



**AALBORG UNIVERSITY**  
DENMARK

**Aalborg Universitet**

## **Usikkerhed i bygningssimulering**

Brohus, Henrik

*Published in:*  
VENTInet

*Publication date:*  
2005

*Document Version*  
Også kaldet Forlagets PDF

[Link to publication from Aalborg University](#)

*Citation for published version (APA):*  
Brohus, H. (2005). Usikkerhed i bygningssimulering. *VENTInet*, (15), 8-11.

### **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](mailto:vbn@aub.aau.dk) providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

## Leder

Så er vi klar med et nyhedsbrev, som viser nogle af de afgangsprojekter, vi har arbejdet med i år. Projekterne dækker klimagruppens primære indsatsområder, nemlig bygningsrelateret strømningsteknik og energieffektiv bygningsdesign. Nogle af projekterne er afsluttede projekter, og andre er fortløbende projekter, som vil indgå i større sammenhænge i vore indsatsområder.

Vi, og de studerende, glæder os til at orientere jer om disse afgangsprojekter på Ventinets årsmøde den 7. juni 2005.

Peter V. Nielsen

## Luftfordelingsprincipper i ventilerede lokaler

*Af Peter V. Nielsen*

Forskningstemaerne for luftfordeling i rum og forskningen i luftkonditionering har ændret fokus igennem tiderne. Figuren viser, hvordan man i de forløbne årtier har koncentreret sig om forskellige emner.

<b>1960</b> -	Dimensionering af ventilationssystemer	Begrænset lufthastighed og temperaturgradient Passende frisklufttilførsel
<b>1980</b> -	Termisk komfort Optimale driftssituationer	Bestemmelse af procent utilfredse <i>DR</i> og <i>PPD</i> ( <i>ADPI</i> -indeks)
<b>1990</b> -	Luftkvalitet Afgasning fra byggematerialer	Bestemmelse af ventilationseffektivitet over for komponenter i rummet
<b>2000</b> -	Luftbåren smittespredning	Bestemmelse af personligt eksponeringsindeks i forbindelse med krydsinfektion i hospitalsventilation

*Forskningstemaer for luftfordeling i rum i de seneste årtier.*

I det byggeboom der kom efter anden verdenskrig og op i halvfjerdserne, var der især fokus på trækproblemer og varierende temperaturer. Det var vanskeligt at opfylde de relativt simple komfortkriterier i et byggeri, hvor beton og glas var det foretrukne konstruktionsmateriale. Det var også en periode, hvor energien var relativt billig.

I firserne kom der fokus på energiforbruget. Samtidig blev der udviklet en række mere avancerede komfortkriterier, som fx trækvurderingen *DR*. Det blev muligt at foretage en mere nuanceret vurdering af indeklimaet ikke alene til bestemmelse af designværdier men også til fastlæggelse af den optimale driftssituation.

Begreber som sunde bygninger blev taget op i halvfemserne. Nye byggematerialer, kontorudstyr m.m. belastede luftkvaliteten. I denne situation blev det interessant at fokusere på luftfordelingssystemernes ventilationseffektivitet over for de forskellige forureningskilder. Spredning af nye luftbårne sygdomme samt frygt for brug af ventilationssystemer i forbindelse med terror har igen i dag bragt luftfordelingssystemerne i fokus, især i Asien og i De Forenede Stater.

Alt i alt har de varierende forskningstemaer over årene skabt en række kriterier eller områder, som man bør belyse, når man skal studere et luftfordelingssystem. Figuren viser disse områder i den kolonne, der står til højre. På Aalborg Universitet gennemgår vi for tiden en række systemer ud fra disse fire kriterier. Til dato har vi arbejdet med følgende systemer:

- Opblandingsventilation med vægmonteret armatur
- Fortrængningsventilation med vægmonteret armatur
- Loftmonteret tekstilarmatur
- Loftmonteret tekstilarmatur med styrestråler
- Personlig ventilation
- Opblandingsventilation med loftmonteret radialdiffusor
- Opblandingsventilation med loftmonteret rotationsdiffusor

Alle forsøgene er udført i det samme forsøgsrum, med samme indretning og med samme termiske belastning. Det er derfor muligt at sammenligne de forskellige systemer, hvad angår de ovennævnte kriterier. Det planlægges, at vi i de kommende år vil arbejde med loftmonterede armaturer, der har lodret nedadrettet indblæsning (velegnet til hospitalsventilation), med ventilationsloft og med andre nye systemer, som tilbydes på markedet.

### **Litteratur:**

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, C. E. Hyldgaard, A. Melikov, H. Andersen and M. Sønnichsen, Personal Exposure between People in a Room Ventilated by Textile Terminals – with and without Personalized Ventilation. Indoor Air 2005, The 10th International Conference on Indoor Air Quality and Climate, Beijing, 2005, China.

## Energioptimering af en kontorbygning

*Af Per Heiselberg*

Byggeriet i hele Europa vil i de kommende år stå over for store udfordringer i forbindelse med reduktion af energiforbruget og miljøbelastninger. EU vedtog i 2002 et nyt direktiv vedrørende bygningers energimæssige ydeevne, der - for at sikre opfyldelsen af Kyoto-protokollen - pålægger alle medlemslande at indføre nye beregningsmetoder til vurdering af bygningers samlede energiforbrug, energicertificering af eksisterende bygninger og obligatorisk kontrol af opvarmnings-, ventilations- og kølesystemer i bygninger.

I Danmark implementeres direktivet via nye energibestemmelser i bygningsreglementet. Bestemmelserne træder i kraft i løbet af 2006. Kravene til det maksimale energiforbrug strammes med 25-30 %, ligesom der indføres en klassificering for lavenergibyggeri, hvor energiforbruget skal være to til tre gange mindre end maksimumskravene.

Med udgangspunkt i en ny fællesbygning på AAU har studerende på 8. semester analyseret, hvilke konsekvenser de nye bestemmelser får for udformning af bygningen, facadeudformningen, valget og kombinationen af forskellige passive og mekaniske systemer, styring af indeklima, m.m., afhængigt af hvilke krav, der stilles til bygningens funktion med hensyn til indeklima og energiforbrug. De har især fokuseret på at finde svar på, hvad der skal til for at opfylde kommende krav i BR, hvilke nye tiltag der er nødvendige for at opfylde kravene til lavenergiklasse 2, og er det overhovedet muligt at opføre en kontorbygning i lavenergiklasse 1?



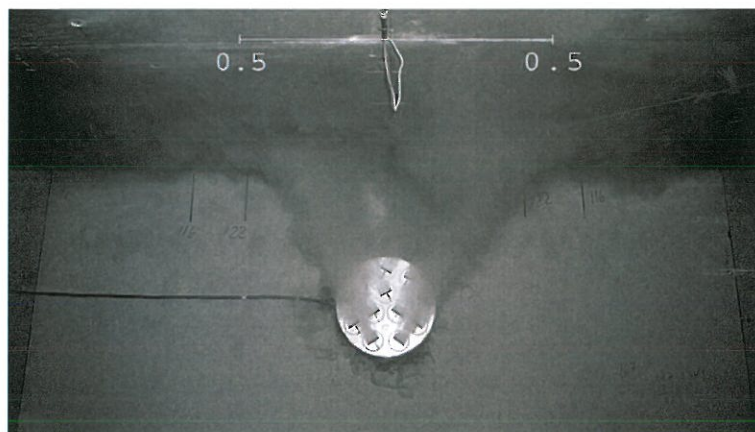
*Fællesbygningen på Aalborg Universitet*

## Udeluftventiler

*Af Peter V. Nielsen*

Udeluftventiler har til formål at tilføre et rum frisk luft. De skal opfylde en række betingelser som fx at have vejrbestandighed, være montagevenlige og generere passende volumenstrøm i forbindelse med mekanisk boligventilation. Ligeledes skal de kunne etablere et passende trykfald, når de indgår i en bygnings naturlige luftskifte. Der har i udviklingen af disse ventiler naturligvis været tale om at belyse deres evne til at fordele luften i rummet, men der mangler en mere systematisk undersøgelse af de luftstrømningsmønstre, som optimerer driftssituationen.

Vi har i de sidste par år arbejdet med i alt fire forskellige ventiler. Vi kan konstatere, at luftfordelingen til en vis grad kan beskrives med de traditionelle strømningssmodeller som termiske vægstråler og lagdelt strømning. Det ses også, at de forskellige driftssituationer giver anledning til forskellige stømningsformer i rummet meget lig de situationer, der opstår i rum med naturlig eller hybrid ventilation.



*Strømning fra en vægmonteret udeluftventil. Strømningen danner i dette tilfælde to vægstråler under loftfladen. Disse stråler løber ned langs sidevæggene og ind i opholdszonen med en begrænset lufthastighed.*

## Computersimulering af et armatur

*Af Peter V. Nielsen*

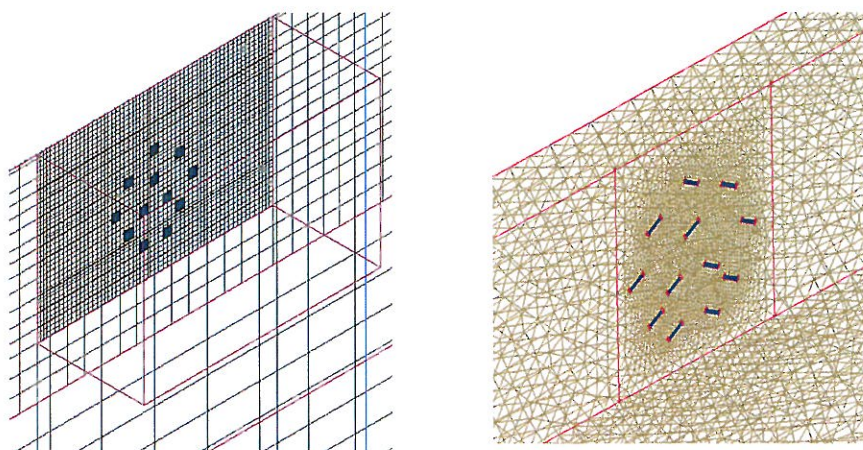
Lige siden ventilationsbranchen udførte de første CFD beregninger, har der været problemer med at simulere armaturet i beregningerne (opstille korrekte randværdier for et armatur). Forskellige simplificerede metoder har været anvendt. Det er ofte metoder, der bygger på, at beregningsfeltet tilføres den rette bevægelsesmængdestrøm og - mere eller minder - den rette fordeling af denne bevægelsesmængdestrøm. Metoderne virker hensigtsmæssige i mange situationer, men der findes armaturer, der genererer et så kompliceret profil, at metoderne er svære at anvende.



*Figur 1. Armatur til friskluftforsyning. De enkelte dyser kan indstilles individuelt.*

Figur 1 viser et armatur til friskluftforsyning, som danner et kompliceret usymmetrisk strømingsprofil. Der er udført målinger på dette armatur, og samtidig er det undersøgt, hvorledes dette armatur kan simuleres på en hensigtsmæssig måde ved hjælp af de forskellige programmer, der er til rådighed for ventilationsbranchen.

Figur 2 viser to detaljerede netfordelinger, som det er muligt at opstille i programmer som Flovent og Fluent. Den ene netfordeling er et traditionelt kartesisk net, og det andet er et ustruktureret net. Begge net er opbygget som et multinetsystem. Det er muligt at beregne strømmingen i et rum med rimelig nøjagtighed med begge net, hvis der anvendes omkring 200.000 celler. Vi kan derfor konkludere, at direkte simulering af armaturer ofte er inden for rækkevidde med dagens computere.



Figur 2. Generering af armatur i henholdsvis kartesisk net og ustruktureret net.

## Characteristics of Buoyancy Driven Natural Ventilation through a Single-Sided Horizontal Opening

By Zhigang Li

An experimental study of the buoyancy driven natural ventilation through single-sided horizontal openings is described here. The experimental analysis was performed in a full-scale laboratory test rig. The basic nature of air flow through the single-sided openings was investigated. The bidirectional air flow was measured using constant injection tracer gas technique. Variable parameters included the air flow rate, the air velocity, the temperature difference between the rooms and the dimensions of the horizontal openings.

The measurements were made for opening ratios  $L/D$  in the range of 0.115 to 4.445, where  $L$  and  $D$  are the length of the opening and the diameter of the opening, respectively. (See the measurement set-up in VENTInet Nyhedsbrev, Nummer 13, 2004)



Figure 1: The inside view of the test room, the horizontal opening of  $S = 0.8$  m,  $L = 0.4$  m and  $L/D = 0.443$ .

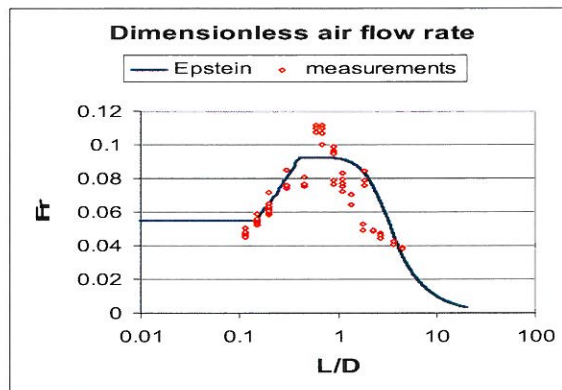


Figure 2: Froude number versus  $L/D$  comparison between measurements and Epstein formula for bidirectional air flow through a single horizontal opening.

The smoke visualization showed that the flow patterns are highly transient and unstable, and the air flow rates oscillated with time. The air flow rate can be obtained in the correlation between Froude number  $Fr$  (dimensionless air flow rate) and  $L/D$  ratio.

The tendency of  $Fr$  with  $L/D$  is in good agreement with Epstein's formula obtained from salt water measurements, but the  $Fr$  value shows considerable deviations between the air flow measurements and the Epstein's formula. The peak  $Fr$  value is 0.11 at  $L/D$  value of 0.6 approximately. Even though the salt water technique has some advantages, the full-scale air flow measurements are quite important and much more reasonable than the scale salt water measurements.

# Buoyancy Driven Natural Ventilation through a Horizontal Opening Combined with a Vertical Opening

By Zhigang Li

This research work describes an experimental study of the phenomenon of buoyancy driven natural ventilation through a horizontal opening combined with a vertical opening under steady-state conditions. The experimental analysis is performed in a full-scale laboratory test rig, and the basic nature of air flow through two openings is investigated. (See the measurement set-up in VENTInet Nyhedsbrev, Nummer 13, 2004).

The horizontal opening is placed at ceiling level and the vertical opening is placed at floor level in the test room. The air flow rate is measured using constant injection tracer gas technique. The measurements are made for opening ratios  $A_T/A_B$  in the range of 0.11 to 25, where  $A_T$  and  $A_B$  are the opening area at top (ceiling) level and the opening area at bottom (floor) level, respectively. The measurement results are reliable for analyzing and designing natural ventilation where thermal buoyancy is the dominating driving force.

It is well known that for a given indoor air temperature  $T_i$  and an outdoor air temperature  $T_o$  the buoyancy driven natural ventilation flow rate through the two openings can be calculated as the following formula:

$$q = C_d A^* \sqrt{\frac{2gh(T_i - T_o)}{T_o}} \quad \text{where} \quad A^* = \frac{A_T \cdot A_B}{\sqrt{A_T^2 + A_B^2}}$$

$A^*$  is the effective opening area and  $C_d$  is the discharge coefficient of the opening. Here the two square sharp-edged openings are assumed to have the same value  $C_d \approx 0.65$ .

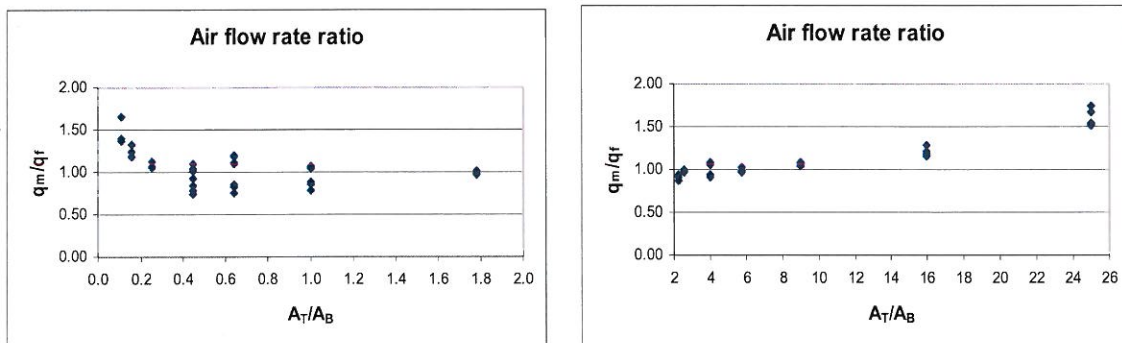


Figure 1: Air flow rate ratio between measured  $q_m$  and formula calculated  $q_f$ .

The measured air flow rates fit the calculated air flow rates well in the  $A_T/A_B$  range of 0.44 to 5.76. However, in the  $A_T/A_B$  range of less than 0.25 and larger than 5.76 the measured air flow rates are larger than the calculated flow rates, because the bidirectional air flow occurs either through the vertical opening or the horizontal opening which contributes to increase the air flow rate. Therefore, the calculation formula should be developed for predicting the air flow rate of buoyancy driven natural ventilation through a horizontal opening combined with a vertical opening.



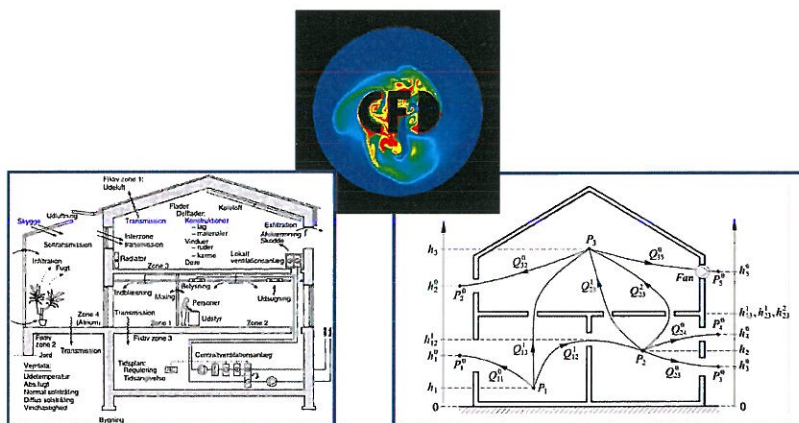
# Usikkerhed i bygningssimulering

Af lektor Henrik Brohus

## Introduktion

Baggrunden for anvendelse af klimaskærme og for klimatisering af bygninger er i første omgang ønsket om et andet indeklima end det som vores udeklima kan præstere. I og med at udeklimaet varierer både over døgnet og over året udsættes klimaskærmen og bygningens installationer for store variationer. Selve brugen af bygningen er desuden med til at skabe betydelige variationer over tid. Disse variationer er til en vis grad forudsigelige, men vil også indeholde en væsentlig tilfældig variation som ikke kan forudsiges deterministisk.

Beregningen af bygningsinstallationer (varmeanlæg, ventilationsanlæg, m.v.) og energimæssige forhold i bygninger foretages normalt med simplificerede værktøjer set i forhold til den ovennævnte kompleksitet af de belastninger en normal bygning påvirkes af. Sædvanligvis foretages der stationære (periodestationære) beregninger for en midlet tilstand, hvor der sigtes på at beregne en gennemsnitlig værdi af fx energiforbruget i en bygning. Der er også situationer, hvor der anvendes en eller flere worst case betragtninger med formålet at forudsige en ekstrem situation fx et dimensionerende varmebehov, kølebehovet i en varm periode eller ventilationskapaciteten i tilfælde af naturlig ventilation.



Figur 1. Forskellige værktøjer anvendt ved bygningssimulering (termisk bygningssimulering, CFD, multizone beregning). Alle værktøjerne er behæftet med en usikkerhed som normalt ikke tages i regning.

I nogle tilfælde foretages dynamiske beregninger fx ved termisk bygningssimulering (fx BSim, TRNSYS, ESPr, o.l.). Selv i dette tilfælde er der dog usikkerheder knyttet til bestemmelsen af input, styring, m.v. Selv meget detaljerede værktøjer som CFD (Computational Fluid Dynamics) er normalt behæftet med en betydelig usikkerhed, da de som oftest benyttes til at beregne et øjebliksbillede valgt ud af en sædvanligvis dynamisk og delvis stokastisk sammenhæng. Beregningen giver en meget detaljeret indsigt i selve strømningsfeltet, men siger i sig selv intet om variationer over tid eller om usikkerheden knyttet til de nødvendige antagelser og randbetingelser.

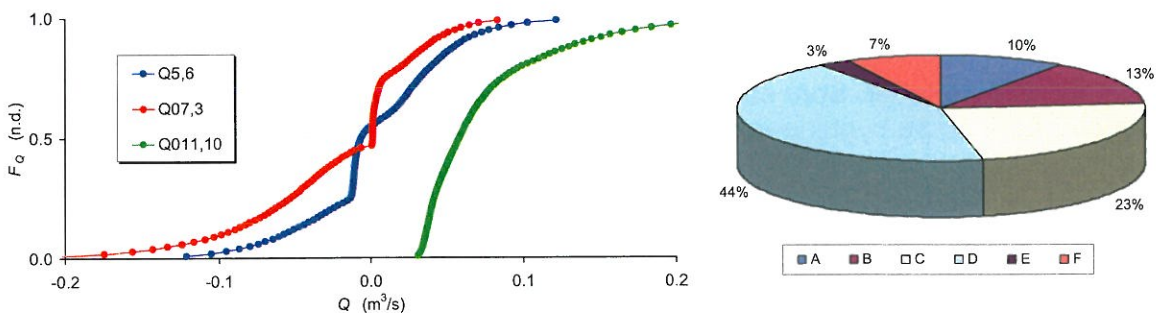
Som et typisk eksempel på en beregning der sædvanligvis er behæftet med stor usikkerhed kan nævnes beregning af kapaciteten af naturligt ventilerede bygninger. Ikke mindst bygninger med flere zoner der er i kontakt med hinanden. Der findes troværdige beregningsmetoder til bestemmelse af den naturlige ventilation af en enkelt zone, når de udvendige trykforhold er kendte. I praksis vil forholdene dog kunne være langt mere komplekse med varierende udeforhold (temperatur, vindretning og vindhastighed) samt flere zoner og delvis uforudsigelig brugeradfærd. Der findes såkaldte multizonemodeller,

der i nogen grad kan tage de nævnte forhold i regning, men de programmer kræver i sig selv en mængde input som er behæftet med usikkerhed.

De sædvanligt anvendte beregningsmetoder giver i bedste fald et gennemsnitligt billede at tingene henholdsvis en vurdering af en form for ekstremtilstand. Men metoderne giver normalt ingen information om 1) variationen over året, 2) hvor ekstrem den valgte worst case er, 3) hvor usikker selve beregningen er og 4) hvor usikkert input til beregningerne er. Alt i alt vil der altså normalt ingen objektiv information være om, hvor usikker den givne bestemmelse af indeklima, energiforbrug, kapacitet for naturlig ventilation, m.v. er. I praksis løses problemet ved at den aktuelle beregner har en passende erfaring og indsigt, således at resultatet kan vurderes. Dermed tages der via erfaringer indirekte højde for de usikkerheder, der naturligt knytter sig til beregningerne. Det hersker dog ikke nogen formaliseret fremgangsmåde og resultatet af vurderingen er personafhængig og subjektiv. For nogle beregningsmetoder er der allerede taget stilling til ekstremtilstande på forhånd i form af normgivne værdier fx foreskrevne udetemperaturer i DS 418.

I takt med at vores bygninger udvikles i form og funktion, bliver det stadig sværere blot at tage en gammel sag op af skuffen eller forlade sig på sine erfaringer. Samtidig skærpes kravene til såvel indeklima som energiforbrug, og der må i stigende grad forventes at være behov for en forbedring af den nuværende beregningspraksis. Herunder er det væsentligt at gennemgå status for den nuværende praksis og vurdere, hvad der fungerer godt, og hvor der er behov for forbedringer. Det er under alle omstændigheder væsentligt at fokusere på metoder der hurtigt og effektivt kan kvantificere usikkerheder, således at de kan og vil blive anvendt i praksis.

Udover at forøge kvaliteten af en given beregning vil en vurdering af usikkerheder give en væsentlig information om, hvor robust en bygning og dens installationsløsning er i forhold til de varierende og usikre belastninger bygningen udsættes for nu og i fremtiden. Dermed har man i designarbejdet mulighed for ikke blot at tilsikre at en løsning virker her og nu, men også at tage højde for at den er robust over for de påvirkninger og hændelser, der ligger uden for den normale designsituation. Det burde alt andet lige give velfungerende og fremtidssikrede bygninger med et bedre indeklima og et lavere energiforbrug.



Figur 2. Eksempel på kvantificering af usikkerhed og sensitivitet i bygningssimulering. Til venstre ses et eksempel på tre fordelingsfunktioner for luftstrømmen gennem forskellige åbninger i en naturligt ventileret bygning. Via fordelingsfunktionerne kan der beregnes en sandsynlighed for et givet resultat. Der kan på basis af data desuden beregnes middelværdi og spredning m.v. Til højre er der vist en (tænkt) fordeling af den samlede usikkerhed på seks forskellige faktorer, fx bidrager faktor D med en betydelig andel af den samlede usikkerhed, mens faktor E er nærmest ubetydelig og måske kan udelades.

### **Formål med projektet**

1. At forbedre og kvalitetssikre beregning af indeklima, ventilation og energimæssige forhold for bygninger ved at kvantificere usikkerheden på beregningerne.
2. At udvikle relativt simple beregningsmetoder der kan forudsige usikkerheder knyttet til en aktuel beregningsmetode, så vurderingen af usikkerheder dermed bliver objektiv.
3. At vurdere nødvendigheden af usikkerhedsberegninger (hvornår er det godt nok at regne "simpelt", og hvornår skal der tages mere detaljerede metoder i brug).
4. At afprøve metoderne på en eksisterende bygning (projektgranskning og måling) og i forbindelse med projektering af en ny bygning.

### **Projektbeskrivelse**

#### **Teoretisk del**

Der laves en oversigt over de beregningsmetoder og dimensioneringsprocedurer som anvendes i dag ved beregning af bygningsinstallationer (indeklima, ventilation og energi). Derunder gives der en beskrivelse af, hvordan man i praksis tager højde for usikkerheder.

Der gennemføres et litteraturstudium over eksisterende metoder til kvalitetssikring af beregninger, hvor der lægges stor vægt på statistiske metoder til vurdering og kvantificering af den usikkerhed, beregningerne er behæftet med. Der arbejdes både med simple og mere avancerede tilgange til problemet.

Udover at beregne en middelværdi (stationær beregning) eller en middelværdiproces (dynamisk beregning) beregnes der også variansestimater samt om muligt fordelinger af de aktuelle variable. Hermed fås der et mål for beregningens og bygningens robusthed.

For hver enkelt beregningstype vurderes det, hvornår den eksisterende praksis er tilstrækkelig, og hvornår der bør regnes mere detaljeret.

#### **Praktisk del**

##### Eksisterende bygning

Der tages udgangspunkt i en eksisterende bygning som granskes i beregningsmæssig sammenhæng, både med de "sædvanlige" beregningsmetoder og med mere avancerede og detaljerede metoder. Som en del af analysen vurderes usikkerheden på beregningerne og på bygningens ydelse.

Der måles på den eksisterende bygning og der sammenlignes med beregningerne.

Målingerne tænkes at omfatte indeklima (termisk komfort og luftkvalitet) i udvalgte dele af bygningen samt bygningens energiforbrug. Der registreres alle relevante eksterne og interne belastninger på bygningen samt om muligt brugeradfærd (fx vinduesåbning). Der måles over en passende lang periode, så bygningens respons i forhold til belastningsvariationerne kan vurderes.

##### Ny bygning

Der benyttes både sædvanlige og mere avancerede metoder i forbindelse med dimensioneringen af udvalgte dele af bygningens installationer. Herunder foretages en

vurdering af usikkerheder og en kvantificering af bygningens ydelse. Der tages aktivt stilling til bygningens og installationernes robusthed i forbindelse med dimensioneringen.

### **Aktuelt arbejde på projektet**

Ovenstående projekt er en del af IEA Annex 44. Der er desuden udført arbejde via et afgangsprøveprojekt af civilingeniørstuderende Asger Bendtsen og Martin Sørensen som afsluttes juni 2005. Afgangsprøveprojektet er gennemført i samarbejde med Birch & Krogboe, WindowMaster, SBi og Sjælsø Gruppen.



**Figur 3.** Sjælsø Gruppens domicil Ny Allerødgård har dannet rammerne for målinger foretaget i et aktuelt afgangsprøveprojekt. Målingerne i den naturligt ventilerede bygning sammenlignes med simuleringer og kvantificering af usikkerheder m.v.

### **Udvalgte referencer**

Brohus, H., Haghghat, F., Frier, C., Heiselberg, P.: Quantification of Uncertainty in Thermal Building Simulation. Part 1: Stochastic Building Model. In Awbi, H.B. (Ed.): Proceedings of Roomvent 2000, 7th International Conference on Air Distribution in Rooms, 9 - 12 July, Reading, UK, ISBN 0 080 43017 1, Vol. 1, pp. 415-420, Elsevier Science Ltd., 2000.

Brohus, H., Haghghat, F., Frier, C., Heiselberg, P.: Quantification of Uncertainty in Thermal Building Simulation. Part 2: Stochastic Loads. In Awbi, H.B. (Ed.): Proceedings of Roomvent 2000, 7th International Conference on Air Distribution in Rooms, 9 - 12 July, Reading, UK, ISBN 0 080 43017 1, Vol. 1, pp. 421-426, Elsevier Science Ltd., 2000.

Brohus, H., Frier, C., Heiselberg, P.: Stochastic Single Zone Model of a Hybrid Ventilated Building. Proceedings of the 4<sup>th</sup> International Conference on Indoor Air Quality, Ventilation & Energy Conservation in Buildings, IAQVEC 2001, Vol. 1, pp. 211-218, Changsha, Hunan, China, 2- 5 October 2001.

Brohus, H.: Performance Assessment of a Naturally Ventilated Multizone Building, Proceedings of CIB2004, CIB World Building Congress 2004, Toronto, Ontario, Canada, 1 – 7 May, 2004.

H. Brohus: Uncertainty in IAQ Performance Assessment of a Naturally Ventilated Building, Proceedings of Indoor Air 2005, Beijing, China, 2005.

## **Ph.d.-kursus: Modelling af naturlig og hybrid ventilation**

Et koncentreret Ph.d.-kursus i modellering af naturlig og hybrid ventilation udbydes i august 2005. Kurset vil blandt andet indeholde følgende emner: Naturlige og mekaniske drivkræfter, ensidet ventilation gennem lodrette og vandrette åbninger, enkeltzone modellering af opdrift og tværventilation, strømning gennem store åbninger, modellering af naturlig ventilation i bygninger med flere zoner, introduktion til og anvendelse af multizone modeller (COMIS, LoopDa/CONTAMw), anvendelse af CFD til beregning af strømning omkring bygninger og trykforhold for bygningsfacader, stokastisk modellering af naturlig og hybrid ventilation.

Kursuslærere vil være Per Heiselberg og Henrik Brohus fra AAU samt flere udenlandske gæsteprofessorer. 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 godt kendskab til naturlig ventilation og/eller strømningsteknik.

Yderligere oplysninger samt detaljeret program kan fås ved henvendelse til Per Heiselberg, tlf. 96358541 eller e-mail [ph@bt.aau.dk](mailto:ph@bt.aau.dk).

## **Undervisning i efteråret 2005**

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 Flovent og FDS. Desuden vil der blive arbejdet med de traditionelle analytiske modeller samt modelforsøg. Evakueringssituationer simuleres med Simulex og håndberegningssmodeller.

Nyhedsbrevet udgives af

**Netværkscenteret • Aalborg Universitet**

Niels Jernes Vej 10 • 9220 Aalborg Øst • tlf. 9635 8086 • fax 9815 7331

E-mail: [nvc@adm.aau.dk](mailto:nvc@adm.aau.dk) • [www.nvc.aau.dk](http://www.nvc.aau.dk)