



Lufthastighed i møblerede rum

Ventilationsanlæg dimensioneres normalt uden hensyntagen til møblering i de ventilerede lokaler. I mange tilfælde vil et møbleret lokale imidlertid have andre strømningsforhold end det tilsvarende tomme rum. I et Ph.D.-projekt ved Aalborg Universitet belyses disse forhold ved laboratoriemålinger og computersimuleringer.

Af June Richter Nielsen, Peter V. Nielsen og Kjeld Svidt, Aalborg Universitet



June Richter Nielsen er Ph.D.-studerende på sidste år på Aalborg Universitets afdeling for indeklima.

Når ventilationsanlæg skal dimensioneres, er maksimalhastigheden i opholdszonen en meget vigtig parameter, da den kan give anledning til træk. Det har vist sig, at en lufthastighed på over 0,15 m/s medfører trækgener, når der udføres stillesiddende arbejde så som kontorarbejde /1/. Lufthastigheden i et rum kan bl.a. påvirkes af indblæsningen, varmekilder og kulde nedfald fra vinduer, og rummets facon og møblering spiller også en rolle. At sidstnævnte kan påvirke luftstrømningerne i et rum er angivet i figur 1. Som det ses af figuren, er der meget

stor forskel på tomt og møbleret kontor, hvor luftens bevægelse i det møblerede kontor er mere kompliceret end i det tomme. Der findes flere dimensioneringsmetoder til bestemmelse af maksimalhastigheden i opholdszonen af et rum /2/, men de tager ikke hensyn til rummets møblering, da de ofte er udarbejdet under forudsætning af, at rummet er tomt. Da dette er en stor afvigelse fra virkeligheden (se figur 1), er det vigtigt at finde ud af, hvorledes møbler påvirker luftstrømningerne i et rum.

I denne artikel er et oplån-

dingsventileret lokale med indblæsning lige under loftet undersøgt. Ved brug af isoterme fuldskala forsøg og isoterme CFD (Computational Fluid Dynamics) simuleringer, hvor kontormøbler er anbragt i rummet, er indblæsningsstrålen under loftet samt maksimalhastigheden i opholdszonen undersøgt.

Forsøg og simuleringer

Der er udført isoterme forsøg i to fuldskalarum, hvor der i det første er ventileret med spalteindblæsning, og i det andet er der ventileret med spalteindblæsning eller hvirveldiffuser. I det første

rum er der lavet tre forsøgsopstillinger, hvorimod der kun er lavet én opstilling i det andet rum. De tre forsøgsopstillinger i det første rum er nærmere beskrevet i /3/.

For at undersøge møblers påvirkning i en kontorsituation er der i forsøgene placeret typiske kontormøbler i rummet. Desuden er der placeret personsimulatorer i



Fig. 1. Eksempel på et tomt og et møbleret, identisk kontor. Sidstnævnte indikerer en stor påvirkning af luftstrømningerne i rummet.

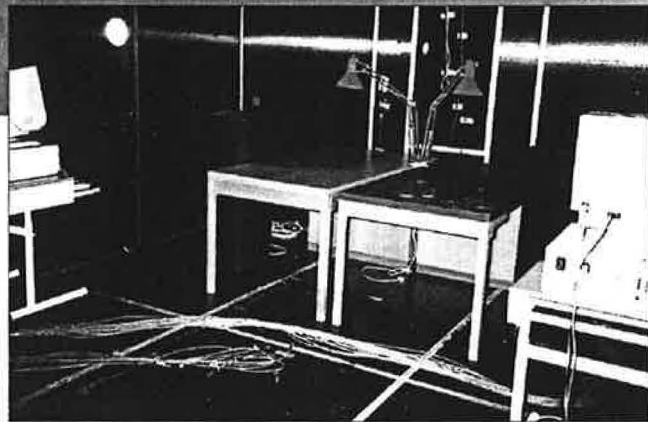
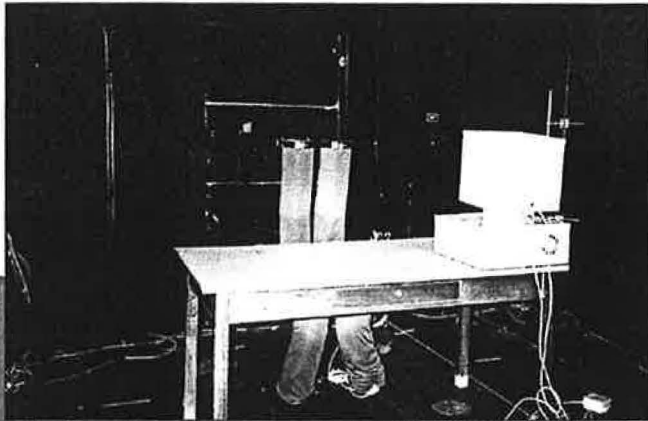


Fig. 2. Fotografi af én af opstillingerne i rum 1 og opstillingen i rum 2 begge med kontormøblement. Begge rum er opblandingsventilerede, og der er foretaget hastighedsmålinger under isoterme forhold i både tomt og møbleret rum.

rummet. I figur 2 ses fotos af de to rum med hver én opstilling. Det er i alle forsøgene fundet, at maksimalhastigheden i opholdszonen er reduceret i det møblerede rum i forhold til det tomme rum (se tabel 1), når der er tale om isotermsk strømning. Der kan dog lokalt

men ingen af dem er større end maksimalhastigheden.

Som det ses af tabel 1, reduceres maksimalhastigheden med 20-25 % i det møblerede rum. Dermed må møbler regnes som en væsentlig faktor, når ventilationsanlæg skal dimensioneres.

tet af et porøst volumen i hele rummets bredde, hvor længden er lig med den møblerede længde. Møblerne kan indsættes med de korrekte mål og med alle enkeltheder, men det er enklere at indsætte ét stort volumen. Det porøse volumen gennemstømmes af luften (se figur 3), og samtidig bremses luftens hastighed pga. en modstand i volumenet. Størrelsen af denne modstand kan varieres, og dens værdi bestemmes ud fra forsøgene. Med værdien af modstanden, som er fundet i forsøgene, er der udført yderligere

	rum 1 opstilling 1	rum 1 opstilling 2	rum 1 opstilling 3	rum 2 spalte	rum 2 hvirveldiffuser
u_m/u_{m0}	74 %	66 %	79 %	74 %	77 %

Tabel 1 Maksimalhastigheden i opholdszonen i møbleret rum, u_m i forhold til tomt rum, u_{m0} i tilfælde af isotermsk strømning.

opstå hastigheder i det møblerede rum, der er højere end i det tomme rum,

Ved CFD simuleringerne er møblerne ikke modelleret i detaljer, men i stedet erstattet

simuleringer, hvor volumennets højde, længde, placering og antallet af volumener er varieret. Desuden er der foretaget simuleringer i forskellige rumlængder. I alle de simulerede tilfælde er resultatet det samme som i forsøgene: maksimalhastigheden i opholdszonen af et opblandingsventileret rum med isoterm strømning reduceres, når rummet er møbleret.

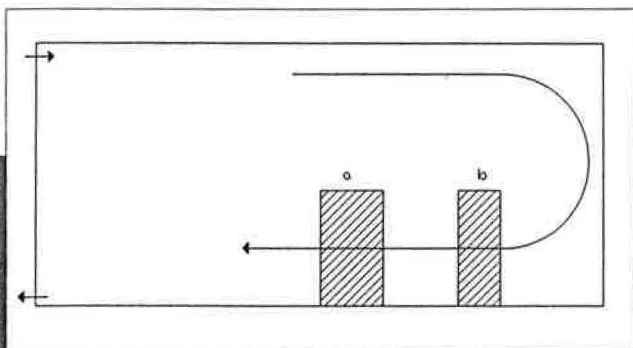


Fig. 3 Luften strømmer gennem de porøse volumener. Længden af det møblerede område, l, bestemmes som summen af a og b.

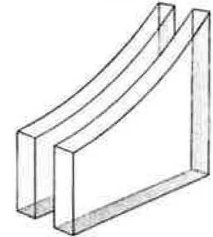
Påvirkning af indblæsningsstrålen under loftet
Da forskellen som nævnt er

ENERGI -spare Glas

Kappa Energi

LT=Sollystransmittans
TST=Total solenergi transmittans

Termoruder
4-15-4



KAPPA ENERGI SUPER

+ alm. glas og argongas

U=1,1

LT/TST= 76/59

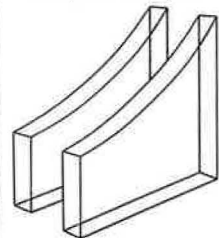
GOD

ISOLERING

OG MEGET

LYS

Forsatsramme
4+(50-100)+4



KAPPA ENERGI FLOAT

Indv. i forsatsramme
-svarer til en 3-lags
termorude.

U=2,0

LT/TST= 75/72



PILKINGTON

FLOATGLAS

Pilkington Floatglas A/S

Telefon 31 42 66 00
Fax 31 42 45 01



stor mellem et tomt og et møbleret rum (se tabel 1), er det vigtigt at vide, om stråleteorien, der er udviklet ud fra forsøg og simuleringer i store tomme rum, også kan bruges i møblerede rum. Da stråleteorien kun er gældende for strålens forløb, indtil den afbøjes ned i opholdszonen, undersøges strålen under loftet. Dette gøres ved at bestemme strålens hastighedsfald, og den er i tilfælde af plan vægstråle givet ved /4/:

$$\frac{u_{max}}{u_{m,0}} = K_p \sqrt{x}$$

hvor u_{max} : Strålens maksimalhastighed i afstanden x fra indblæsningen [m/s].
 $u_{m,0}$: Indblæsningshastighed [m/s].
 K_p : Individuel konstant for indblæsningsarmaturet.
 h : Højden af indblæsningen [m].
 x : Afstand fra indblæsningen [m].

Normalt er K_p angivet for indblæsningsarmaturer, og formlen anvendes til at bestemme hastighedsfaldet under loftet. I dette tilfælde anvendes formlen til at finde K_p for forsøg og simuleringer, idet hastighedsfaldet er kendt.

K_p er fundet til at være tilnærmelsesvis ens i tomt og møbleret rum, og størrelsen samt placeringen af møblerne (det porøse volumen) er uden betydning. Idet indblæsningsstrålen under loftet under isoterme tilstande hermed er upåvirket af møblerne, kan stråleteorien, som er udviklet i tomme rum, også anvendes i møblerede rum, når møbleringen svarer til kontormøbler.

Maksimalhastighed i opholdszonen

Maksimalhastigheden i opholdszonen reduceres i et møbleret rum, og denne reduktion er afhængig af møblernes længde/udstrækning, l (se figur 3). Da der allerede findes dimensioneringsmetoder til bestemmelse af maksimalhastigheden i opholdszonen af et tomt rum, $u_{m,0}$ /2/, er hastighe-

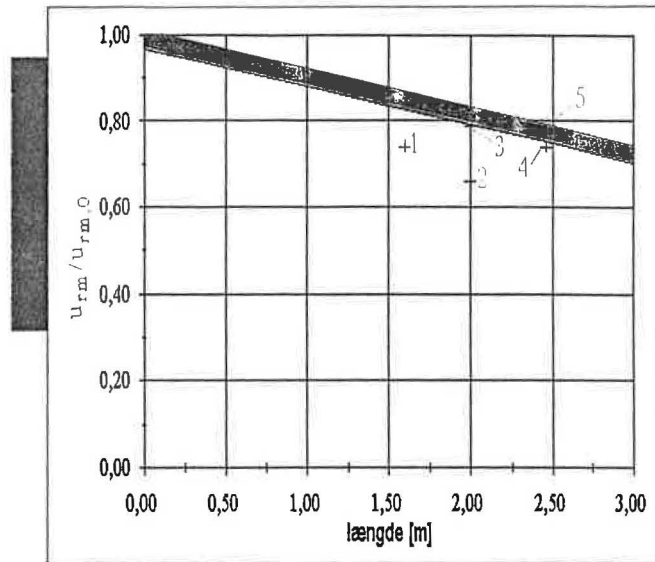


Fig. 4. Maksimalhastigheden i opholdszonen som funktion af længden af det møblerede område. 1. Tallene 1-5 står for de målte værdier i forsøgene; se desuden tabel 1.

den i det møblerede rum, u_{fm} , bestemt i forhold til denne. $u_{fm,0}$ kan også findes ved måling eller simulering.

I figur 4 er maksimalhastigheden i opholdszonen, $u_{fm}/u_{fm,0}$, optegnet som funktion af møblernes længde, l . Værdierne for forsøgene er indtegnet sammen med regressionslinien for simuleringerne. Liniens ligning er bestemt ved:

$$\frac{u_{fm}}{u_{fm,0}} = 1 - K \cdot l$$

hvor u_{fm} : Maksimalhastighed i opholdszonen i det møblerede rum [m/s].
 $u_{fm,0}$: Maksimalhastighed i opholdszonen i det tomme rum [m/s].
 K : En konstant på 0,088 [m⁻¹].
 l : Møblernes totale længde [m].

Det ses af figuren, at nogle af værdierne for forsøgene er lavere end kurven for simuleringerne. Dette skyldes, at i forsøgene skal luften bevæge sig udenom de fysiske forhindringer, hvorimod det porøse volumen i simuleringerne bremser luften ensartet.

Figuren viser, at ved at øge længden af møblerne, sænkes maksimalhastigheden i opholdszonen i tilfælde af isothermisk strømning. Hermed er man på den sikre side, når man anvender de „normale“ dimensioneringsmetoder til at sikre, at mak-

simalhastigheden i opholdszonen, og dermed komforten, er tilfredsstillende.

Ved termisk strømning vil man ofte få en forøget luft-hastighed i opholdszonen i forhold til $u_{fm,0}$, men dette skyldes især en reduktion af luftstrålens banekurve.

Konklusion

Ved brug af kontormøbler er det undersøgt, hvorledes luftstrømningerne i et opblandingsventileret rum ændres i forhold til det tomme rum. Der er anvendt isoterme forsøg og simuleringer til undersøgelserne. I simuleringerne er der anvendt et porøst volumen med en modstand i stedet for at indsætte de fysiske møbler i detaljer. Der er simuleret med forskellige længder, højder, placeringer og antal af det porøse volumen.

Indblæsningsstrålen under loftet undersøges for at se, om stråleteorien, som er udviklet udelukkende i tomme rum, også er gældende i møblerede rum. Ved undersøgelsen ses der på hastighedsfaldet, og det er fundet, at møblementet ikke påvirker indblæsningsstrålen i tilfælde af isothermisk strømning, uanset møblernes størrelse og placering.

Maksimalhastigheden i opholdszonen i et møbleret rum med isotherm strømning

er reduceret i forhold til et tomt rum, og den er afhængig af møblernes længde. Det er fundet, at når det møblerede områdes totale længde øges, reduceres maksimalhastigheden i opholdszonen.

Der kan konkluderes på baggrund af undersøgelserne, at normalt kontormøblement ikke påvirker luftstrømningerne i den øverste del af rummet, men den maksimale lufthastighed i opholdszonen reduceres i forhold til tomt rum, når der er tale om isothermisk strømning.

Litteratur

- /1/DS 447, Dansk Ingeniørforenings norm for ventilationsanlæg, 1. udg. december 1981, 3. oplag.
- /2/Nielsen, P.V. 1991. Models for the Prediction of Room Air Distribution, 12th AIVC Conference on Air Movement and Ventilation Control within Buildings, Ottawa, Canada, September 24-27 1991. Vol. 1, pp. 55-72.
- /3/Nielsen, J.R., Nielsen, P.V. and Svdt, K. 1997. Air Distribution in a Furnished Room Ventilated by Mixing Ventilation. Ventilation '97, Ottawa, Canada, September 14-17 1997.
- /4/Danvak grundbog, H. E. Hansen, P.Kjerulf-Jensen og Ole B. Stampe, 2. udg. 1997.

Air velocity in furnished rooms

Nielsen J.R., Nielsen P.V. and Svdt K., VVS Denmark, November, 1997, Vol. 33, No. 15

The article describes how furniture in a mixing ventilated room influences the air flow in the room. It is found that the air movements in the upper part of the room are unaffected by the furniture, whereas the maximum velocity in the occupied zone is reduced when furniture is present in the room.