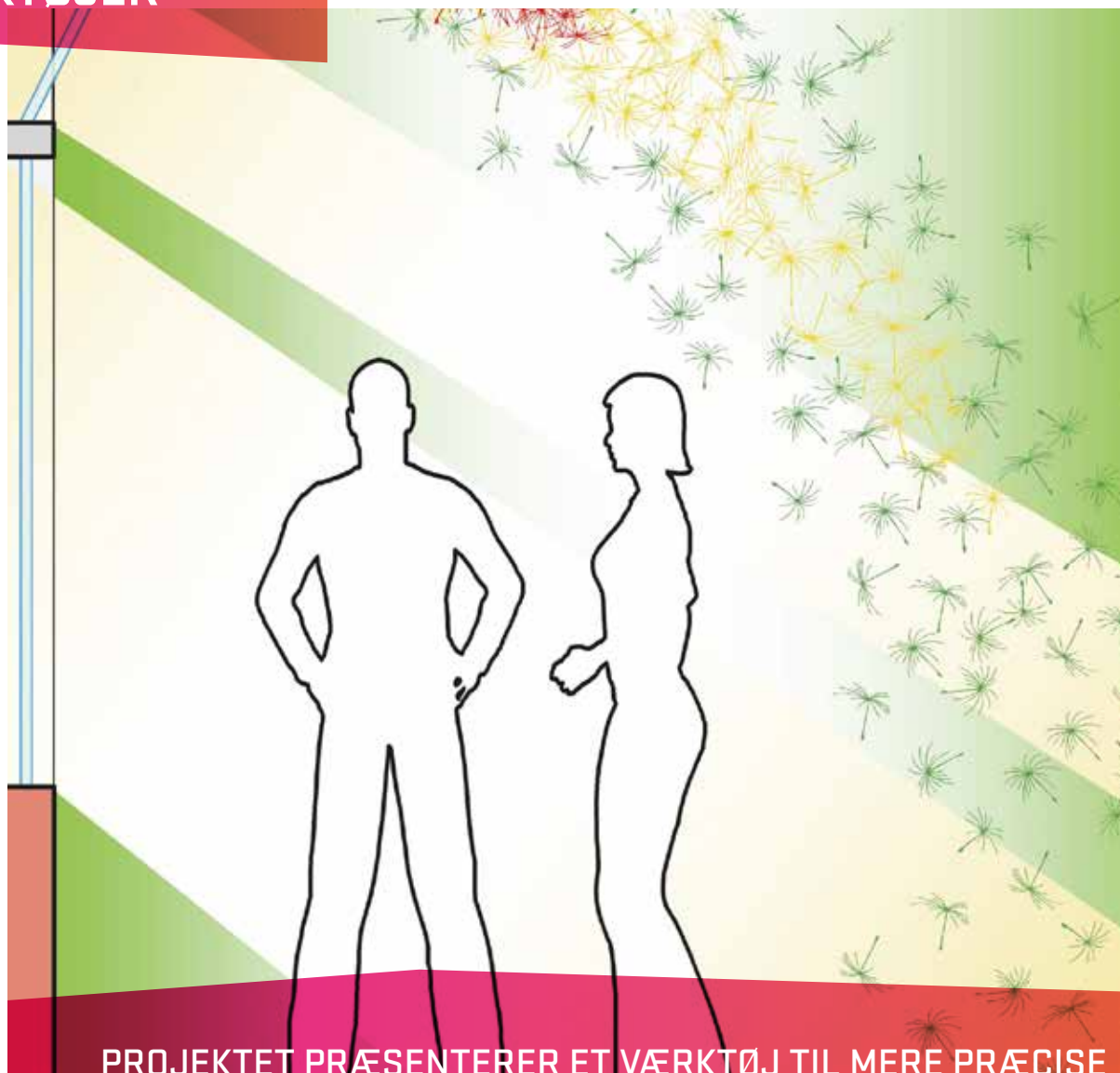


BYGNINGER/FACADE- OG RUMUDFORMNING

VÆRKTØJER



PROJEKTET PRÆSENTERER ET VÆRKTØJ TIL MERE PRÆCISE BEREGNINGER AF BYGNINGERS TERMISKE KOMFORT END DEN, SOM BRUGES I DAG. DET GIVER MULIGHED FOR OPFØRELSE AF BYGNINGER MED OPTIMAL ENERGIANVENDELSE I FORHOLD TIL ET GODT INDEKLIMA.

PROJEKT 342-064

Avancerede termiske modeller til energieffektivt bygningsdesign

MÅLSÆTNING:

En bygnings termiske komfort betyder meget for, hvordan vi har det med at opholde os i den – det skal føles behageligt. Der må hverken blive for varmt eller koldt på nogen dele af kroppen. Udfordringen er, at de metoder, der i dag bruges til beregningerne af termisk komfort, enten er for simple og ikke giver et tilstrækkelig detaljeret grundlag for at skabe det bedst mulige indeklima eller, at beregningstiden er meget høj, og at værktøjerne derfor ikke benyttes.

Termisk indeklima baseres i dag på Fangers modeller for rummets globale termiske komfort, som afhænger af blandt andet beklædning, lufthastigheder og temperaturer samt lokal termisk komfort, der f.eks. bestemmes ud fra gulvtemperatur, forskel i varmestråling og forskelle i den vertikale rumtemperatur.

Projektets mål er at udvikle en brugbar prototype til et værktøj, der kan estimere den termiske komfort i en bygning mere præcist. Det

skal ske ved at forbedre simuleringen og give os et bedre mål for den termiske komfort i bygninger. På den måde kan projektet bidrage til at optimere det termiske indeklima i fremtidigt byggeri.

MÅLGRUPPE:

Alle brugere af bygninger – uanset om det drejer sig om boliger, kontorer, institutioner eller andet – kan potentielt få glæde af det nye beregningsværktøj. For med muligheden for at beregne den termiske komfort mere præ-

cist, kan vi i fremtiden udvikle byggeri, der er mere behageligt at opholde sig i.

Den direkte målgruppe for værktøjet er rådgivere, der får et mere detaljeret grundlag for at skabe et godt indeklima, samtidig med at en

bygnings energiforbrug bliver optimeret. For at sikre, at værktøjet er relevant og brugbart for denne målgruppe, er der blandt andet lagt vægt på, at beregningstiden er lav, og at resultaterne præsenteres på en overskuelig måde, der også kan bruges til præsentationer.

VÆRKTØJET TAGER UDGANGSPUNKT I BEREKNINGER FRA EKSISTERENDE SIMULERINGS-PROGRAMMER - F.EKS. BSIM - OG BERIGER DEM MED EN RÆKKE EKSTRA PARAMETRE, SOM PÅVIRKER TERMISK KOMFORT I RUMMET.

PROCESSEN:

Overordnet er projektet forløbet efter planen, og det er lykkedes at udvikle en velfungerende prototype. Arbejdet er primært udført som et ph.d.-projekt af Mette Havgaard Vorre ved SBI på Aalborg Universitet.

Projektet forløb i fire faser:

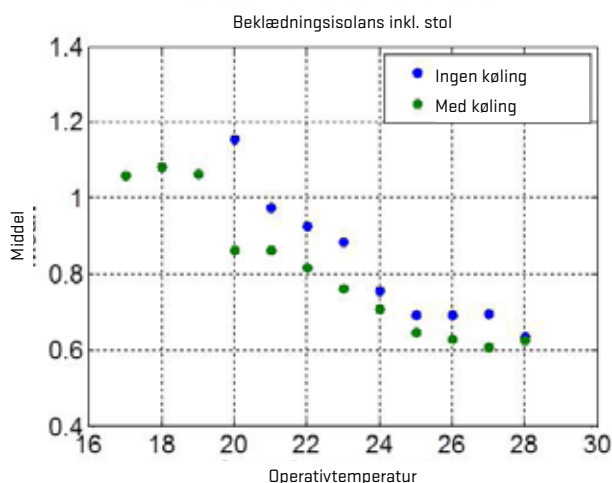
1. Undersøgelse af eksisterende metoder til beregning af termisk komfort i bygninger i

forhold til præcision, håndtering af usikkerhed og valg af parametre.

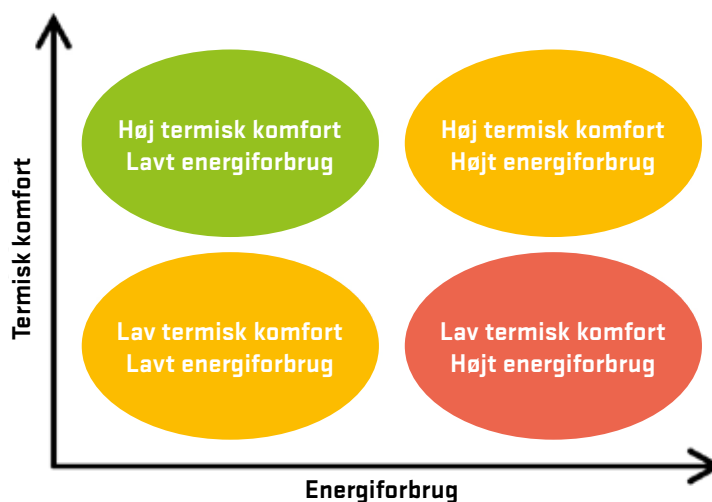
2. Udvalgelse af de ekstra parametre, der bør inddrages i beregningerne for bedre at kunne simulere den termiske komfort. Sammenhængen mellem indetemperatur og beklædning er et eksempel herpå (se figur 1).

3. Udvikling af metoder for simulering af hvert af de tre udvalgte parametre: Beklædning, lufthastigheder og strålingsudveksling mellem mennesker og flader.

4. På baggrund af resultaterne udvikle et værktøj, der kan beregne den termiske komfort under hensyn til givne usikkerheder og variationer.



Figur 1. Ud fra målinger fra 66 bygninger verden over er den viste sammenhæng mellem indetemperatur og beklædning fundet (data fra det internationale RP884 projekt). Disse data benyttes i programmet til at estimere, hvor meget beklædning personer i et rum har på.



Figur 2. Det er ikke i sig selv svært at lave en bygning med enten høj komfort ELLER lavt energiforbrug, men fremtidens bygninger skal gerne have begge dele, og det stiller krav til designet.

RESULTATER:

Resultatet af projektet er en prototype til et værktøj, der ud fra simuleringer kan beregne den termiske komfort i en bygning.

Indtil nu har man i beregningerne brugt en enkelt temperatur for et helt rum og altså mere eller mindre bestemt den termiske komfort ud fra ét punkt for hver time i året.

Eksisterende simuleringssprogrammer for bygninger tager ikke hensyn til vandrette temperaturgradienter i et rum eller lokale områder med høje eller lave strålingstemperaturer. Som supplement til de termiske beregninger, er det derfor ofte nødvendigt at gennemføre kostbare CFD-simuleringer til vurdering af lokale temperatur- og luftstrømningsfænomener.

Figur 3 viser indeklimakategorien vurderet ud fra den globale termiske komfort og den lokale termiske diskomfort.

Der er udviklet metoder til beregning af beklædningsniveau, lufthastigheder og strålingsudveksling til en person og mellem flader. Samtidig er der udviklet en metode til håndtering af de usikkerheder og variationer, der altid vil knytte sig til simuleringer af termisk komfort (se figur 4).

Metoderne er efterfølgende samlet i en MatLab-kode i en tidlig prototype, der på baggrund af resultater fra BSim kan beregne den termiske komfort i et gitter i rummet. Værktøjet kan bl.a. simulere, hvordan den termiske komfort vil være forskellige steder i rummet

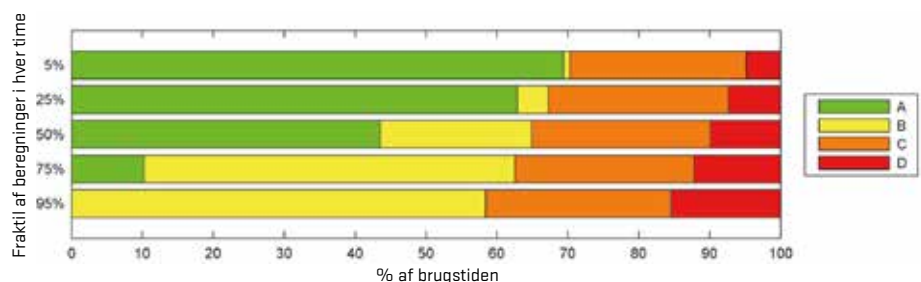
afhængig af, hvor og hvornår en person opholder sig der – eksempelvis for en bestemt kontorplads over et år (se figur 5).

Samtidig er der givet en række forslag til, hvordan resultaterne kan præsenteres, så de viser den grad af usikkerhed, der knytter

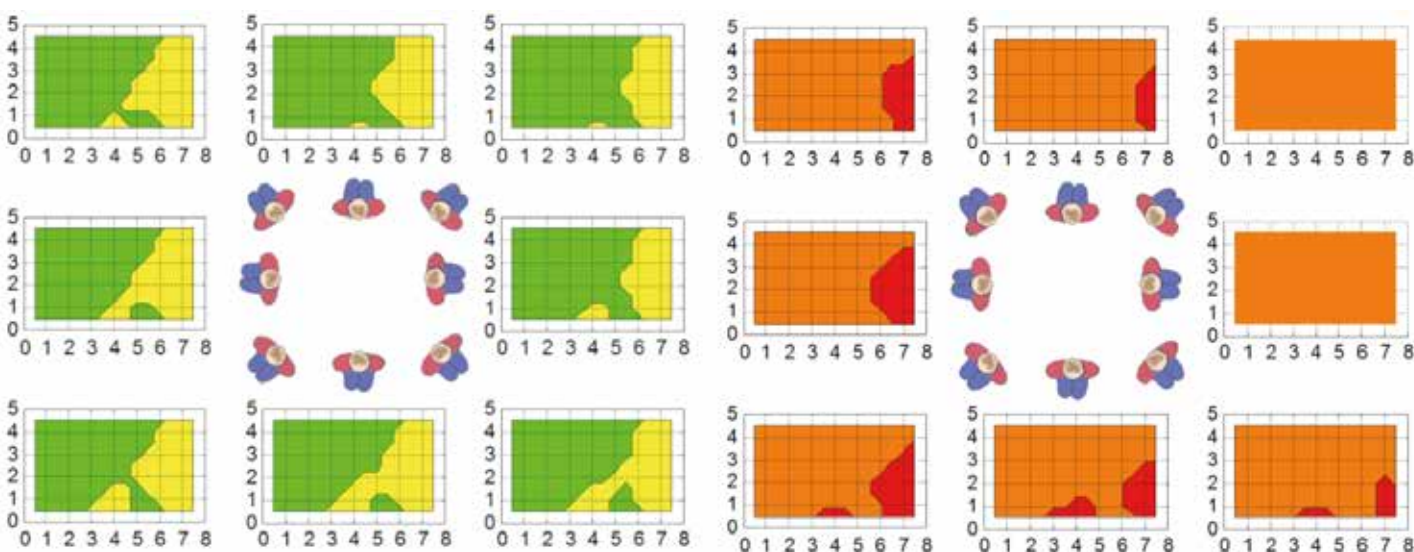
sig til dem. Denne usikkerhed er vigtig at få med, da resultaterne kan danne grundlag for fejlagtige konklusioner, hvis de tages for pålydende.

Indeklima-kategori	Global termisk komfort			Lokal termisk diskomfort		
	PMV	PPD	DR	Lodret temperatur-gradient	PD forårsaget af:	
					Gulvtemperatur	Strålings-asymmetri
		%	%	%	%	%
A	$-0,2 < PMV < 0,2$	< 6	< 10	< 3	< 10	< 5
B	$-0,5 < PMV < 0,5$	< 10	< 20	< 5	< 10	< 5
C	$-0,7 < PMV < 0,7$	< 15	< 30	< 10	< 15	< 10
D	$0,7 \geq PMV \geq 0,7$	≥ 15	≥ 30	≥ 10	≥ 15	≥ 10

Figur 3. Den termiske komfort i hvert enkelt punkt bestemmes ud fra de fem parametre, der udgør den globale komfort (lufttemperatur, middelstrålingstemperatur, lufthastighed, luftfugtighed, personers beklædning og aktivitetsniveau) og lokal diskomfort (træk, koldt/varmt gulv, strålingstemperaturforskel eller temperaturforskel mellem hoved og fødder), og placeres i en af de fire klasser for indeklimaet. Indeklimakategorierne er opstillet i den europæiske standard 7730. Alle krav i en indeklimakategori skal overholdes. Kategori A er bedst. PMV = Predicted Mean Vote. PPD = Predicted Percentage Dissatisfied. DR = Draught Rate. PD = Percentage Dissatisfied.



Figur 4. Figuren viser fordelingen af timer i de forskellige indeklimakategorier. For at tage højde for usikkerheder i beregningerne, køres alle beregninger igennem flere gange. Øverste blok viser resultaterne af de 5 % bedste beregninger for hver time – også kaldet 5 % fraktilen. Derefter ses 25 %, 50 %, 75 % og 95 % fraktilen. Ud fra fraktilerne kan beregningernes robusthed vurderes.



Figur 5. Komfortforholdene, som de fordeler sig, i et rum set oppe fra. Forholdene er beregnet for otte forskellige placeringer af en siddende person, da f.eks. et koldt vindue vil føles forskelligt afhængigt af hvilken del af kroppen, der vender mod det. Til venstre ses beregningerne for en vinteruge og til højre for en sommeruge. Af figurene kan det ses, at der er bedst indeklima i den venstre del af rummet, mens der i den højre er større problemer, fordi der er nogle store vinduespartier, som både kan give anledning til træk og strålingsasymmetri for personer, der opholder sig her.

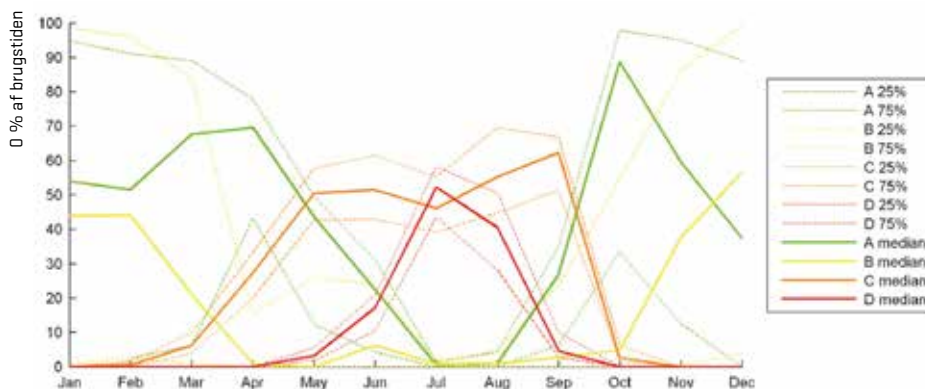
EFFEKT:

Dårlig termisk komfort rummer en risiko for et øget energiforbrug, da brugerne ofte griber til selvtaget og f.eks. skruer op for varmen, hvis de fryser. Når vi kan arbejde ud fra et totalbillede af de termiske forhold, kan vi bedre skabe bygninger, der bruger energien optimalt i forhold indeklimaet. Med beregningsværktøjet kan vi lettere løse den udfordring, det er skabe en bygning med lavt energiforbrug og høj termisk komfort.

I praksis kan man nu hurtigt og præcist beregne termisk komfort i hele rummet for alle timer af året. Derved kan man forudsige, hvor og hvornår der er risiko for problemer og dermed fange dem allerede i designfasen af en bygning. Værktøjet giver mulighed for at

zoome ind på de rigtige steder og tidspunkter og ud fra mere detaljerede simuleringer for disse ændre udformningen af det givne om-

råde i bygningen. Figur 6 viser et eksempel på, at indeklimaet kun ligger i Klasse C og D om sommeren.



Figur 6. Grafen til højre viser andelen af timer i hver kategori, for hver måned i året. I juli ses det f.eks., at der i godt 50 % af månedens timer er termisk indeklima i klasse C, mens de resterende er i klasse D. De fuldt optrukne linjer viser 50 % fraktilen, mens de stiplede viser henholdsvis 25 % og 75 % fraktilen af de repeterede beregninger. I det viste eksempel er den termiske komfort størst i forår og efterår, mens der er problemer med indeklimaet i sommermånederne.

Projektledelse:

Søren Aggerholm

SBI - Statens Byggeforskningsinstitut v/
Aalborg Universitet

A.C. Meyers Vænge 15
2450 København SV

E-mail: soa@sbi.aau.dk

Web: sbi.dk

Projekter:

Titel: Avancerede termiske modeller til
energieffektivt bygningsdesign

Nr. 342-064

PSO Program 2010

Budget i alt: 2.578.920 kr.,

hvoraf 809.220 kr. i tilskud fra Dansk Energi

Tidsplan: 1. kvartal 2010 - 1. kvartal 2016

Programkoordinator:

Jørn Borup Jensen

Dansk Energi

Vodroffsvej 59

1900 Frederiksberg C

Telefon: 35 300 934

E-mail: jbj@danskenergi.dk

Web: www.elforsk.dk

HVORDAN PROJEKTRESULTATERNE KAN BRUGES I PRAKSIS!

Udviklingen af beregningsværktøjer, der hurtigt og præcist løser en konkret udfordring, er en velkendt og effektiv måde til at understøtte byggebranchens arbejde med at leve op til de stadig strengere krav om energioptimerede byggerier.

Projektet har taget de første skridt mod et beregningsværktøj, der giver rådgivere mulighed for at lave mere valide og velunderbyggede energiberegninger – og dermed bedre mulig-

hed for at udvikle energieffektive bygninger med et godt indeklima. Samtidig vil de detaljerede beregninger i nogle tilfælde betyde, at man sparer ekstraudgiften til kostbare CFD-simuleringer.

Hvis det bliver muligt at integrere prototypen i et eller flere simuleringværktøjer til byggerier, kan den nå bredt ud og gøre en stor forskel på et område, der længe har haft behov for at få opgraderet sine mål og metoder.

VÆRKTØJET KAN GIVE ET TOTALBILLEDE AF DE TERMISKE FORHOLD I ET RUM, HERUNDER OMRÅDER, HVOR DER ER RISIKO FOR LOKAL DISKOMFORT.



STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT
AALBORG UNIVERSITET KØBENHAVN