

Technical University of Denmark



Konvektionsstrømninger i rum fra personer som varmekilde

Zukowska-Tejsen, Daria

Published in:
H V A C Magasinet

Publication date:
2010

Document Version
Også kaldet Forlagets PDF

[Link back to DTU Orbit](#)

Citation (APA):
Zukowska, D. (2010). Konvektionsstrømninger i rum fra personer som varmekilde. H V A C Magasinet, 46(4), 26, 28, 30.

DTU Library
Technical Information Center of Denmark

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

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Konvektionsstrømninger i rum fra personer som varmekilde

Ved Center for Indeklima og Energi, DTU, er der i centerets klimakamre bl.a. ved brug af termiske mannequiner gennemført en række forsøg for at fastlægge den luftstrømning, der stammer fra koncentrerede varmekilder såsom personer. Resultaterne er brugt til at udvikle matematiske modeller og analytiske metoder til beregning af disse strømningsfænomener. Metoder der i fremtiden kan føre til udvikling af nye energieffektive teknologier og produkter for ventilering af bygninger



Af Daria Zukowska,
Center for Indeklima
og Energi, DTU

Luftfordelingen i rum er et resultat af et komplekst samspil



Ny løsning med
det bedste af to
verdener

- Kølebaffel med hvirvelfunktion.
- Kombinerer funktionen fra kølebafler med strømningsmønstre fra hvirveldiffusor.
- Fuld fleksibilitet i drift giver optimalt indeklima.

Halton
www.halton.dk

mellem opadgående luftstrømninger fra varmekilder (mennesker, udstyr, belysning, osv.), konvektionsstrømme fra kolde/varme overflader og den indblæste luft fra ventilationssystemet. For personer gælder det, at både den termiske komfort, især trækgener, og kvaliteten af indåndingsluften er afhængig af disse luftstrømninger.

Fænomenet med konvektionsstrømninger over en koncentreret varmekilde, f.eks. fra personer, er påvirket af en lang række faktorer såsom:

lufttemperatur, strømningens hastighedsfordeling og turbulens, samt rummets dimensioner, temperatur af skillevægge, og typen af udstyr og møblering, som begrænser tilstrømningen og medfører varmeudveksling mellem de omgivende flader. Derudover vil en lodret

temperaturgradient reducere virkningen på alle luftstrømningens parametre.

Konvektionsstrømninger fra belysning og kontorudstyr (computere, skærme, printere, osv.), vil i fremtiden være mindre afgørende på grund af udviklingen af lavenergiudstyr (LCD-skærme, halogenlamper, osv.). Og det vil i fremtiden være personer, der er årsag til de væsentligste konvektionsstrømninger.

Kendskabet til de termiske strømninger der frembringes af det menneskelige legeme er imidlertid begrænset. Og det er vigtigt for den praktiske udformning af varme- og klimaanlæg, præcist at kunne forudsige luftstrømningsforholdene. Dermed kan man skabe optimale indeklimaforhold. Det gælder i særdeleshed for konto-

rer, hvor personalet er udsat for konvektionsstrømninger ved stillesiddende arbejde.

Eksperimentelle undersøgelser

Forsøgene blev udført i et klimakammer med en middelstrålingstemperatur lig med lufttemperaturen og uden nogen asymmetri i strålingstemperaturen. Forholdene i kammeret under målingerne var: lufttemperatur 23°C, lodret temperaturgradient ca. 0,07 K/m, og lufthastighed mindre end 0,05 m/s. Der blev anvendt opadrettet stempelventilation.

Samtidige målinger af konvektionsstrømningens lufthastighed og temperatur blev foretaget i en 0,7 m's højde over toppen af de forskellige attrapper. Der var fastgjort 16 omnidirec-



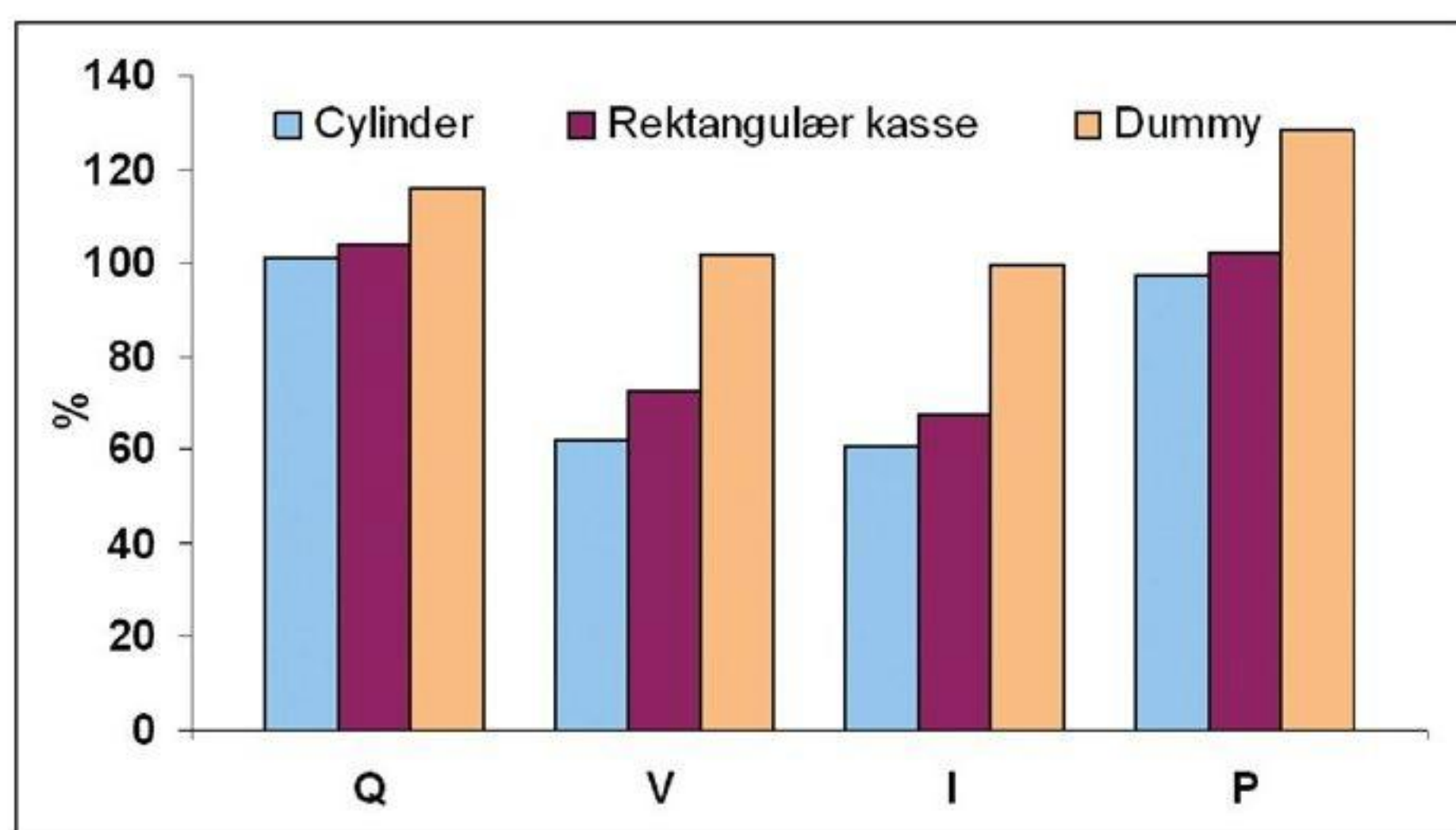
Figur 1. Personattrapper – cylinder, rektangulær kasse, dummy og termisk mannequin.

► Konvektionsstrøm... *Fortsat*

tionale hastighedssensorer og 17 termoelementer på en vandret arm af et traverseringssystem. Armen var parallel med atrappens symmetriakse og blev flyttet i trin på 0,1 m fra den venstre side af atrappen til den højre side omfattende hele konvektionsstrømmingens tværsnit.

Effekt af kropsform

Formålet med den første eksperimentelle undersøgelse var at afklare betydningen af kropsformen for den termiske luftstrømnings egenskaber ved simuleringen af en siddende person. Konvektionsstrømmingens karakteristika blev målt eksperimentelt ved brug af fire almindeligt anvendte personattrapper med forskellig geometrisk kompleksitet, omfattende en lodret cylinder, en rektangu-



Figur 2. Konvektionsstrømmingens karakteristiske parametre for cylinderen, den rektangulære kasse og dummy'en i forhold til parametrene for den termiske mannequin (Q – entalpi, V – volumen, I – bevægelsesmængde, P – opdrift).

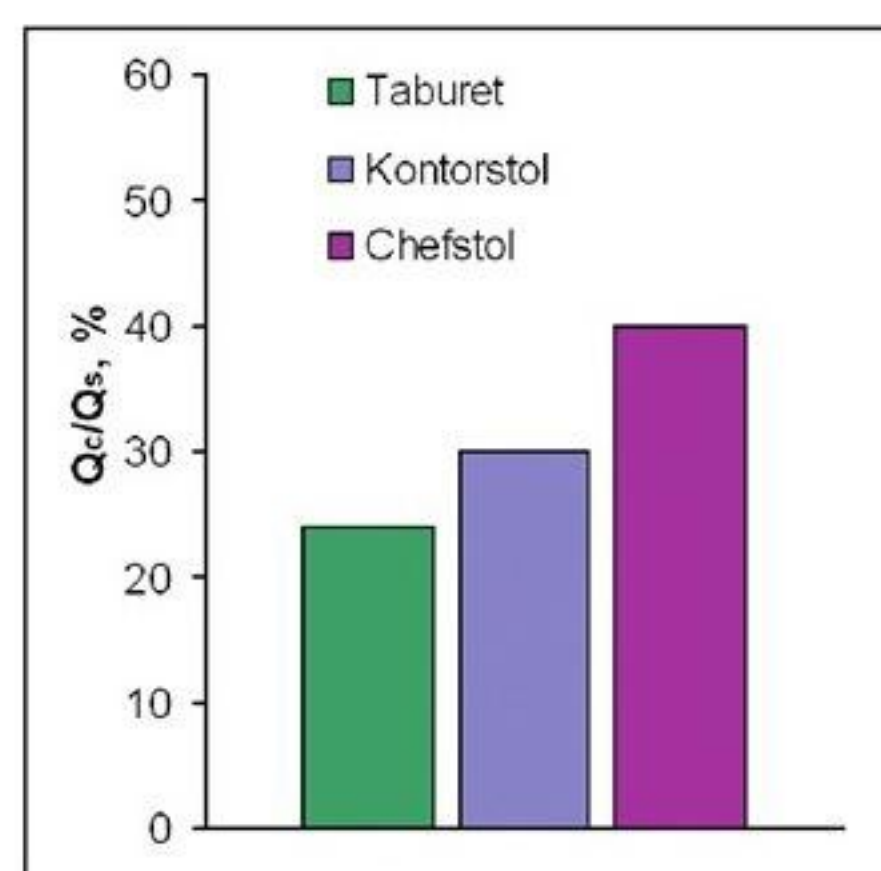
lær kasse, en dummy og en nøgen termisk mannequin (Figur 1, side 26).

Resultaterne fra undersøgelsen viste, at en cylinder og en rektangulær kasse frembringer langt mere koncentrerede strømningsmønstre end en siddende termisk mannequin. Dvs. de giver ikke et realistisk strømningsbillede, men de kan dog bruges til at simulere entalpi og opdriftsstrømning. En dummy kan med held anvendes som en simulator af en siddende person, både i fuldskala-forsøg og ved numeriske simuleringer (CFD), især når det drejer sig om luftfordeling (Figur 2).

Effekt af beklædning og stoledesign

I en efterfølgende undersøgelse var det formålet at fastlægge indflydelsen af beklædningsisolans og af stoledesign på de karakteristiske værdier for konvektionsstrømming over en siddende person. Konvektions-

strømming blev målt for seks forskellige tilfælde, hvor den kvindelige mannequin var iklædt forskelligt tøj og sad på tre stole af forskelligt design.



Figur 3. Forholdet mellem varmetab fra konvektion og total varmetab for tre forskellige stole.

Resultatet fra målingerne viste, at beklædning ændrer varmetabet fra konvektion omvendt proportionalt med beklædningens isolans, hvilket også gjaldt for luftstrømmingens entalpi-tilvækst. Endvidere har stolens design afgørende indvirkning på luftstrømmingens form over en siddende person. Det skyldes

ændringer i forholdet mellem kroppens varmetab fra konvektion og stråling. En taburet og en chefstol indvirker meget forskelligt på konvektionsstrømming, idet den sidstnævnte isolerer ryggen, hvilket ikke er tilfældet med taburetten (Figur 3).

Effekt af randbetingelser

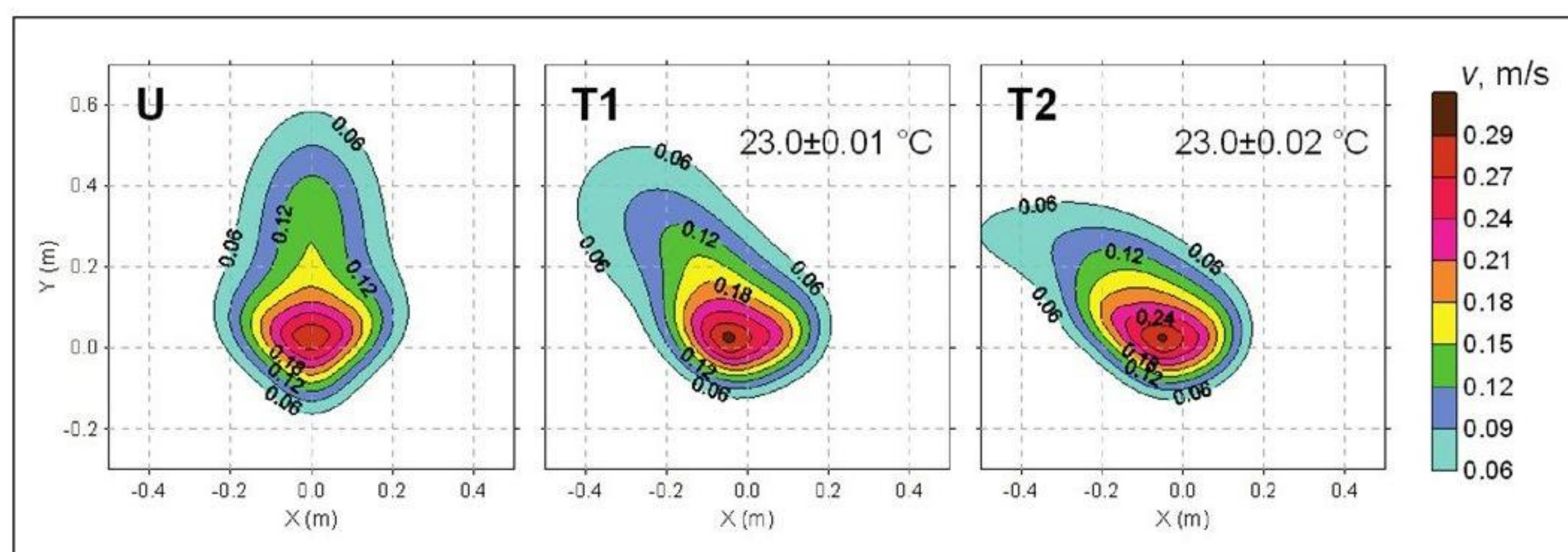
Virkningen af en manglende ensartethed i den omgivende temperatur og lufthastighed på udviklingen af konvektionsstrømming over en mannequin blev undersøgt ved CFD-beregning. Simuleringerne viste, at selv en lille uhomogenitet i temperaturen ($\pm 0,01^{\circ}\text{C}$) eller lufthastigheden ($\pm 0,005\text{ m/s}$) i de omgivende grænseområder påvirker udviklingen af konvektionsstrømming og medfører en vridning eller drejning. Den centrale del af strømming med lufthastigheder på 0,24-0,30 m/s er mindre påvirket, mens den del af strømming, der er over mannequins ben, er mere påvirket af randbetingelserne, hvilket medfører en vridning af strømming (Figur 4).

Effekt på luftfordelingen i rum

Virkningen af konvektionsstrømninger på luftfordelingen i rum blev undersøgt ved brug af to kvindelige termiske mannequiner, der simulerede siddende kontorarbejde ved et skrivebord, mens øvrige varmekilder i rummet omfattede lavenergiudstyr: to kontorlamper, to bærbare pc'er og 6 loftarma-



Halton
www.halton.dk



Figur 4. Middellufthastighed 0,7 m over hovedet på en virtuel mannequin for henholdsvis ensartede forhold (U) og for uhomogen lufttemperatur af 23,0 ± 0,01 °C (T1), 23,0 ± 0,02 °C (T2).

► Konvektionsstrøm... *Fortsat*

turer. Som sporgas blev anvendt carbondioxid (CO₂), der blev doceret fra toppen af mannequinernes hoveder for at simulere emitterede bioeffluenter, og koncentrationen blev i alt målt i 164 punkter i rummet. Resultaterne fra forsøget blev sammenlignet med målinger, hvor konvektionsstrømningerne blev genereret ved brug af cylin-



Figur 5. Forsøgsopstilling med to termiske mannequiner.

dre som varmekilder i stedet for mannequinerne. Sammenligningen viste, at simulering af personer ved brug af en så forenklet geometri som cylindre er utilstrækkelig til at opnå nøjagtige resultater, når det drejer sig om undersøgelser af luftstrømninger i rum med fortrængningsventilation (Figur 5).

Beregningsmetode til bestemmelse af konvektionsstrømningens karakteristika

En beregningsmetode, der betegnes Approximate Distributions Integration Method (ADI-method), er blevet foreslået til at beregne de integrerede parametre for en asymmetrisk konvektionsstrømning. Metoden er baseret på en tilnærmelse af de målte profiler for lufthastighed og lufttemperatur over konvektionsstrømningens tværsnit. ADI-metoden gør det for første gang muligt at beregne konvektionsstrømningens parametre selv tæt på en varmekilde, hvor profilerne for lufttemperatur og lufthastighed er asymmetriske, hvilket er den typiske situation i et værelse eller kontor, hvor loftshøjden som oftest er for lille til at tillade den fulde udvikling af konvektionsstrømningen.

Yderligere undersøgelser

En lang række supplerende forsøg er blevet udført for yderligere at undersøge betydningen af faktorer, såsom møblering, virkningen af personlig ventilation og vejrtrækningens indflydelse på konvektionsstrømningens form. Dataene fra disse forsøg er endnu ikke analyseret.

Resultat af undersøgelserne

Den viden, der er erhvervet ved undersøgelserne, kan i fremtiden føre til nye, energibesparende metoder til ventilering af opholdsrum, herunder udvikling af metoder for en nøjagtig beregning af personers indeklimaforhold og termiske komfort ved CFD-simulering.

**Skrot oliefyret og halver CO₂ udslippet
Installér en Sanyo ECO CO₂ varmepumpe**



Hvorfor grave i jorden, når varmen ligger i luften

Sanyo CO₂ ECO er et godt alternativ til jordvarme både hvad angår anskaffelsespris og driftsøkonomi. Den er attraktiv, fordi den er let at installere, ikke kræver opgravning af hele haven, og der skal ikke ansøges om tilladelse til installation hos kommunen.

Den er konstrueret til nordiske forhold og kan producere varme ved udetemperaturer på ned til 20 minusgrader – stadig med god virkningsgrad. Ydermere har den en lang levetid og næsten ingen vedligeholdelsesomkostninger.

Få mere information på www.ahlsellkol.dk
- eller kontakt vor salgsafdeling på tlf:
Øst 43 44 42 99 • Vest 86 78 42 99



**Sanyo CO₂ ECO
- en ny generation af varmepumper**

Anvender CO₂
- et 100% miljøneutralt drivmiddel

Mest optimale løsning på markedet til huse med radiatorvarme

Giver varmt vand til bad, radiatorer og gulvvarme

Enkel installation

Forberedt til tilslutning af solvarme



SANYO
- et naturligt valg