Aalborg Universitet

AALBORG UNIVERSITY
DENMARK

Luftbåren smittespredning og dråbeinfektion

Nielsen, Peter V.

Published in:
VENTInet

Publication date:
2006

Document Version
Også kaldet Forlagets PDF

Link to publication from Aalborg University

Citation for published version (APA):
Nielsen, P. V. (2006). Luftbåren smittespredning og dråbeinfektion. *VENTInet*, (17), 11-12.

General rights
Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal -

Take down policy
If you believe that this document breaches copyright please contact us at vbn@aub.aau.dk providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Downloaded from vbn.aau.dk on: March 29, 2024

VENTInet

Nyhedsbrev

Netværkscenteret, Aalborg Universitet **Nummer 17, 2006**

Dette nyhedsbrev indeholder nogle af de afgangsprojekter, vi har arbejdet med i årets løb. Projekterne dækker områderne: ventilation, smittespredning, røgudbredelse og komfort, problemstillinger som alle relaterer til vore primære indsatsområder.

Nogle af projekterne er afsluttede projekter, og andre er fortløbende projekter, som vil indgå i større sammenhænge i vore indsatsområder.

Årsmødet vi i år være slået sammen med livslang læring, og der vil blandt andet være lejlighed til at høre indlæg om de nye skærpede energibestemmelser og om multifunktionelle glasfacader.

Personbevægelsens indflydelse på bakterietransport

Af lektor Henrik Brohus, Institut for Byggeri og Anlæg, AAU

Introduktion

På operationsstuer er det af stor betydning, at antallet af bakterier er lavt for at minimere risikoen for infektioner efter en operation. Infektioner er problematiske af flere grunde. Helt oplagt kan de i værste fald være livstruende eller invaliderende for patienten, de kan forlænge opholdet på hospitalet i op til flere uger og give anledning til yderligere behandling eller operation og er dermed også en stor omkostning for samfundet.

Kilden til bakterier på operationsstuer er altovervejende de tilstedeværende personer - dels personalet og dels patienten selv. Bakterierne afgives typisk fra vores hudoverflade sammen med skæl og afstødt hud i et meget stort antal. Risikoen for infektion afhænger af operationstypen. Operationer i fx mave- og tarmregionen er ikke særlig problematiske med hensyn til postoperative infektioner, idet der i forvejen er mange bakterier til stede i miljøet. Derimod er fx ortopædkirurgiske operationer særlig følsomme for dybe infektioner. Når der eksempelvis foretages en hofteoperation, vil der i lårbenet normalt ikke naturligt være bakterier til stede, ligesom der kun er meget begrænset blodcirkulation som kan hjælpe kroppens forsvar ved en eventuel infektion.

Derfor er der i sagens natur megen fokus på at reducere mængden af bakterier på operationsstuer. På alle operationsstuer er der særlige procedurer for rengøring, personlig hygiejne, påklædning, optræden før og under en operation m.v. Der er desuden kraftig ventilation på operationsstuer med et luftskifte typisk i intervallet 10 - 20 gange i timen. På ortopædkirurgiske operationsstuer anvendes der desuden LAF (laminar airflow) ventilation som supplement til den almene ventilation. Ved LAF ventilation er der placeret en enhed over operationsbordet som genererer en nedadrettet ensartet strømning efter, at luften har passeret et absolutfilter. Det giver kombineret med særlige dragter en meget lav koncentration af bakterier omkring patienten, se Figur 1.

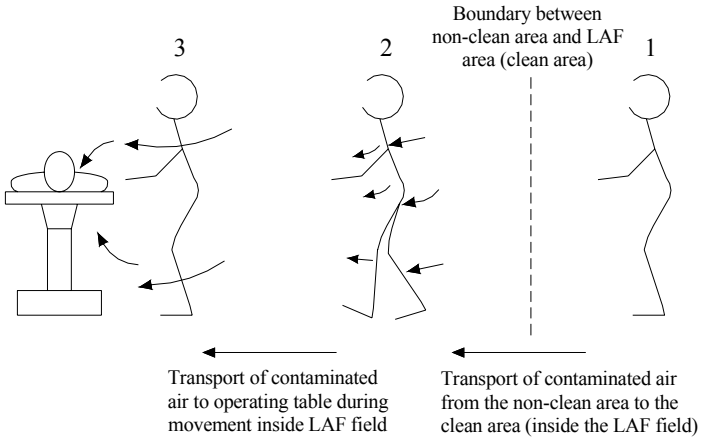


Figur 1. *Til venstre: hofteoperation på ortopædkirurgisk operationsstue. Operationen foregår under en LAF enhed (laminar airflow). Til højre: Under operationer hvor der anvendes hoftecement, forlader operationssygeplejersken det ultrarene område under LAF feltet for at blande cementen, hvorefter den transporteres tilbage og overrækkes til kirurgen.*

Bakterietransport på ortopædkirurgisk operationsstue

Når der anvendes en LAF enhed adskilles operationsstuen i to zoner. En ultraren zone under LAF feltet og en ren zone udenfor. I den ultrarene zone bærer personalet særlige dragter, mens der bæres almindelig operationsbeklædning udenfor. Derfor vil der også være stor forskel på bakteriekoncentrationen inde under og uden for den ultrarene zone.

Transport af personer og udstyr mellem zonerne giver en forøget risiko for, at der tilføres bakterier til såret. Transporten mellem zonerne skyldes primært, at der skal rækkes diverse udstyr til kirurgen og assistenterne, men også at operationssygeplejersken kan have behov for kortvarigt at forlade det ultrarene område. Det sker fx i forbindelse med blanding af knoglecement, hvor blandingen sker foran en lokaludsugning, se Figur 1. Når operationssygeplejersken bringer cementen tilbage til kirurgen, vil der være risiko for medrivning af forurening fra den mindre rene zone ind mod patienten, se Figur 2.



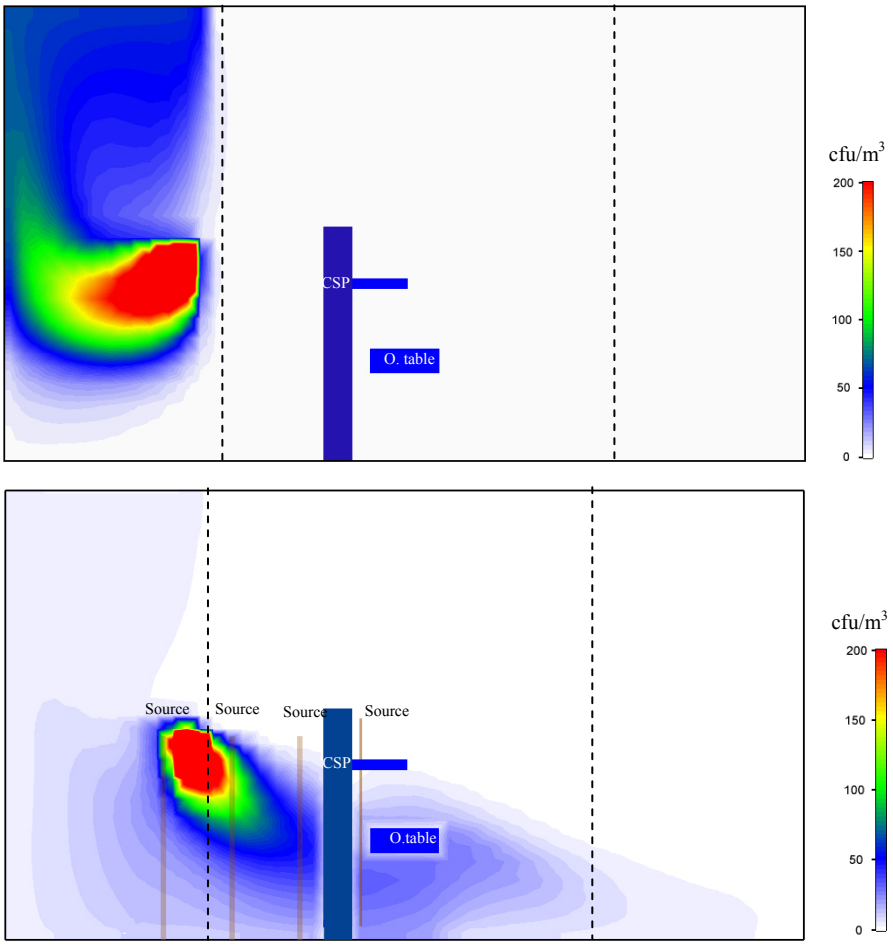
Figur 2. *Når operationssygeplejersken har blandet knoglecement (se Figur 1) og skal transportere det tilbage til kirurgen i den ultrarene zone, vil der være en forøget risiko for bakterietransport som følge af personbevægelsen.*

På Figur 3 er der vist en CFD simulering af bakteriefordelingen omkring et operationsbord under en LAF enhed, hvor der henholdsvis ingen personbevægelse er, og hvor der er en forholdsvis markant bevægelse pga. transport af knoglecementen. Ved CFD simulering og visuel inspektion med røg er det fundet, at personbevægelse kan forøge risikoen for utilsigtet bakterietransport betydeligt. Det er også konstateret ved bakteriemålinger foretaget under en operation, at der lokalt kan forekomme (for) høje bakteriekoncentrationer i det ultrarene område.

Bakterietransport ved personbevægelse

De nævnte observationer og simuleringer sammenholdt med andre undersøgelser i litteraturen har øget bevidstheden om betydningen af personbevægelse i forbindelse med bakterietransport. Derfor er arbejdet fortsat med videre undersøgelser i felten (se Figur 4) og i laboratoriet (se Figur 5) for at belyse emnet yderligere.

Der er blandt andet foretaget en række bakteriemålinger ved hjælp af slit-sampler (se Figur 4) og sedimentationsplader under nogle operationer for at undersøge bakterieniveauet. Der er målt forskellige steder både på og udenfor operationsstuen samt over tid for at kunne vurdere variation i bakteriekoncentrationen over tid og sted.



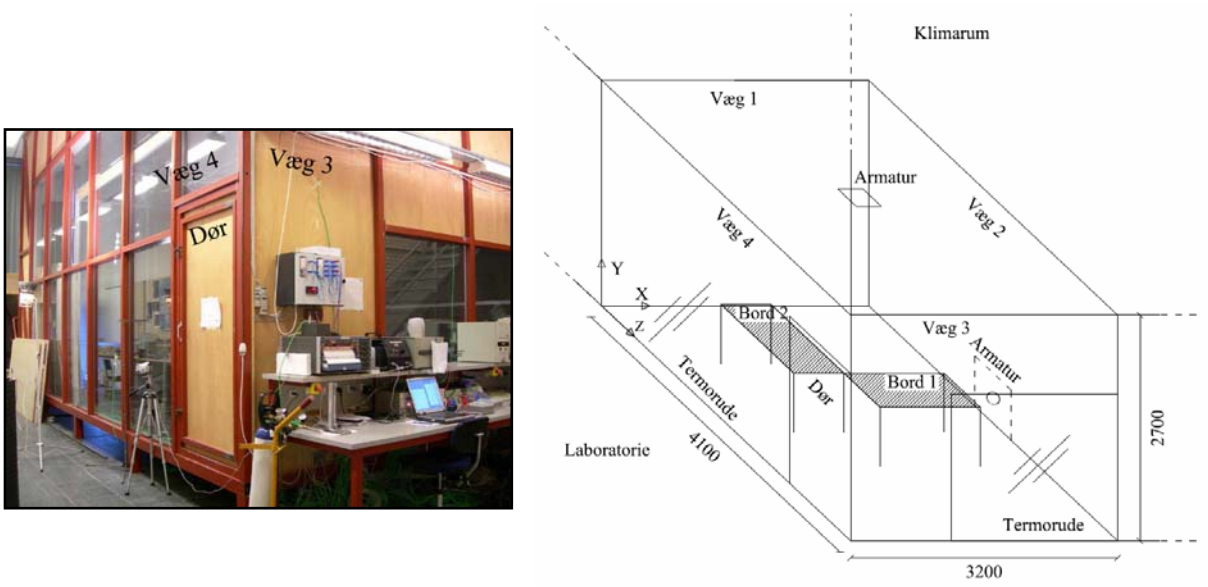
Figur 3. *CFD simulering af bakteriekoncentration omkring operationsbord ved ortopædkirurgisk operation. De stiplede linjer markerer LAF feltet med nedadrettet ensartet strømning. "CSP" (Computer Simuleret Person) svarer til operationssygeplejersken. Der formodes at være en forureningskilde til venstre uden for LAF felter (rød), Øverst er der ikke nogen personbevægelse og LAF feltet kan opretholde en ultraren zone omkring patienten. Nederst er der medregnet effekten af bevægelse (fra venstre mod højre), og der konstateres en forøget risiko for bakterietransport til patienten.*



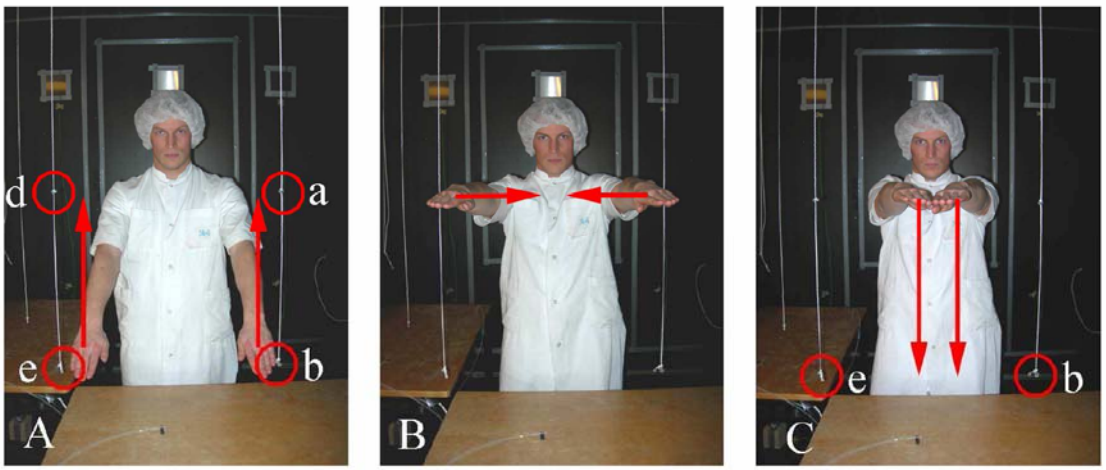
Figur 4. *Undersøgelse af bakterieniveau under en hjerteoperation. Undersøgelsen sker ved hjælp af en slit-sampler, hvor luften suges forbi en opsamlingsplade, hvorpå bakterierne fastholdes og senere ved kultivering og optælling kan omregnes til en koncentration.*

Der er endvidere lavet en række undersøgelser i laboratoriet under kontrollerede forhold, se Figur 5. Her benyttes af praktiske grunde sporgas til at simulere bakteriekilde for bedre at kunne dosere og måle koncentrationsfordelingen i rummet. Opstillingen er lavet for tilnærmet at kunne modellere opstillingen i en operationsstue (operationsbord og bord med instrumenter bag operationsteamet). Der er gennemført målinger med både opblandingsventilation og fortrængningsventilation for at undersøge de to systemers følsomhed i forhold til bevægelse.

Resultaterne vil foruden anvendelsen i forhold til operationsstuer naturligvis også kunne sige noget om forholdene ved komfortventilation og indflydelsen på ventilationseffektivitet ved personbevægelse. Fx vil resultaterne kunne give en indikation af, hvor meget ventilationseffektiviteten ved en typisk lagdelt strømning ved fortrængningsventilation påvirkes af bevægelser.



Figur 5. *Forsøgsrum hvor der er foretaget eksperimentelle undersøgelser af personbevægelsens indflydelse på bakterietransport. Forsøget udføres med virkelige personer, mens der dog anvendes sporgas til at simulere bakterier af praktiske grunde.*



Figur 6. *Eksempel på instruktioner som følges ved en simuleret "bevægelse" under en operation, mens der måles sporgaskoncentration for at vurdere indflydelsen på koncentrationsniveauet forskellige steder i rummet.*

For at have nogle realistiske personbevægelser er der foretaget observationer under en række hjerteoperationer. Her er der udvalgt nogle typiske bevægelser; så som en opad- og nedadgående bevægelse samt en "tilfældig bevægelse" som slet ikke er så tilfældig endda, idet forsøgene jo gerne skulle være reproducerbare, se Figur 6.

Undersøgelserne forventes at munde ud i ny og vigtig viden om personbevægelsens betydning for bakteriespredning og dermed også information om, hvor robuste ventilationssystemerne er, hvilket kan få indflydelse på fremtidigt design af operationsstudier. Hidtil er der næsten udelukkende lavet forsøg med stillestående varmekilder eller modeller af personer, så forsøgende bidraget med væsentligt ny viden på området.

Arbejdet med personbevægelse er rapporteret i afgangsprojektet "Bakterietransport på operationstuer – En undersøgelse af personbevægelsens indflydelse på luftbåren bakterietransport" af Mikkel Lyng Hyldig, Simon Kamper og Ulla Maria Vachek. Afgangprojektet afsluttes juli 2006.

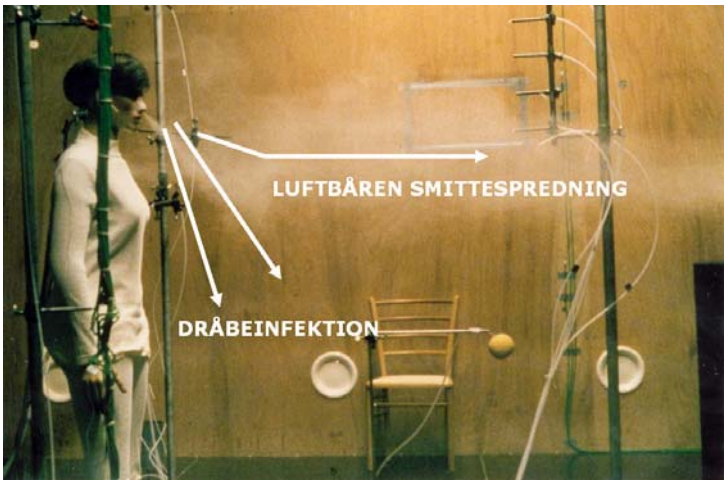
Udvalgte referencer

- Brohus, H., Balling, K.D., Jeppesen, D.: Local Exhaust Efficiency in an Operating Room Ventilated by horizontal Unidirectional Airflow, Proceedings of Roomvent 2004, 9th International Conference on Air Distribution in Rooms, Coimbra, Portugal, 5 – 8 September, 2004.
- Brohus, H., Balling, K.D., Jeppesen, D. (2005) "Influence of Movements on Contaminant Transport in an Operating Room". In: Proceedings of Indoor Air 2005, the 10th International Conference on Indoor Air Quality and Climate, pp. 3106 – 3111, Beijing, China, September 4 – 9.
- Balling, K.D., Jeppesen, D.: Bakterietransport på ortopædkirurgiske operationsstuer – måling og analyse af luftstrømningers indflydelse på bakterietransporten, Afgangsprojekt, Aalborg Universitet, 2004.

Luftbåren smittespredning og dråbeinfektion

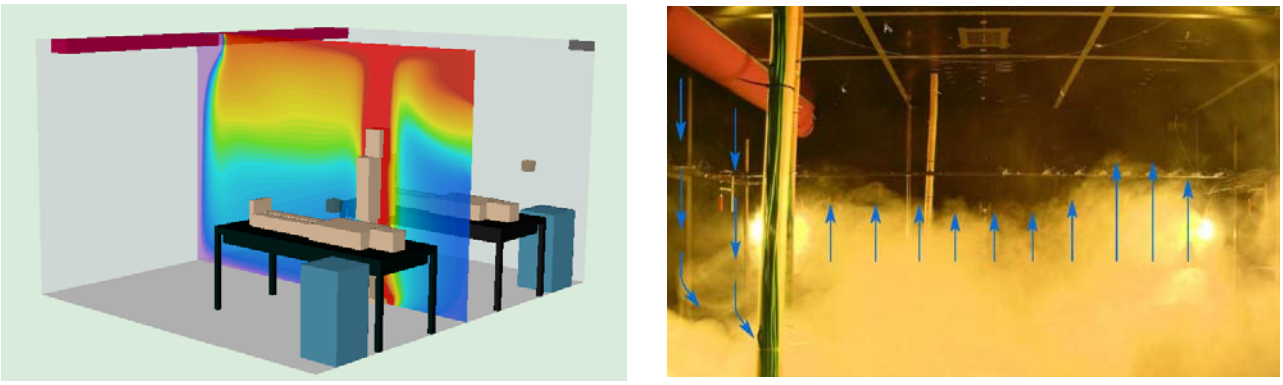
Af professor Peter V. Nielsen, Institut for Byggeri og Anlæg

Luftbåren virus er en væsentlig smittespreder ved flere sygdomme som fx influenza, tuberkulose, skoldkopper og SARS. Når smitten kommer fra en person, der hoster, taler eller ånder, kan den have to former: enten som tunge dråber der søger nedad, eller som små partikler der kan forblive i luften. De tunge væskedråber kan indeholde virus, og de vil falde til gulvet inden for en afstand af få meter, figur 1. Denne smittespredning kaldes dråbeinfektion, men det er en form for luftbåren smittespredning. Små væskedråber fra en person, eller større dråber der når at fordampe, inden de når gulvet, giver anledning til luftbåren smittespredning. Disse partikler (med virus) forbliver i luften, og de føres rundt med den luftbevægelse, der skabes af ventilation, af folks bevægelse, af døre der åbnes og lukkes og af trykforskelle imellem de forskellige rum.



***Figur 1**. Forsøgsmannequin der udånder en sporgas. Det er illustreret, hvorledes dråbeinfektion og luftbåren smittespredning fordeler sig i rummet.*

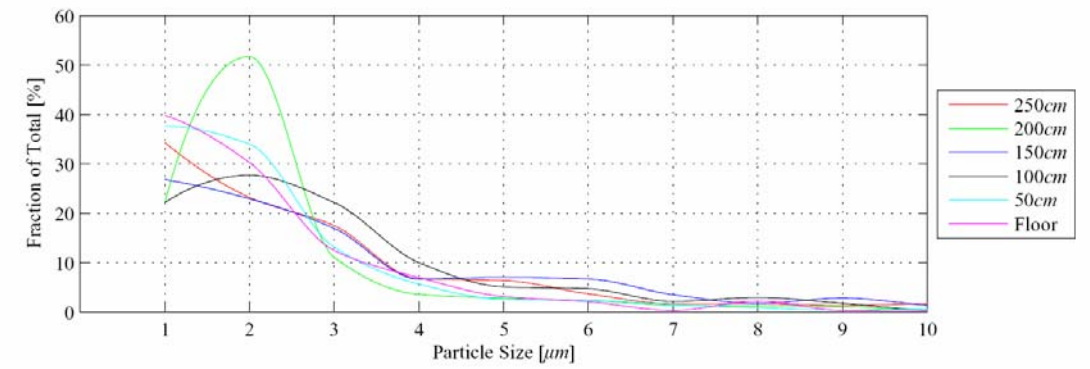
Den luftbårne smittespredning og dråbeinfektion er påvirket af det luftfordelingssystem, der anvendes. Derfor er det væsentligt at anvende et hensigtsmæssigt system i miljøer, hvor der er fare for krydsinfektion som fx i sengestuer på hospitaler.



Figur 2. Lokale med aktiv fortrængningsventilation. Et tekstilarmatur under loftet i den ene side af lokalet sender afkølet luft ned langs væggen. Den strømmer op over personer og andre varmekilder og udsuges under loftet i modsat side af indblæsningsarmaturet. Den venstre figur viser en computersimulering af strømningen, og den højre figur viser et røgforsøg i fuld skala.

Figur 2 viser et system med aktiv fortrængningsventilation, som har været studeret i forbindelse med smittespredning. Luften fra armaturet strømmer ned i lokalet i den ene side og lagdeler sig over personer og andre varmekilder i resten af lokalet. Forsøgene har vist, at systemet udnytter en lagdelingseffekt, men der er desværre også en vis opblanding imellem den indstrømmende luft og den omgivende lagdelte luft. Derfor er der tale om en forurening af den tilførte luft, ligesom det er tilfældet med opblandingsventilation. Systemet har lovende egenskaber, men der er kun en begrænset adskillelse af den rene luft, og den luft der indeholder udånding fra en kildeperson.

Et system med lodret ventilation er blevet undersøgt på University of Hong Kong med hensyn til beskyttelse imod dråbeinfektion. En lav placering af returluftåbninger skønnes væsentlig for udsugning af større partikler i en sengestue. Derfor er der både anvendt højt placerede åbninger og åbninger ved gulvet ved forsøgene. Figur 3 viser nogle foreløbige resultater af partikelfordeling i forskellige højder imellem to senge i forsøgsrummet i Hong Kong. Kildepersonen, (en termisk manikin der udånder partikler i horisontal retning), befinder sig i den ene seng.



Figur 3. *Fordeling af partikler i seks forskellige højder målt imellem to senge på en sengestue.*

Figur 3 viser, at der er en lille koncentration af store partikler (> 8 µm) langs målesøjlen. Disse partikler er allerede sedimenteret på gulvet inden de er nået frem til målesøjlen. Det ses ligeledes at partikler der er mindre end 2 – 3 µm har nogenlunde samme koncentration i de forskellige højder med en maksimalværdi omkring højden på 2 m. Dette er også i overensstemmelse med måling på fordeling af sporgas (luftbåren smittespredning).

Litteratur

- Hua Qian, Peter V. Nielsen, Yuguo Li and Carl E. Hyldgaard. Airflow and Contaminant Distribution in Hospital Wards with a Displacement Ventilalation System. The 2nd International Conference on Build Environment and Public Health, BEPH 2004, Shenzhen, China.
- H. Qian, P. V. Nielsen, Y. Li, C. E. Hyldgaard, Dispersion of Exhalation Pollutants in a Two-Bed Hospital Ward with Downward Ventilation System. Indoor Air 2005, The 10th International Conference on Indoor Air Quality and Climate, Beijing, 2005, China.
- H. Qian, Y. Li, P. V. Nielsen, C. E. Hyldgaard, T. Wai Wong and A. T. Y. Chwang, Dispersion of Exhaled Droplet Nuclei in a Two-Bed Hospital Ward with Three Different Ventilation Systems. Indoor Air, Volume 16, no. 2, pp. 111 – 128, 2006.
- P. V. Nielsen, Hong Kong – Aalborg. Et samarbejde om forskning i luftbåren smittespredning. Artikel i "Hospital – Drift & Teknologi". EUROPEAN Scandinavian Edition, Energy, Power Supply, EDB/ Telecom, Medico Construction/Plants and Environment. Nr. 2. april 2006.

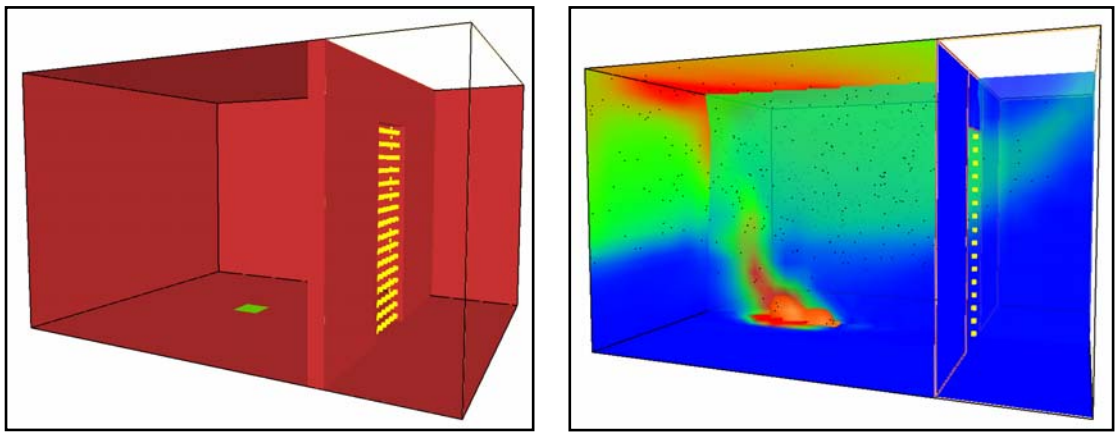
Brandmodellering vha CFD

Af lektor Henrik Brohus, Institut for Byggeri og Anlæg, AAU

Introduktion

Bygninger skal sikres mod brand. I Danmark er det traditionelt sket ved bl.a. sektionering med brandceller og brandsektioner, særlige krav til døre, øvrige konstruktionsdele og materiales overflader, flugtveje m.m. Med indførelsen af funktionsbestemt branddimensionering for et par år siden er der åbnet mulighed for ikke bare at indføre en række "passive" tiltag, men i stedet at regne "aktivt" på det aktuelle brandscenarie og kort fortalt bestemme brandens og røgens udvikling sammenholdt med evakueringstiden. Det giver en række muligheder for fleksibilitet i byggeriet, hvilket kan være attraktivt ikke mindst i større og utraditionelle byggerier. En sådan dimensionering kræver dog, at man kan bestemme ovennævnte brandforløb og røgspredning med en tilstrækkelig sikkerhed. Beregningsfejl og -usikkerheder kan i sagens natur få uoverskuelige konsekvenser og i sidste ende betyde tab af store værdier og menneskeliv. Derfor er det afgørende at kunne modellere brande samt brand- og røgspredning korrekt i arbejdet med funktionsbestemt branddimensionering.

Der findes en række forholdsvis enkle beregningsmetoder som er anvendelige i mere simple rum, hvor man blandt andet kan bestemme lagdelingshøjden som adskiller den øverste røgfyldte del af et lokale og den nederste del, hvor der gerne skulle være mulighed for evakuering over et passende langt tidsinterval. For mere komplekse rum og brandscenarier er man nødt til at foretage beregning af brandudvikling og røgspredning vha. CFD (Computational Fluid Dynamics), se Figur 1.

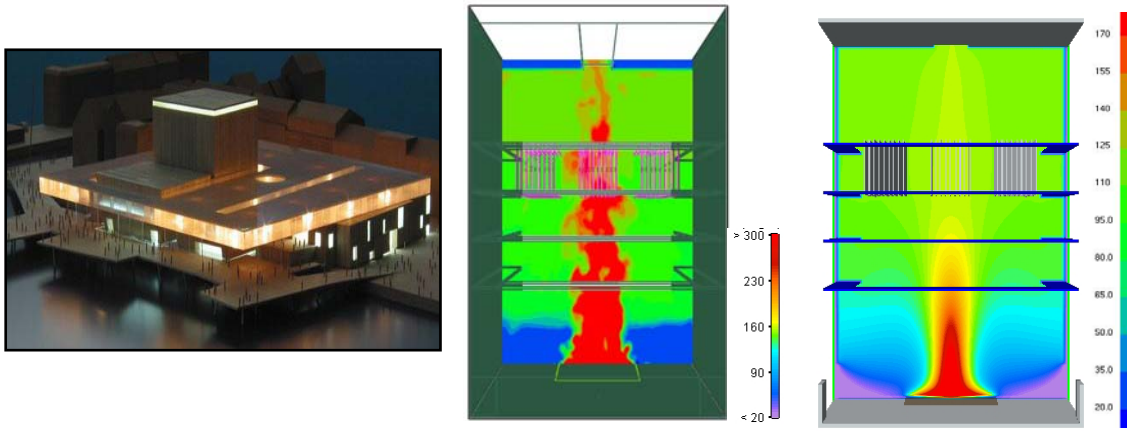


Figur 1. Eksempel på brandmodellering vha. CFD. Resultater fra benchmark test hvor der regnes på brand i et kontor med en døråbning.

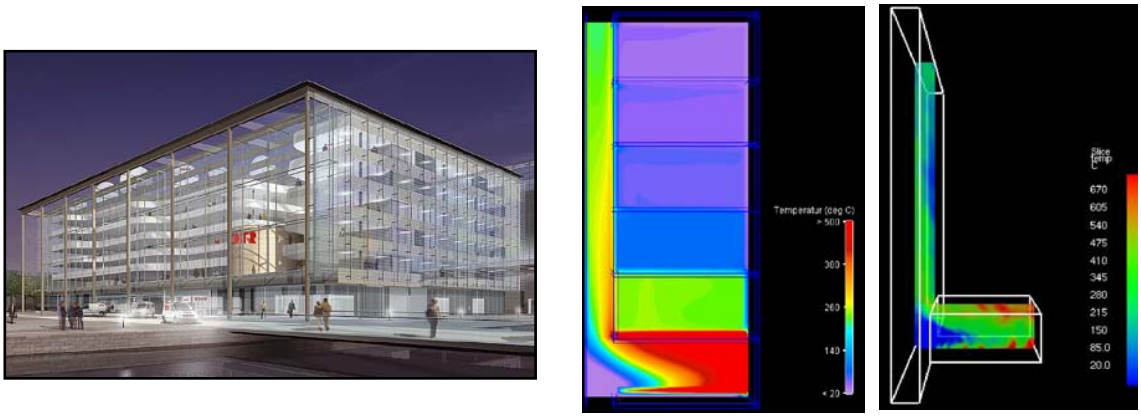
CFD er en numerisk metode til vha. computersimulering at løse de styrende matematiske ligninger som beskriver fysikken i brand- og røgspredning. Brandmodellering er yderst komplekst og rummer store udfordringer i forhold til fx modellering af komfortforhold i ventilerede rum. Brandens tidsmæssige udvikling er i sagens natur af stor betydning, hvorfor der skal regnes dynamisk, hvilket normalt kan undlades ved mange typiske CFD beregninger i forbindelse med indeklima. Der skal endvidere tages højde for strålingens betydelige indflydelse på forholdene. Eksempelvis har stråling til og fra røggasserne væsentlig indflydelse på brandforløbet og er også af direkte interesse ved dimensioneringen. Normalt regner man ved bestemmelse af komfortforhold højest på strålingsudveksling mellem flader. Endelig er modellering af selve branden forbundet med store udfordringer. Listen kunne nemt gøres længere, men de nævnte forhold er fuldt tilstrækkelige til at understrege kompleksiteten og udfordringerne ved brandmodellering vha. CFD. Det stiller således store krav til såvel beregningsværktøjet som brugeren, hvis der skal komme forsvarlige resultater ud af simuleringerne!

Brandmodellering på Aalborg Universitet

På Aalborg Universitet har der over de seneste år været en række projekter som har beskæftiget sig med brandmodellering vha. CFD. Her er der som en del af projekterne foretaget sammenligninger mellem CFD beregningerne og benchmark data fra litteraturen samt resultater fra scala-forsøg målt i laboratoriet. Et projekt har beskæftiget sig med modellering af brand i scenetårnet på det nye skuespilhus som opføres i København, se Figur 2. Et andet projekt har fokuseret på brand- og røgspredning i dobbeltfacader med udgangspunkt i Segment 2 i DR byen, se Figur 3.



Figur 2. *CFD simulering af brand i scenetårnet af det nye skuespilhus på Kvæsthusbroen i København.*



Figur 3. CFD modellering af brand i bygning med dobbeltfacade i Segment 2, DR byen.

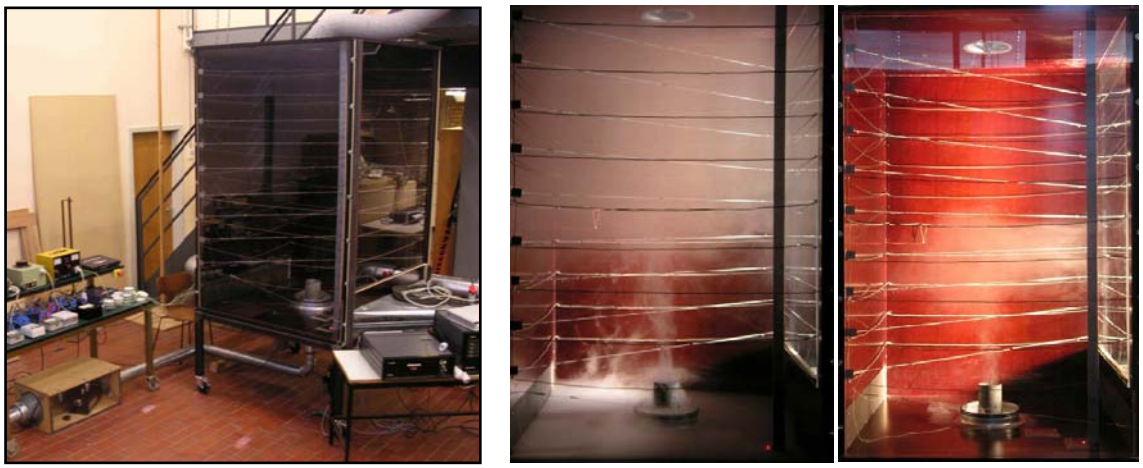
Som en integreret del af projekterne undersøges beregningsprogrammernes kvalitet og usikkerhed. Et af de CFD programmer, som er benyttet i projekterne, er FDS (Fire Dynamics Simulator) fra NIST (National Institute of Standards and Technology, USA). Programmet er meget anvendt i såvel Danmark som i andre lande. Grunden til det er dels at programmet er relativt brugervenligt og nok ikke mindre væsentligt, at der er gratis. Til sammenligning kan nævnes, at prisen for kommercielle licenser til førende CFD programmer ligger i omegnen af 100.000 – 200.000 kr. pr. licens pr. år dog afhængigt af antallet af licenser m.v. Derfor er det naturligvis relevant at vurdere kvaliteten og begrænsningerne.

De omtalte projekter har ikke fokuseret på at foretaget en endelig og dækkende validering af FDS og er således mest "punktmæssige" vurderinger i forhold til benchmark data fra litteraturen og scala-forsøg i laboratoriet. Kort fortalt er det fundet for de gennemregnede cases, at FDS giver rimelige resultater, når der er tale om "sædvanlige" brande, hvor branden har en stor intensitet og er dominerende i forhold til strømningerne i rummet. Derimod synes det at være mere problematisk med beregning af laveffektbrande, dvs. brande som har en lille effekt sammenlignet med almindelige brande, og hvor strømninger og temperaturforhold i omgivelserne har betydelig indflydelse på brandens udvikling og røgens spredning.

Modellering af laveffektbrand

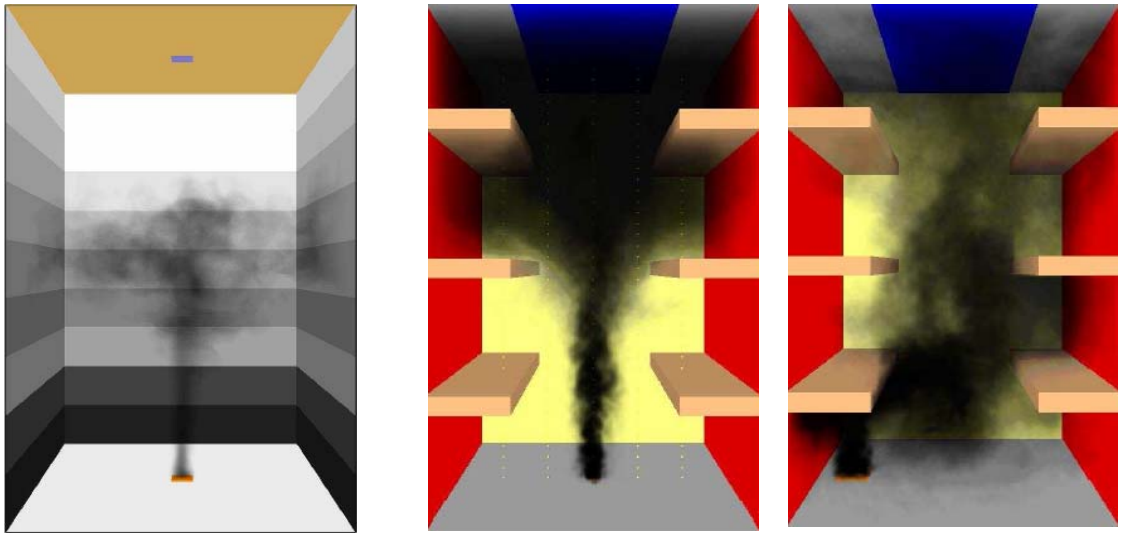
På det seneste er modellering af laveffektbrande undersøgt. Som nævnt ovenfor er det tilsyneladende beregningsmæssigt sværere at opnå gode resultater, ligesom laveffektbrande udgør et brandscenarie som stort set ikke er undersøgt i litteraturen. Laveffektbrande er interessante, idet de opfører sig anderledes end traditionelle brande og kan afstedkomme røgspredning, som ikke når toppen af rummet, hvor brandmelderen oftest er placeret, se Figur 4 og 5. Det kan medføre, at alarmering forsinkes, og at der forekommer utilsigtet spredning af røg. Dermed er det sandsynligvis et brandscenarie, som i fremtiden bør tages med i den samlede vurdering, når der laves funktionsbestemt branddimensionering.

Det er fundet, at FDS har forholdsvis svært ved at modellere laveffektbrande, da disse afhænger meget af randbetingelserne. Ved at skrue på forskellige parametre i modellen kan det lade sig gøre at opnå nogenlunde resultater (fx parametre relateret til turbulensmodellen), men den korrekte værdi af disse parametre vil i praksis være ukendt ved nye designløsninger, hvorfor brug af FDS vil rumme store usikkerheder ved denne type brand. Om samme forhold gælder for kommercielle CFD programmer afhænger meget af modellens detaljering. En afgørende forudsætning for gode resultater er, at temperaturfordelingen kan modelleres korrekt både langs randene og i rumluften. Det stiller store krav til turbulensmodellen og vil endvidere være omkostningskrævende i såvel computerkraft og beregningstid.



Figur 4. *Laboratorieforsøg med laveffektbrand (reduceret skala). Til venstre ses forsøgsopstillingen. I midten ses fordeling af røg ved en typisk brand, og til højre ses et eksempel på lagdeling af røg ved en laveffektbrand, hvor der tilføres en lille effekt til "branden" og desuden opretholdes en lodret temperaturgradient i rummet.*

En af de store fordele ved CFD modellering af brande er, at det er muligt at gennemregne forskellige scenarier og desuden vurdere løsningers følsomhed. Vurdering af løsningers følsomhed (sensitivitetsanalyse) burde være en selvfølge og ligger også indirekte i myndighedernes krav til de numeriske beregninger. Et eksempel på betydningen af en parametervariation ses af Figur 5, hvor en brand i et atrium med flere etager er placeret henholdsvis i midten af atriet og under en balkon. Branden og bygningen er de samme, så ved brug af simple metoder ville resultatet være upåvirket af ændringen. CFD simuleringerne viser en markant ændring, hvor den såkaldte "balcony spill" plume fra branden til højre på figuren påvirker røgens opdrift og giver anledning til røgspredning på de lavere etager.



Figur 5. *Til venstre ses eksempel på CFD simulering af røgspredning ved en laveffektbrand. I midten og til højre er der lavet CFD simuleringer af mulige røgspredninger i et atrium med flere etager. I midten er branden placeret centralt og til højre under en balkon (blacony spill plume).*

Som det fremgår af ovenstående, rummer brugen af CFD i brandmodellering store fordele i forbindelse med vurdering af brandscenarier og er i praksis blevet et uundværligt værktøj. På samme tid er der også store usikkerheder forbundet med brugen af værktøjet som bør vurderes nøje i hvert enkelt tilfælde. Brug af sensitivitetsanalyser i vurderingen bør være en selvfølge, og der bør i hvert enkelt tilfælde angives, hvilken usikkerhed beregningerne og dermed vurderingen af det enkelte brandscenarie har.

Arbejdet med laveffektbrande er rapporteret i afgangsprojektet "Modellering af lavimpulsbrand" af Arnkell Jónas Petersen og Kim Sommerlund-Larsen. Afgangprojektet afsluttes juni 2006.

Udvalgte referencer

- Brohus, H., Nielsen, P.V., la Cour-Harbo, H., Lykkegaard, M., Dam. M., Jensen, B.V.: Application of Simple CFD Models in Smoke Ventilation Design, Proceedings of Roomvent 2004, 9th International Conference on Air Distribution in Rooms, Coimbra, Portugal, 5 – 8 September, 2004.
- Nielsen, P.V., Brohus, H., la Cour-Harbo, H., Lykkegaard, M., Dam, M. and Jensen, B.V.: The Design of a Fire Source in Scale-Model Experiments with Smoke Ventilation, Proceedings of Roomvent 2004, 9th International Conference on Air Distribution in Rooms, Coimbra, Portugal, 5 – 8 September, 2004.
- La Cour-Harbo, H., Lykkegaard, M.: Beregningsmetoder til funktionsbestemt branddimensionering, Afgangsprojekt, Aalborg Universitet, 2004.
- Dam, M., Jensen, B.: Røgspredning via dobbelt glasfacade, funktionsbaserede brandkrav, Afgangsprojekt, Aalborg Universitet, 2004.

Modelforsøg ved dimensionering af brandventilation

Af professor Peter V. Nielsen, Institut for Byggeri og Anlæg, AAU

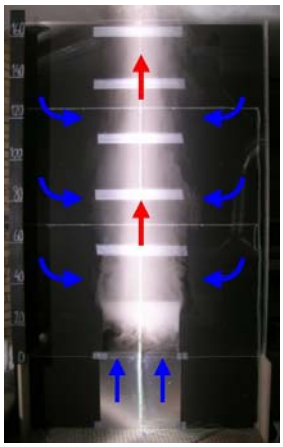
En ændring i Bygningsreglementet gennemført i år 2004 åbner mulighed for at udføre en beregning af brandventilation i nye bygninger i stedet for at anvende de traditionelle normbaserede krav. Denne ændring har med et slag sat fokus på de værktøjer, der er til rådighed for beregningerne.

Brandtekniske beregninger har ofte været udført med simple analytiske modeller og dynamiske to-zone modeller, men der er ingen tvivl om, at CFD modeller i fremtiden vil blive et af de foretrukne værktøjer. Der foregår en stadig udvikling af computerstørrelse og regnehastighed som vil begunstige denne udvikling. Der er heller ingen tvivl om, at det er vigtigt, at de personer, der har ansvaret for gennemførelse af CFD simuleringer, har en bred strømningsteknisk og brandteknisk indsigt. I Erhvervs- og Boligstyrelsens publikation "Information om brandteknisk dimensionering" hedder det i afsnittet om brug af computermodeller blandt andet:

Computersimulering er kun ét blandt flere værktøjer, der kan benyttes ved vurdering af en brandteknisk løsning. Brandtekniske løsninger baseres tillige på brandteknisk faglige vurderinger, praktiske erfaringer og sund fornuft. ***Computersimuleringer kan ikke alene danne grundlag for den brandtekniske dimensionering*** *og dermed for valget af den brandtekniske løsning.*

....Men for at være sikker på, at det resultat, der frembringes af computersimuleringen, kan benyttes i forbindelse med vurderingen af den brandtekniske løsning, er det vigtigt, ***at nøjagtigheden af de fysiske og matematiske modeller, der ligger til grund for programmet, er eller kan verificeres.***

Endvidere bør det verificeres, at modellen ikke har matematiske fejl samt, at modellens løsning sammenholdt med eksperimentelle data giver tilfredsstillende resultater. Denne sammenligning kan ikke gøres for alle tænkelige brand- og/eller evakueringsscenarier, men bør omfatte et repræsentativt udsnit af brand- og/eller evakueringsscenarier, der er relevante for det aktuelle projekt. Det er vigtigt at sikre, at ***computersimuleringen er valideret til brug for den aktuelle problemstilling.***



Røgbevægelse i dobbelt facade



Lagdeling ved brand i scenetårn



Laveffektbrand



Røgbevægelse i tunnel

Validering af en computersimulering kan gennemføres på flere forskellige måder. Der kan være tale om at sammenligne dele af simuleringerne med resultatet af analytiske beregninger, og der kan være tale om at udføre en tilsvarende beregning med CFD programmet på en kendt brandsituation. Publicerede benchmark tests kan også være et grundlag for en validering af programmet.

På forsøgssiden kan der være tale om at lave en "Hot smoke test", som er fuldskala røgforsøg der gennemføres i byggeriet inden det afleveres. Der er også en nærliggende mulighed at udføre modelforsøg i mindre skala med røgbevægelse. Metoden kan især anvendes i situationer med komplicerede geometrier, hvor den termisk drevne strømning bliver udsat for mange afbøjninger og lagdelingseffekter.

Klimagruppen på Aalborg Universitet har mange års erfaring med modelforsøg i al almindelighed og har i de seneste år også udført en række modelforsøg med brandventilation. Som eksempel på brandtekniske forsøg vises i det følgende en række billeder fra forsøg med tunnelventilation, lagdeling af røg i scenetårn, røgbevægelse i en dobbelt facade og røgbevægelse ved en laveffektbrand. Alle modelforsøg, som har været anvendt til verificering af tilsvarende CFD simuleringer med FDS og Flovent programmer. Vi forestiller os, at modelforsøg i specielle tilfælde vil være et meget velegnet værktøj til verificering af andre beregningsmetoder inden for brandventilation.

Litteratur

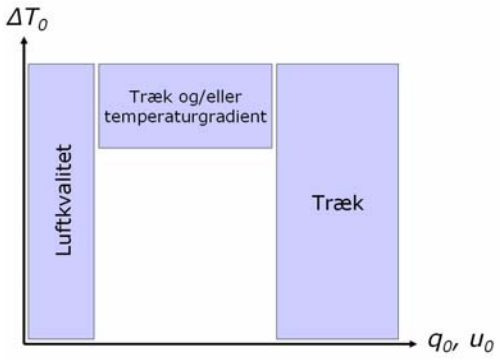
- P. V. Nielsen, H. Brohus, H. la Cour-Harbo, M. Lykkegaard, M. Dam and B. V. Jensen. The Design of a Fire Source in Scale-Model Experiments on Smoke Ventilation. Roomvent 2004, 9th International Conference on Air Distribution in Rooms, Coimbra, 2004.
- H. Brohus, P. V. Nielsen, H. la Cour-Harbo, M. Lykkegaard, M. Dam and B. V. Jensen. Application of Simple CFD Models in Smoke Ventilation Design. Roomvent 2004, 9th International Conference on Air Distribution in Rooms, Coimbra, 2004.

Afprøvning af luftfordelingsprincipper

Af professor Peter V. Nielsen og adjunkt Tine S. Larsen, Institut for Byggeri og Anlæg, AAU

Designdiagram

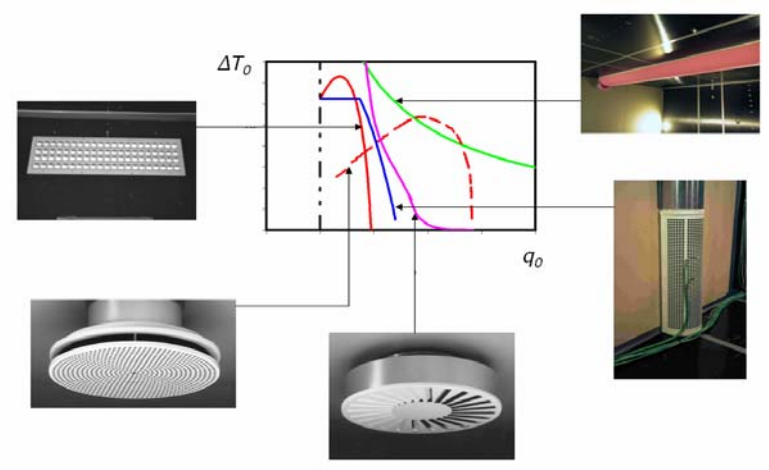
Klimagruppen undersøger i øjeblikket en række forskellige luftfordelingsprincipper i et forsøgsrum, der i størrelse svarer til et kontorlokale for en til to personer. Ved alle forsøgene er der anvendt den samme termiske belastning og den samme opstilling i rummet med en eller to arbejdspladser med tilhørende personer (manikiner). I forbindelse med diskussionen af resultaterne anvendes der et diagram, der angiver den tilladelige lufttilførsel qo, (eller den tilladelige indblæsningshastighed u0) og den tilladelige temperaturdifferens ΔTo imellem returåbning og indblæsningsåbning.



Figur 1. *Designdiagram for luftfordelingssystemer.*

Figur 1 illustrerer, hvorledes det er nødvendigt at tilføre en given luftmængde til et lokale for at opnå en god luftkvalitet. Det er ligeledes erfaringen, at luftfordelingssystemet ofte vil generende træk, når der tilføres en meget stor luftmængde, det vil sige, der eksistere en øvre og nedre grænse for luftflowet q_o til et lokalet. En tilførsel af luft med stor undertemperatur kan også give anledning til træk, eller til en stor lodret temperaturgradient, hvilket giver en øvre grænse for temperaturdifferensen ΔT_o.

Det er ikke altid, at et luftfordelingssystem giver lav komfort ved store værdier af q_o og ΔT_o. I sådanne tilfælde kan ventilationssystemet i stedet sætte nogle grænser for både q_o og ΔT_o på grund af forhold som tryktab i kanaler og virkningsgrad af køleanlæg mm.

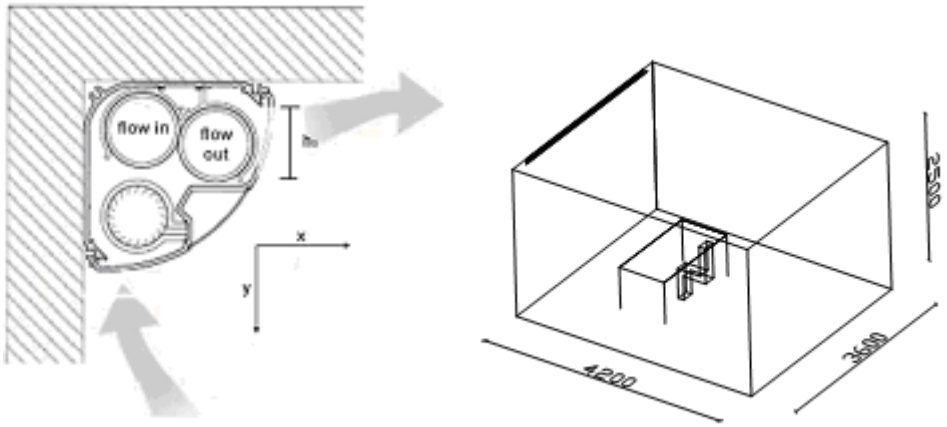


Figur 2 viser resultatet af forsøg med fem forskellige systemer: opblandingsventilation med vægmonteret armatur samt loftmonteret radialarmatur og rotationsarmatur. Derudover et vægmonteret armatur til fortrængningsventilation samt tekstilarmatur til lodret ventilation.

***Figur 2**. Dimensioneringsdiagram for fem forskellige armaturer.*

Test af klimapanel

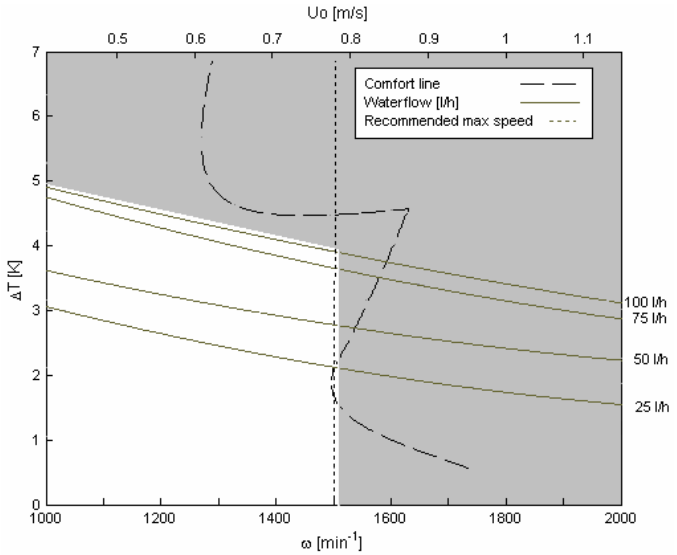
I øjeblikket arbejdes der med et Danfoss Convec klimapanel. Panelet består af en tangentialblæser og et ribberør der forsynes med afkølet vand, figur 3. Panelet er ved forsøgene placeret ved den ene endevæg under loftet og sender en vandkølet luftstråle ud langs loftfladen i kontorlokalet.



***Figur 3**. Convec klimapanel og forsøgsrummet med panelet monteret i venstre side under loftet.*

Klimapanelet skaber en luftfordeling i lokalet med tilhørende høje og lave hastigheder samt temperaturgradienter. Derfor er det hensigtsmæssigt at opstille et designdiagram for panelet ud fra de retningslinjer, der ligger til grund for figur 1. Figur 4 viser dette designdiagram når der er en arbejdsplads i lokalet. Den vandrette akse er i dette tilfælde indblæsningshastigheden u_o og omløbstallet ω for tangentialblæseren i panelet.

Da Convec klimapanelet recirkulerer luft i lokalet, skal frisktilførslen etableres ad anden vej, og der vil ikke være tale om en minimumsværdi for omløbstallet. Forsøgene viser, at der opstår træk (0,15 m/s i opholdszonen) ved et omløbstal over 1500 til 1600 min^{-1}. 1500 min^{-1} vælges som anbefalet maksimalværdi. Hvis omløbstallet er under 1300 min^{-1}, vil der ikke være nogle komfortproblemer ved store temperaturdifferenser, og det vil i dette tilfælde være flowet på vandsiden, der sætter begrænsningen ved en 4 til 5 K, som det fremgår af figur 4.



Figur 4. *Designdiagram for Convec klimapanel*

Litteratur for forskellige luftfordelingssystemer

- T. S. Jacobsen, P. V. Nielsen, R. Hansen, E. Mathiesen and C. Topp, Thermal Comfort in a Mixing Ventilated Room with High Velocities Near the Occupied Zone. ASHRAE Transactions 2002, Vol. 108, Pt. 2, 2002.
- P. V. Nielsen, T. S. Larsen and C. Topp, Design Methods for Air Distribution Systems and Comparison between Mixing Ventilation and Displacement Ventilation. Proceedings of Healthy Buildings 2003, Singapore, 2003.
- P. V. Nielsen, C. Topp, M. Sønnichsen, H. Andersen, Air Distribution in Rooms Generated by a Textile Terminal – Comparison with Mixing Ventilation and Displacement Ventilation. ASHRAE Transactions 2005.
- P. V. Nielsen, Thomas Heby and Bertil Moeller-Jensen, Air Distribution in a Room with Ceiling-Mounted Diffusers – Comparison with Wall-Mounted Diffuser, Vertical Ventilation and Displacement Ventilation. ASHRAE Transactions, 2006.



Livslang Læring

Vi vil gerne tilbyde medlemmerne af ventinet en deltagelse i livslang læring tirsdag den 22. august 2006. Denne dag vil der blandt andet være indlæg om de nye skærpede energibestemmelser og om multifunktionelle glasfacader.

Tilmelding til livslang læring foregår på adressen:

http://livslang.plan.aau.dk/institut.php?inr=5

Undervisning i efteråret 2006

Vi vil minde om, at der er muligheder for at deltage i efterårets forelæsninger under Tompladsordningen, se http://www.aau.dk/evu

Undervisningen foregår på engelsk, og der er forelæsninger i følgende emner:

- Indoor Environmental Fluid Mechanics (Bygningsrelateret strømningsteknik)
- CFD in Ventilation (Numerisk strømningsteknik)
- Fire Dynamics Simulation (Numerisk brandsimulering)
- Smoke Ventilation (Brandventilation)

Kurserne i "Numerisk brandsimulering" og "Brandventilation" er kursusforløb, som bygger på de nye muligheder, der er for at gennemføre en funktionsbaseret dimensionering af brandventilation og røgbevægelse. Deltagerne vil få adgang til CFD-programmerne CFX og FDS. Desuden vil der blive arbejdet med de traditionelle analytiske modeller samt modelforsøg. Evakueringssituationer simuleres med Simulex og håndberegningsmodeller.

Ph.d.-kursus:
Numerisk og eksperimentel bygningsrelateret strømningsteknik

Et ph.d.-kursus i numerisk og eksperimentel bygningsrelateret strømningsteknik (Computational Fluid Dynamics, CFD) gennemføres 7. til 12. august 2006. Kurset vil blandt andet indeholde følgende emner:

Grundlæggende ligningssystem og teorien bag turbulensmodeller. Elementer i den numeriske metode (demonstreret på en endimensional transportligning). Numerisk beregning af strømning omkring bygninger. Tredimensional præsentation af resultater (Virtual Reality Visualization). Numeriske metoder og turbulensmodeller som k-e, low Re k-e, LES og DNS. Undervisning i programmerne Flovent, Fluent og FDS. Beregning af røggasbevægelse ved brandventilation. Der vil være en gennemgående opgave med tilknyttede øvelser i laboratoriet, og der vil være speciel fokus på kvalitetskontrol af CFD. Kurset afsluttes med gennemgang af praktiske eksempler fra forskning og rådgivende ingeniørvirksomhed.

Peter V. Nielsen, Per Heiselberg, Henrik Brohus, Kjeld Svidt og Zhigang Li fra AAU samt to gæsteprofessorer vil være kursuslærere. Kurset foregår på engelsk. Det er muligt for deltagere fra industrien at tilmelde sig kurset mod et gebyr på kr. 9.600. Kursets varighed er 6 dage (mandag – lørdag). Det er en forudsætning for at få udbytte af kurset, at man er civilingeniør med rimeligt kendskab til strømningsteknik.

Yderligere oplysninger samt detaljeret program kan fås ved henvendelse til Peter V. Nielsen, tlf. 96358536 eller e-mail pvn@bt.aau.dk.

Nyhedsbrevet udgives af:
Netværkscenteret • Aalborg Universitet
Niels Jernes Vej 10 • 9220 Aalborg Øst • tlf. 9635 8090 • fax 9815 7331
E-mail: nvc@adm.aau.dk • www.nc.aau.dk