, at rengøring kan foretages let, men dette hjælper ikke meget, hvis der skal udvises gymnastisk færdighed for at nå ventilen.

På fig. 4 er vist et køkken i et byggeri, hvor udsugningsventilen helt fejlagtigt er gemt væk i hjørnet mellem to skabe. På billedet ses ventilen imellem to skabe i øverste højre hjørne. Det er uhyre vanskeligt at nå denne ventil, og hvis nogen skulle prøve at krybe op på køkkenbordet for at nedtage

Fig. 4. Udsugningsventil anbragt oppe i et hjørne mellem to skabe. Det er for besværligt at komme op til ventilen, når den skal rengøres, og komfuret står for langt fra udsugningsventilen.



ventilen for rengøring, er der i de to borde, som støder op mod hinanden, et spring i højden, hvilket ganske givet er et alvorligt faremoment. For fuldstændighedens skyld skal det tilføjes, at billedet viser køkkenet i en folkepensionistbolig.

Ved planudformningen af køkkenet bør der også tages hensyn til, at udsugningsventilen skal sidde så nær kogestedet som muligt, således at de dampe, som dannes fra madlavning, ikke først skal spredes i hele køkkenet, inden de suges ud. På billedet i fig. 4 bemærkes også, at komfuret står alt for langt fra udsugningsventilen.

Indvendige rum.

Moderne lejlighedsplaner indeholder ofte et indvendigt rum beregnet til opbevaringsformål, i nogle tilfælde som erstatning for tidligere tiders pulterrum i kælder eller på loft. Sådanne rum ventileres normalt ikke, men enhver vil kunne forestille sig, hvor forkert dette i grunden er. I rummet vil der ganske givet blive anbragt en kurv med snavset vasketøj, vådt overtøj, sko etc. og en vis ventilation ville utvivlsomt give en bedre lufttilstand i et sådant lukket rum. Desværre er det nok vanskeligt at forlange rum af denne art ventileret, fordi det strengt taget kun er et indbygget skab, der er så stort, at man kan gå derind, og det vil vel i almindelighed være urimeligt at forlange, at klædeskabe ventileres. På den anden side må det erkendes, at uventilerede rum er en dårlig løsning, og det foreslås derfor, at der ved mekanisk ventilation altid udsuges i det mindste 20 m^3/h fra sådanne indvendige pulter- eller garderobesrum.

Drift og vedligeholdelse.

Det glemmes ofte, at hvor der findes mekanik, må der tages hensyn til vedligeholdelsen. Ventilatoren skal som al anden mekanik tilses, smøres og justeres med regelmæssige mellemrum. Ventilatorerne drives i reglen med et kileremtræk, og før eller senere vil kileremmen blive slidt så meget, at den knækker, og ventilatoren går i stå. I en sådan situation er det af stor værdi, at vicevært eller varmemester er instrueret om, hvorledes udskiftning af kileremme foregår, og at der altid findes kileremme i reserve. Hvor ventilatorerne står udsat for vejrliget ovenpå et fladt tag, vil selv de bedste kileremme ikke kunne holde ét år, så i meget store ejen-

domskomplekser med mekanisk ventilation bliver udskiftning af kileremmene en ofte tilbagevendende begivenhed for vicevært eller varmemester.

Det skal være let at komme til at efterse og reparere ventilatorerne, ellers risikeres at det aldrig bliver gjort. Dette krav synes at være indlysende, men det skal nævnes, at på en større ejendom i København var der ingen taglem op til det flade tag, hvorpå ventilatorerne var anbragt. For at komme op på taget til eftersyn og reparation af ventilatorerne var det derfor nødvendigt at benytte brandvæsenets høje stige. Taglemmen er dog omsider blevet installeret.

Til ventilatorernes elektriske udstyr hører motor-skabe, hvorfra igangsætning og stop foregår. Det er vigtigt, at motorskabene placeres således, at varmemester eller vicevært let kan holde øje med dem for at se, om ventilatorerne kører. På den anden side skal de også anbringes bag lås og slå således, at børn ikke kan sætte anlægget ud af drift.

Kanalrensning.

Endnu er det ikke påkrævet, at ventilationskanaler skal kunne renses, men enhver, som har set en sådan kanal efter flere års brug, vil indrømme, at der burde være et krav om rensning på ganske samme måde som for skorstene, og man må vel også forvente, at kravet vil fremkomme fra bygningsmyndighederne inden ret mange år. Af denne grund skal bunden af en fælleskanal altid udføres med en renselem, således at snavs, som eventuelt renses af kalens sider, kan fjernes. Selv om der ikke renses kanaler, bør der alligevel findes en renselem i bunden af hver kanal, fordi det ikke kan undgås, at der samler sig snavs forned i kanalen, og af helt indlysende grunde er dette hygiejnisk set utilfredsstillende.

Fig. 5. Billedet viser, hvorledes en aftagelig renselem er anbragt i bunden af en større ventilationsskakt i en boligbloks kælder.



lende. På fig. 5 er vist, hvorledes man i kælderen kan anbringe en renselem i bunden af ventilations-skakten.

For at kunne komme til at rense skakten bør der også over øverste etage være en renselem, som gør det muligt at benytte rensekoste på ganske samme måde som ved skorstensfejning.

Konklusion.

Erfaringerne fra den halve snes år, de mekaniske ventilationsanlæg har været benyttet i Danmark, viser, at når blot anlæggene projekteres og udføres korrekt, vil de have en række gode egenskaber, som ikke kan opnås med naturligt aftræk. I boligbebyggelse med kun få etager er anlæggene dog afgjort dyrere i installation og drift end for det naturlige aftræks vedkommende, men til gengæld kan det så diskuteres, hvorvidt de fordele, der opnås, egentlig ikke er merprisen værd. Først og fremmest vil der finde udsugning af luft sted hele året, og dette sker på det nærmeste uafhængigt af temperatur og vindforhold. Dernæst vil den ensartede lodrette kanalføring i alle etager medføre nogle fordele, ved projektering og udførelse af montagebyggeri, fordi det er muligt at arbejde med helt identiske forhold i 6—8 over hinanden liggende etager. Endelig vil det ved mekanisk ventilation være muligt at klare sig med langt færre kanal gennemføringer i tagfladen.

Fremtidens boligventilation.

Den fremtidige udvikling vil sikkert medføre, at der stilles endnu større krav til det indendørs klima i vore boliger, og dermed vil også kravene til de mekaniske ventilationsanlæg stige. Nu er det ikke umiddelbart muligt at sætte de udsugede luftmængder væsentligt i vejret, da dette vil medføre træk fra vinduer og døre, hvorigennem frisklufttilførslen finder sted. Den logiske konsekvens heraf er derfor, at der i stedet tilføres forvarmet friskluft gennem et særligt kanalsystem, og dermed nærmer vi os et egentligt ventilationsanlæg for almindelige boliger. Selv om denne tanke i dag på grund af kravene til byggeriets økonomi forekommer noget virkelighedsfjern, så er der dog næppe tvivl om, at udviklingen vil gå i denne retning.

Litteratur: *Boligventilation*, Rapport nr. 44 fra S.B.I. København 1961. *Bostadsventilation*. Rapport nr. 77 fra Statens Råd för Byggnadsforskning, Stockholm 1962.