VENTInet

Netværkscenteret, Aalborg Universitet Nummer 16, 2006

Nyhedsbrev

Leder

Af professorPeter V. Nielsen, Institut for Byggeri og Anlæg, AAU

Traditionen tro udsender vi igen et nyhedsbrev her ved årsskiftet. Det har været et travlt år for laboratoriet, hvor Hyldgård har jongleret rundt med fuldskalarum, anemometre og koncentrationsmåleudstyr for at gøre alle tilfredse. Vi må nok erkende, at vort udstyr i øjeblikket bruges helt op til mindst 100 %. Vi er ved at være klar med et nyt fuldskalarum, der skal anvendes til forsøg med facader, og der er blevet afsluttet to ph.d.-projekter. En halv snes projekter er i løbende udvikling. Næste nummer af Ventinet udkommer i juni måned, og da vil vi igen sætte fokus på årets afgangsprojekter.

A New Test Facility at the Center for Hybrid Ventilation

Af ph.d.-studerende Olena Kalyanova, Institut for Byggeri og Anlæg, AAU

A new test facility building has been built, with the intention to perform studies of naturally and mechanically ventilated double skin facades. The building is located in the open flat country (exposed to wind) with the double skin façade facing south.

Figure 1. South (DSF) façade of the test facility.

There are five key options in the functioning of double skin facade, which depend on the air path thought the gap.

The top and the bottom openings in the façade, Figure 1, can be controlled. The arrangement of open and closed windows at the top and bottom define the option of double skin facade functioning, according to the Figure 2.

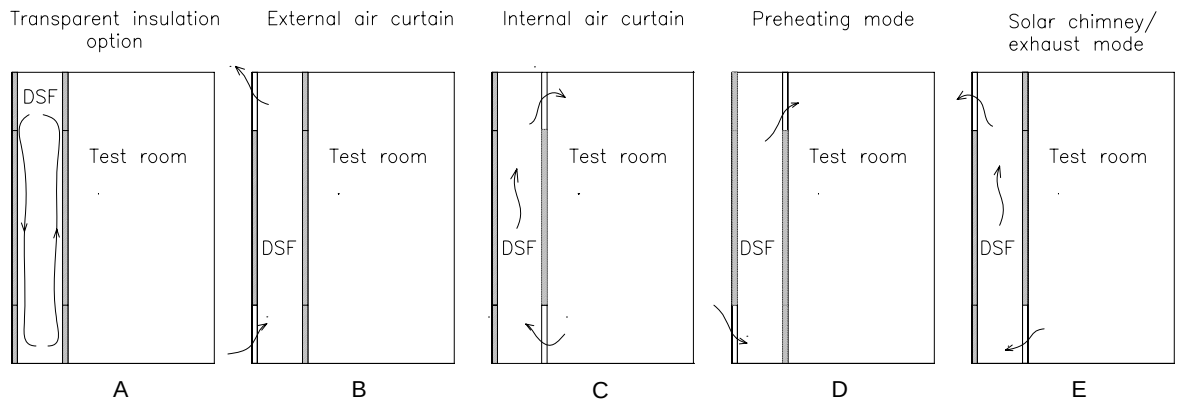


Figure 2. Key options in DSF functioning.

A series of experiments will take place in the test facility building, as a part of PhD research on double skin facades. The measurement program is divided into a sequence of tests, where each test will give information on a limited number of parameters, and the set of tests together give a complete characterization of a double skin façade. Testing and measurements of façade's performance in transparent insulation, external air curtain, preheating and exhaust options will be carried out. Roller shade or Venetian blinds will be installed for further studies of the double skin facade.

Collected data sets will also be used in building energy analysis tool tests for quality assurance of building simulation software.

Ensidet ventilation drevet af vindtryk og temperaturforskelle

Af adjunkt Tine Steen Larsen, Institut for Byggeri og Anlæg, AAU

Brugen af naturlig ventilation ses mere og mere ved ventilering af fx skole- og kontorbyggerier. Lufttilførslen er ofte styret af automatiske åbninger i facaden, men kan også foregå blot ved manuelt at åbne et vindue.

I begge tilfælde er det ønskeligt at vide hvor meget luft der kommer gennem åbningen for på denne måde at opnå et behageligt indeklima i bygningen. Der er derfor gennem de sidste årtier gjort forskellige tiltag til at lave et beregningsudtryk, der kan forudsige, hvor stor luftstrømmen gennem åbningen er.

Tværventileres rummet er der forholdsvis præcise beregningsudtryk til rådighed, men skal ventilationen foregå via ensidet ventilation bliver forudsigelsen væsentligt mere upræcis. I dette tilfælde drives strømningen gennem åbningen, udover vindtryk og temperaturforskel, i væsentlig grad også af vindstød på facaden og turbulens i vinden. Forskellen mellem de to typer ventilation er illustreret i figur 1.

Figur 1. Principperne i tværventilation (til venstre) og ensidet ventilation (til højre). Kilde: By og Byg anvisning 202.

Der er tidligere lavet beregningsudtryk til ensidet ventilation, men disse udtryk inddrager ikke vindretningen, som også påvirker mængden af luft gennem åbningen. Et af formålene med dette ph.d. arbejde var derfor at opstille et nyt beregningsudtryk, som også inddrager vindens retning.

For at opstille udtrykket blev der fortaget ca. 200 forsøg med ensidet ventilation i en fuld-skala bygning i vindtunnellen hos det japanske byggeforskningsinstitut. Under forsøgene blev vindhastigheden, temperaturforskellen samt vindretningen ændret.

Efter opstillingen af designudtrykket til ensidet ventilation blev nøjagtigheden kontrolleret i en række udendørs forsøg med samme type ventilation. Bygningerne til de to forsøgsrækker ses i figur 2.

Figur 2. Forsøgsbygningen i vindtunnelen (5,6x5,6x3m) (til venstre) og kontorbygningen brugt til udendørs forsøg (til højre).

Ved sammenligning af resultaterne fra de to typer forsøg blev det diskuteret, om det er korrekt at sammenligne målinger foretaget med ”kunstig” vind dannet via mekaniske ventilatorer og naturlig vind. Det blev konkluderet, at der er forskel på oprindelsen af det ikke stationære bidrag fra de to typer vind, men tilsyneladende har bidragene samme størrelse i hhv. vindtunnel og udendørs, og det samme designudtryk kan derfor benyttes.

Ved sammenligning mellem udendørsmålinger og beregninger med designudtrykket blev der fundet frem til en afvigelse mellem målte og beregnede værdier på +/-14%.

Litteratur:

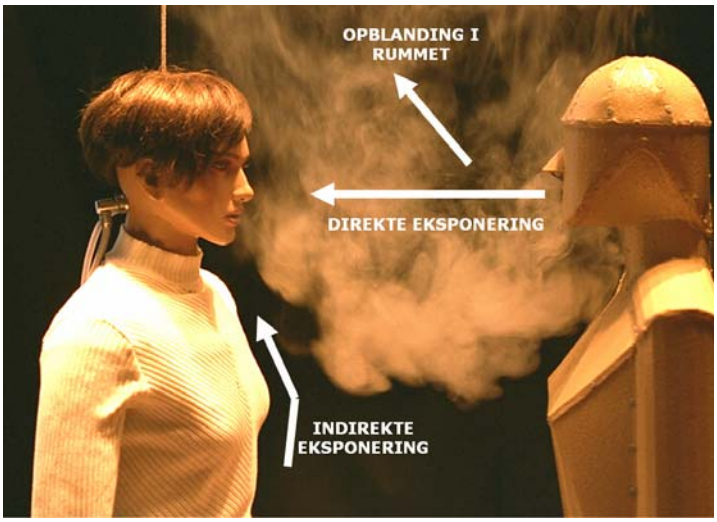
Foreløbig udgave af ph.d.-afhandlingen ”*Natural ventilation driven by wind and temperature difference*” kan hentes på www.bt.aau.dk/~i6tsl

---

Luftbåren smittespredning i nærfeltet omkring personer

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

Det er almindelig kendt, at koncentrationen er af samme størrelse overalt i et rum, der ventileres med opblandingsventilation. Hvis det drejer sig om luftbåren smittespredning fra en person i rummet, vil der altså være den samme risiko for smitte, uanset hvor man opholder sig i rummet. Målinger ved hjælp af to termiske mannequiner har dog vist, at der uanset ventilationsform altid vil være et nærfelt omkring en smittespreder.



Direkte og indirekte luftbåren smittespredning.

Den person, der er smittekilden, udånder vira og bakterier. Denne forurening strømmer ud i rummet via det termiske grænselag omkring personen, og forureningen vil blive opblandet og fortyndet i rumluften ved hjælp af luftfordelingssystemet.

Den person, der udsættes for smittefare, får opblandet forurening ind i sit eget termiske grænselag og indånder dette via munden eller næsen som en indirekte eksponering.

Hvis to personer står tæt ved hinanden, vil der naturligvis også blive etableret en direkte smittevej. Ved hjælp af to termiske mannequiner er det lykkedes at gennemføre målinger, der adskiller de to smitteveje og bestemme størrelsen af den direkte eksponering som funktion af afstand, udånding fra kildeperson og luftfordelingsprincip. Virkningen begynder at sætte ind ved en afstand af 1 m til 1,2 m imellem personerne. Den er til stede ved alle typer af ventilation som fx opblandingsventilation fra vægmonterede armaturer, rotationsarmaturer og andre loftmonterede armaturer samt ved vertikal ventilation fra tekstilarmaturer. Niveauet for eksponeringen i 0,4 m afstand imellem personerne er 2 til 10 gange gennemsnitseksponeringen i den fuldt opblandede luft, men den kan momentant blive meget højere, hvis de to personer er i en optimal åndingsfrekvens for krydsinfektion.

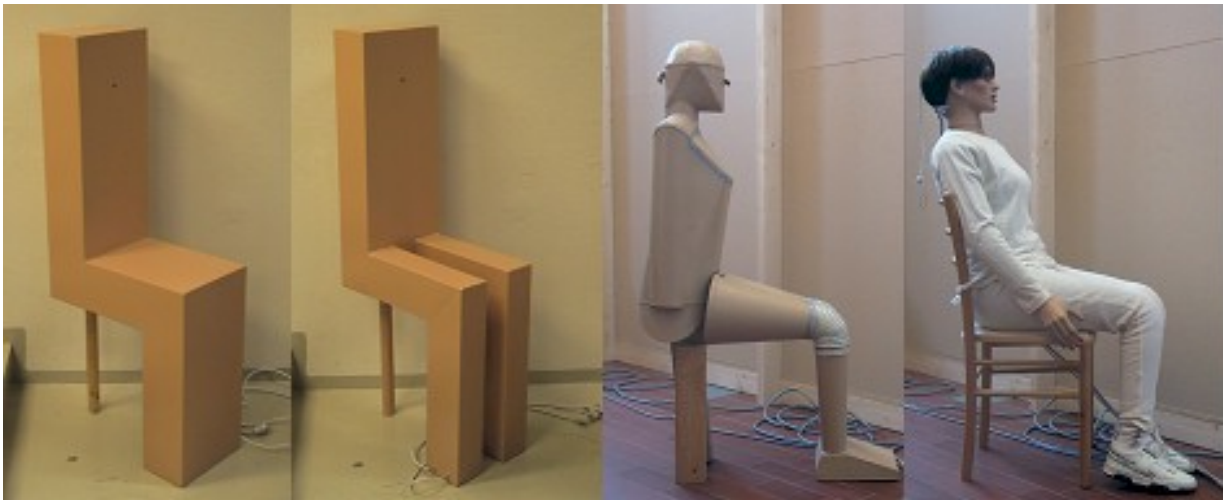
CFD modeller af personer

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

Introduktion

Når vi bygger, opvarmer og ventilerer vores bygninger, sker det næsten altid af hensyn til menneskers velbefindende. Vi laver huse med en klimaskærm for at skærme mod udeklimaet som i store dele af året er upassende for normal indendørs aktivitet. Dermed kan der opretholdes et passende termisk indeklima. Vi ventilerer for at forsyne mennesker med en tilstrækkelig mængde ren luft, dels fordi vi er nødt til at opholde os indendørs det meste af tiden, og dels fordi vi ind imellem arbejder med processer som er forurenende. Som regel er der altid involveret personer i forbindelse med indeklimaet. Derfor er det et naturligt ønske at kunne tage højde for, hvordan personer bliver påvirket af det aktuelle indeklima, og hvordan personer selv påvirker omgivelserne.

Talrige undersøgelser har vist, at personeksponering i ventilerede rum afhænger meget af de lokale omgivelser omkring personen. Eksponeringen afhænger fx af forureningsfordelingen, det lokale hastighedsfelt, personens placering, bevægelser, m.v. Samtidig påvirker personen selv omgivelserne både som forureningskilde (bakterier, vira, bioeffluenter/lugt, vanddamp, CO_2, partikler, m.v.), varmekilde og kilde til luftbevægelser.



Figur 1. Fysiske personmodeller af forskellig detaljeringsgrad anvendt ved måling af personeksponering og strømninger omkring personer.

Ved brug af CFD (computational fluid dynamics) til at simulere forholdene i ventilerede rum er det således nødvendigt også at inkludere personer i modellerne for at tage højde for den betydelige indflydelse personers tilstedeværelse har vist sig at have. Når der skal personer med i CFD modellerne, øges såvel kompleksitet som beregningstid væsentligt. Her er det tvingende nødvendigt at vurdere, hvor detaljeret personmodellen skal være for på den ene side at få et fornuftigt resultat og på den anden side i det hele taget at kunne gennemføre simuleringen indenfor rimelige økonomiske og tidsmæssige rammer. Dette er udgangspunktet for nærværende arbejde med CFD modeller af personer.

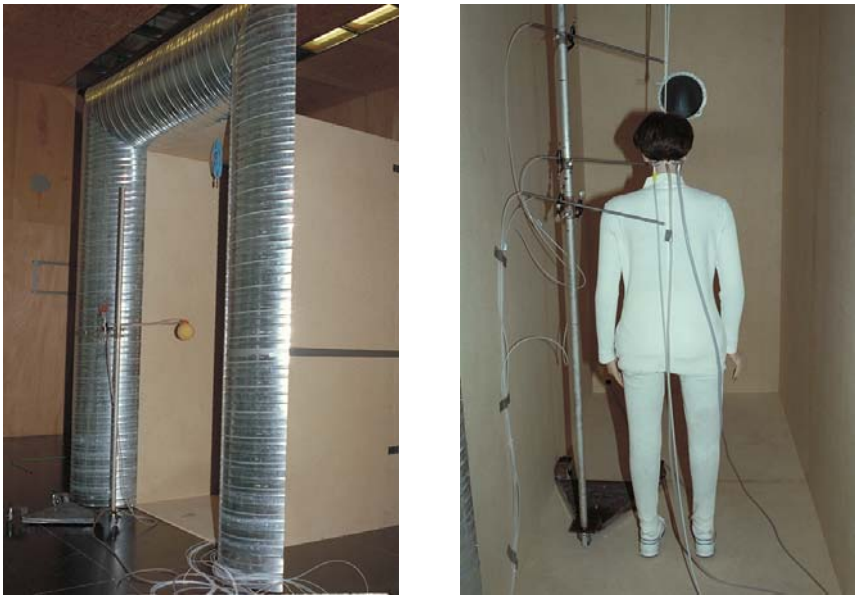
For at kunne vurdere og validere CFD modellerne er der behov for en detaljeret viden om strømningsforhold omkring personer samt for gode målinger til at sammenligne simuleringerne med. I Figur 1 ses en række fysiske modeller af personer som har været anvendt med måling af personeksponering og strømninger omkring personer. Modellerne har meget forskellig detaljeringsgrad lige fra en simpel opvarmet kasseformet person til en geometrisk præcis termisk mannequin med åndingsfunktion. Ved at benytte forskellige fysiske modeller er det nemmere at sammenligne med computersimuleringerne og vurdere hvilke detaljer som er væsentlige at medtage.

Fortsættes på side 5

Fortsat fra side 4

Måling på termisk mannequin med åndingsfunktion i vindkanal

Målingerne foretages både i almindelige ventilerede rum og i en vindkanal, hvor de lokale forhold bedre kan kontrolleres (Figur 2). I vindkanalen kan der genereres et ensartet hastighedsfelt og lokale forurenings-fordelinger ved forskellige placeringer af sporgaskilder og dermed kan fx personeksponeringen bestemmes ved måling af sporgaskoncentration i indåndingsluften. Målinger i vindkanalen danner også grundlag for en benchmark test case som et internationalt forskerpanel bruger som udgangspunkt for sammenligning af forskellige CFD personmodeller.



Figur 2.

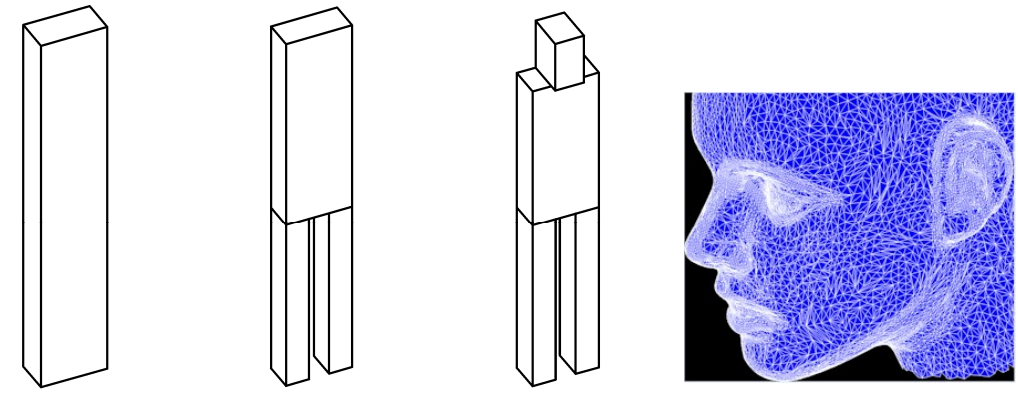
Venstre: Vindkanal hvor der kan genereres et ensartet hastighedsfelt (mellem 0 – 0.5 m/s). Foran vindkanalen ses en porøs skumgummibold, hvor der kan tilføres sporgas.

Højre: Termisk mannequin med åndingsfunktion placeret i vind-kanal ved eksponeringsmåling samt måling af lokale forurenings-koncentrationer.

Validering og udvikling af pålidelige personmodeller

Der arbejdes med CFD personmodeller af meget varierende detaljeringsgrad lige fra den opvarmede ”kasse” til en særdeles detaljeret model baseret på en 3D indskannet geometri af den termiske mannequin (Figur 3). Der er behov for at arbejde med flere detaljeringsniveauer for at kunne vurdere hvor kompleks en model nødvendigvis skal være for at kunne simulere de væsentlige parametre i forbindelse med personers tilstedeværelse. Der er dermed også mulighed for at fokusere på forskellige forhold så som personens generelle påvirkning af omgivelserne, hvor der med rimelighed kan anvendes en mere simpel model og til mere detaljerede undersøgelser af strømninger i grænselaget omkring en person, hvor det kan være ønskeligt med den komplekse geometri. For den praktiske anvendelse af CFD er det væsentligt at vide, hvor godt de simple modeller virker, da de normalt er eneste realistiske mulighed med den aktuelle ydeevne af computere og den tilgængelige software.

En del af nærværende arbejde beskæftiger sig med at kvantificere de usikkerheder, der knytter sig til både målingerne og til CFD modellering af personer. Hvilken usikkerhed er der egentligt på målingerne? Hvad betyder det for eksponeringen? Hvilken betydning har det, at der er ben på modellen? Betyder det noget, hvordan varmeafgivelsen fra personen beskrives? For at kunne udtale sig kvalificeret om resultaternes nøjagtighed og begrænsninger, er følsomhedsanalyse af både målinger og simuleringer undervejs.



Figur 3.

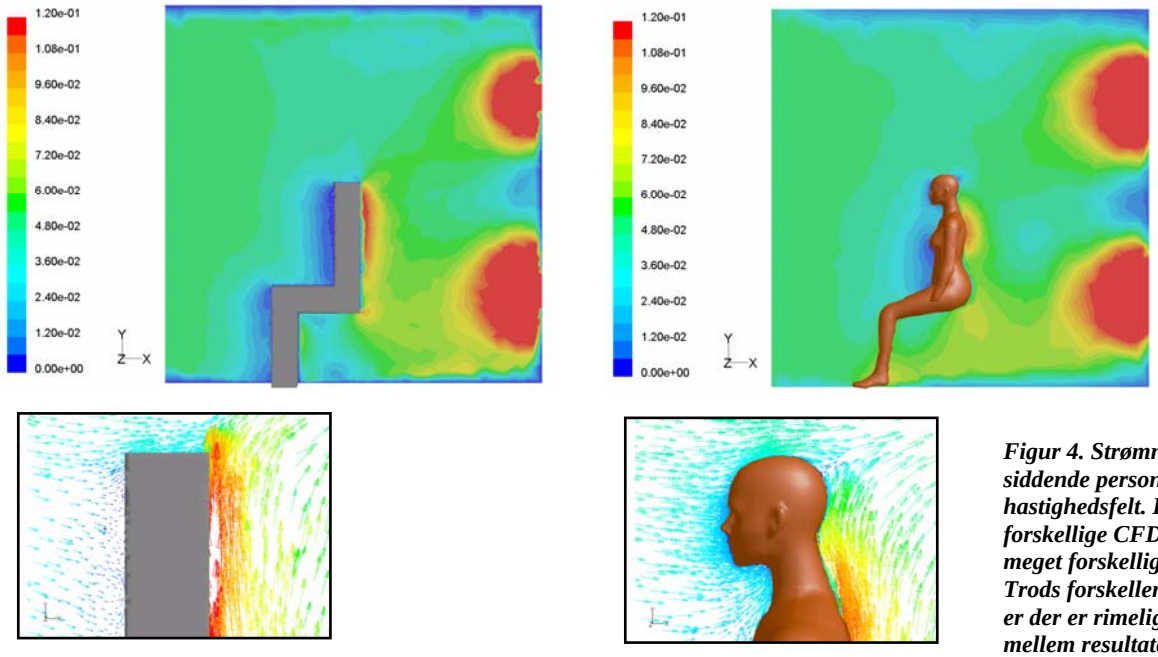
Eksempel på forskellige detaljeringsgrader af CFD personmodeller. Til venstre er der tre forskellige simple modeller som er vurderet til at være realistiske i praktisk brug og faktisk har vist sig at give rimelige resultater. Til højre er der vist en del af den meget detaljerede CFD model baseret på 3D indskanning af den termiske mannequin.

Sammenligning med resultater fra internationalt forskerpanel (benchmark test)

Som nævnt tidligere er der udarbejdet en benchmark test case baseret på målinger på den termiske mannequin i vindkanalen. Den danner rammen om et uformelt samarbejde og en sammenligning mellem CFD modeller af personer mellem et internationalt forskerpanel. På Figur 4 ses nogle resultater af CFD simuleringer af strømningen omkring en person modelleret henholdsvis med den mest simple og den mest avancerede model vist på Figur 3. Resultaterne viser en god overensstemmelse mellem CFD modellerne og mellem CFD og målinger. På visse områder er der dog ikke overraskende ”plads til forbedring”.

Aktuelt arbejde på projektet

Ovenstående arbejde er indlejret i Klimagruppen på AAU primært via Henrik Brohus og Peter V. Nielsen, men igennem tiden har der deltaget en lang række personer via afgangsprojekter og Ph.d.-projekter. Aktuelt arbejdes der direkte med emnet i to afgangsprojektet (Heine K. Jensen og Mikael K. Jensen). Foruden det er der flere andre afgangsprojekter som beskæftiger sig indirekte med problemstillingen. Der er desuden etableret et samarbejde med Högskolan i Gävle i Sverige om måling og simulering af personers termiske komfort.



Figur 4. Strømning omkring siddende person i ensartet hastighedsfelt. Der er anvendt to forskellige CFD personmodeller af meget forskellig detaljeringsgrad. Trods forskellen i detaljeringsgrad er der er rimelig overensstemmelse mellem resultaterne.

Udvalgte referencer

Brohus, H. and Nielsen, P.V. (1996) “Personal Exposure in Displacement Ventilated Rooms”, Indoor Air, 6 (3). 157 - 167.

Brohus, H. (1997) “Personal Exposure to Contaminant Sources in Ventilated Rooms”, Ph.D.-thesis, Aalborg University, Department of Building Technology and Structural Engineering, Aalborg, Denmark, ISSN 0902-7953 R9741, December.

Brohus, H., Balling, K.D., and 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.

Bjørn, E. and Nielsen, P.V. (2002) “Dispersal of Exhaled Air and Personal Exposure in Displacement Ventilated Rooms”, Indoor Air, 12, 147 – 164.

P. V. Nielsen, S. Murakami, S. Kato, C. Topp, J.-H. Yang, Benchmark Tests for a Computer Simulated Person. Aalborg University, Indoor Environmental Engineering, ISSN 1395-7953 R0307, October 2003.

Topp, C., Nielsen, P.V., and Sørensen, D.N. (2002) “Application of Computer Simulated Persons in Indoor Environmental Modeling”, *ASHRAE Transactions*, Vol. 108(2), pp. 1084 - 1089.

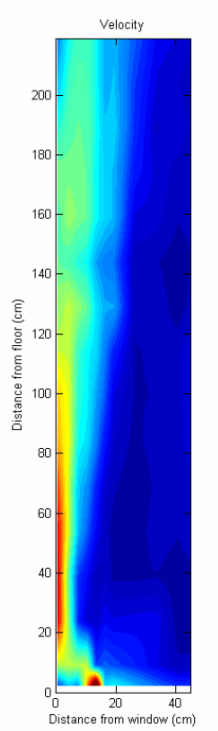
For mere information om den omtalte benchmark test case se: **www.cfd-benchmarks.com**

Kontrol af kuldenedfald

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

Convec klimapanelet er et produkt, der anvendes til køling og opvarmning af lokaler. Der er lagt vægt på, at det skal kunne skabe optimal komfort og samtidig have et enkelt design.

Der udføres i øjeblikket forsøg med komfortpanelet i en vigtig anvendelse, hvor det skal forhindre kuldenedfald og træk fra vinduer. Produktet er en sammenbygning af en vandbaseret varmekonvektor og en aksialblæser. Enheden er i dette tilfælde placeret i gulvet under vinduet, og den sender en varm luftstrøm med høj impuls op imod det kuldenedfald, der løber ned ad vinduets inderside.



Den venstre figur viser forsøg med hastighedsfordeling foran en kold flade, og den højre viser en anvendelse af systemet i et lokale, der har vinduer fra gulv til loft.

Figuren med hastighedsfordelingen viser et resultat fra forsøgsserien. Vinduet har en overfladetemperatur, der svarer til tolagsglas med en udetemperatur på -20°C. Blæseren har en omløbshastighed på 2400 omdrejninger per minut, og luftens udløbstemperatur er 33°C (fremløb 68°C og retur 58°C på vandsiden). Som figuren viser, er der ikke tale om kuldenedfald eller nedadgående luftbevægelse over de to meter, som forsøgsudstyret dækker.

Der vil i foråret blive arbejdet med klimapanelet som varme- og køleenhed, og resultaterne vil blive sammenlignet med mere konventionelle produkter.

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

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

Grundlæggende ligningssystem og teorien bag turbulensmodeller. Elementer i den numeriske metode (demonstreret på en en-dimensional 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 kursuslærer. 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 pvn@bt.aau.dk.

Ph.d. forelæsning

I forbindelse med opnåelse af ph.d. graden vil civilingeniør Tine Steen Larsen, Aalborg Universitet, Center for Hybrid Ventilation, forsvare sin ph.d. afhandling med titlen ”Natural Ventilation Driven by Wind and Temperature Difference”

Ph.d. arbejdet er beskrevet i artiklen “Ensidet ventilation drevet af vindtryk og temperaturforskelle” i dette nummer af Ventinet. Forelæsningen er på engelsk, og den vil finde sted torsdag d. 2. februar 2006 kl. 10.00 på Sohngårdsholmsvej 57, 9000 Aalborg, lokale F-108.

Undervisning i foråret 2006

Vi vil minde om, at der er muligheder for at deltage i forårets forelæsninger under tompladsordningen, se www.aau.dk/evu.

Der er forelæsninger i bl.a. følgende emner:

- Integreret design af bygninger og bygningssystemer
- Modellering af naturlig og hybrid ventilation
- Opblandingsventilation
- Fortrængningsventilation
- Stokastisk modellering
- Kalibreringsteknik
- Numerisk fluid mekanik

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.nvc.aau.dk