

Diskussion af indeklimakrav for lavenergiboliger

Problemer med overophedning i lavenergiboliger har medført indførelse af indeklimakrav i bygningsreglementet. Men er disse krav fornuftige og relevante, og er de valgte indeklimakrav den optimale metodik?

I artiklen ”Konsekvensen af indeklimakrav for lavenergiboliger” i HVAC nr. 4 præsenterede vi resultaterne af vores afgangsprøve, hvor vi har undersøgt energiforbruget og det termiske indeklima for en typehus-bolig. Vi fokuserede i artiklen på indeklimatest og beskrev først og fremmest, hvorledes Bygningsreglementet fra og med lavenergiklasse 2015 stiller krav til det termiske indeklima for boliger om maks. 100 timer om året med en operativ temperatur over 26 °C og maks. 25 timer over 27 °C. Dernæst beskrev vi, hvorledes det for det pågældende typehus kun er muligt at overholde disse

fremtidens boligbyggeri at skulle overholde både skærpede krav til energiforbruget og det nye krav til termisk indeklima. Endeligt beskrev vi i artiklen, hvordan der er flere problemstillinger i forhold til indeklimakravenes udformning, og med baggrund heri har vi stillet spørgsmålet, om indeklimakravene i BR10 er fornuftige og overhovedet relevante for boliger?

Hvorfor anderledes indeklimakrav?

Indeklimakravet i Bygningsreglementet gældende fra og med lavenergiklasse 2015 stiller som

elementer i dette krav, som kan diskuteres. Først og fremmest er kravet en de facto-regel, som i dag bliver brugt i erhvervsbyggeri, men meget sjældent i boligbyggeri (før vedtagelsen af lovkravet om indeklima i BR10). Dernæst er en indendørs temperatur på 26 °C eller derover helt almindelig mange steder på jorden, og hvorfor skal kravet så være mere striks i boliger i Danmark om sommeren? Ligeledes er der en problemstilling omkring, at operativ temperatur er den eneste parameter, der definerer termisk komfort i de nuværende indeklimakrav, selvom der er mange andre parametre, som påvirker menneskets termiske komfort (for eksempel beklædning, aktivitetsniveau, lufthastighed m.m.). Som nævnt i artiklen i HVAC nr. 4 mener vi, at PMV (Predicted Mean Vote) er en bedre metode til evaluering af termisk komfort i boliger.

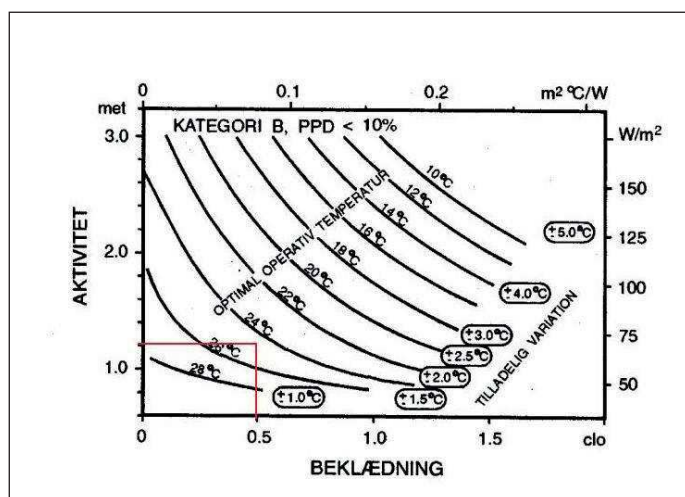
Det termiske indeklima

PMV, som bygger på Fangers komfortligning, er en metode til at undersøge det termiske indeklima ved at fastlægge inden for eksempelvis hvilket temperaturinterval en person med givne forudsætninger vil føle termisk komfort. Ved at fastlægge dette temperaturinterval for den operative temperatur ved brug af PMV tages der hensyn til beklædning, aktivitetsniveau, lufthastighed m.m. Disse tre nævnte parametre er vigtige parametre i forhold til

at fastlægge forskellen på, hvornår der opnås termisk komfort i henholdsvis kontorbyggeri og boliger og således også vigtige i forhold til at vurdere, om indeklimakravene for lavenergiboliger er rimelige. Helt grundlæggende vil der for en sommersituation i boliger være en større frihedsgrad gældende disse parametre. Hvis en beboer i en bolig har det for varmt, vil denne kunne ændre på sin beklædning (foreksempel gå i shorts og t-shirt), ændre sit aktivitetsniveau (for eksempel ligge ned og slappe af) samt åbne vinduer og/eller døre. Dette er muligt i en bolig, da man her ikke på samme måde skal tage hensyn til andre personer, som det er tilfældet i for eksempel et storrumskontor.

Forslag til nyt termiske toleranceinterval

I vores afgangsprøve har vi beregnet, hvordan et mere retvisende indeklimakrav for lavenergiboliger vil kunne se ud. Dette er gjort ud fra forudsætninger omkring de ovenfor nævnte parametre, der er vigtige for en beregning af en maksimal acceptabel temperatur i henhold til PMV for en sommersituation. Indledningsvis er temperaturintervallet for de nuværende indeklimakrav i BR10 blevet vurderet. Anvendes der værdier svarende til indeklimaklasse B i forhold til DS/CEN/CR 1752 ”Ventilation i bygninger, Projekteringskriterier for indeklimaet”; det vil sige en isolans af beklædningen ▶



Figur 1. Graf over optimal operativ temperatur, afhængig af aktivitetsniveau og beklædning. Grafen er gældende for en lufthastighed $\leq 0,1$ m/s. Temperaturen aflæses til 24,8 °C og lægges der 1,5 °C til jævnt for figuren fremkommer 26,3 °C, som også svarer til den beregnede temperatur.

krav til det termiske indeklima for lavenergiboliger ved at bruge mekanisk køling samt, at det bliver en generel udfordring for

nævnt krav om maks. 100 timer om året med en operativ temperatur over 26 °C og maks. 25 timer over 27 °C. Der er flere

▷ Diskussion af...

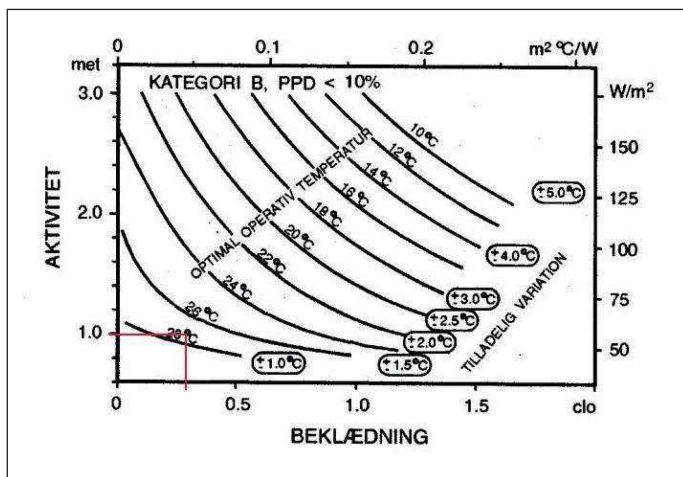
Fortsat

på 0,5 clo, et aktivitetsniveau på 1,2 met og en lufthastighed på 0,1 m/s, fås der ved PMV-beregning en maksimal tilladelig temperatur på 26,3 °C (se figur 1). Dette stemmer godt overens med de 26 °C, der bruges i det nuværende indeklimakrav i BR10.

Herefter udføres der en PMV-beregning med værdier svarende til forudsætninger, vi mener, er rimelige at antage for en bolig. For en sommersituation antages det, at en person i en bolig vil have en lavere isolans af beklædning i forhold til for kontorer. Der er valgt at regne med en isolans af beklædningen på 0,3 clo svarende

menteres for, at en beboer i en bolig ved høje udetemperaturer vil nedsætte sit aktivitetsniveau i forhold til, hvis udetemperaturen var lavere. Derudover kan der argumenteres for, at aktivitetsniveauet og beklædningsisolansen er omvendt proportionale; det vil sige forøges aktivitetsniveauet vil man have en lavere isolans af beklædningen. Med hensyn til lufthastighed, er der bibeholdt en hastighed på 0,1 m/s. Denne forudsætning er at regne på den sikre side, da en beboer i en bolig som nævnt højst sandsynligt vil åbne vinduer og/eller døre på en varm sommerdag, hvilket vil medføre større lufthastigheder. Det kan dog være svært at fastlægge denne parameter, hvorfor de 0,1 m/s er bibeholdt.

Ved brug af de nye forudsætninger vedrørende beklædning og aktivitetsniveau, som svarer til rimelige forudsætninger, når der er tale om boliger, fås der ved PMV-beregning en maksimal tilladelig temperatur på 28,3 °C (se figur 2). Det vil sige, at en person i en bolig stadig vil være



Figur 2. Graf over optimal operativ temperatur, afhængig af aktivitetsniveau og beklædning. Grafen er gældende for en lufthastighed ≤ 0,1 m/s. Temperaturen aflæses til 27,3°C og lægges 1 °C til jævnfør figuren fremkommer 28,3 °C, som også svarer til den beregnede temperatur.

til t-shirt og shorts. Derudover antages det, at der kan regnes med et lavere aktivitetsniveau end for kontorer. Der er valgt at regne med et aktivitetsniveau på 1,0 met svarende til siddende, afslappet aktivitetsniveau. Dette valg er taget med baggrund i, at der kan argu-

i termisk komfort, selvom den operative temperatur i boligen er på 28 °C. Bibeholdes tolerancekra- vet på maksimalt 100 timer (over komfortniveau) og anvendes disse 28 °C som erstatning for de 26 °C, der bruges i de gældende indeklimakrav, fås der et ændret indekli-

Om denne artikel

Dette er den anden af to artikler udarbejdet i forbindelse med et afgangprojekt som afslutningen af uddannelsen som diplomingeniører ved Ingeniørhøjskolen i Århus. De studerende er Ann Lønbæk Sandvang Pedersen og Henriette Smedegaard Rasmussen. Vejleder: Civilingeniør Ph.d. Kasper Lynge Jensen fra Alectia A/S.

Den første artikel omhandler konsekvensen af de nye indeklimakrav til lavenergiboliger. Denne artikel diskuterer om de nye indeklimakrav er fornuftige og relevante samt om de valgte indeklimakrav er den optimale metodik. Spørgsmål og debat vedrørende artiklerne kan foregå på Indeklimabloggen – Det Gode Indeklima (www.detgodeindeklima.dk)

makrav, som lyder på maks. 100 timer om året med en operativ temperatur over 28 °C og maks. 25 timer over 29 °C (de 29 °C erstatter altså de 27 °C i det gældende indeklimakrav). Det er vigtigt at pointere at overstående forslag til et nyt termisk toleranceinterval er funktionel når udetemperaturen er høj nok til at folk vil ændre beklædning og aktivitetsniveau. I diverse standarder (for eksempel DS/CEN/CR 1752) er sommersituationen, når folk har et beklædningsniveau på 0,5 clo. Hvornår dette er på året er ikke nærmere defineret i standarderne.

Betydning for ventilationsløsning

I vores afgangprojekt så vi herefter på, hvilken betydning det vil have for den specifikke typehus-bolig, hvis det antages, at det i stedet for at skal overholde det gældende indeklimakrav for lavenergiboliger i BR10 "kun" skal overholde det nye, ændrede indeklimakrav på maks. 100 timer over 28 °C og 25 timer over 29 °C. Resultatet viste, at der er stor forskel på, hvor stort et luftskifte, der er nødvendigt i boligen alt efter hvilket indeklimakrav, der

søges overholdt. I tabel 1 ses det, at det nye, ændrede indeklimakrav overholdes ved et luftskifte på 1,2 /h, hvor det var nødvendigt med et luftskifte på 20 /h for at overholde det gældende indeklimakrav, hvis ikke der blev brugt mekanisk køling. Det høje luftskifte er primært for at overholde kravet om maks. 25 timer over 27 °C og ikke for at overholde maksimalt 100 timer over 26 °C. Luftskiftet på 20 /h er et urealistisk højt luftskifte, og derfor blev der som nævnt i indledningen anvendt mekanisk køling for at overholde de gældende indeklimakrav, men med de nye, ændrede indeklimakrav kan boligen opføres som lavenergibolig uden at skulle investere i et meget energikrævende køleanlæg.

De fundne resultater i forhold til nødvendigt luftskifte er som nævnt resultater fra vores afgangprojekt, hvor der er regnet for én bestemt typehus-bolig. Ses der dog på udarbejdelsen af et mere rimeligt og lempet indeklimakrav er resultatet en generel betragtning for lavenergiboliger. Det er således værd at tænke over, at det har store konsekvenser for måden, hvorpå lavenergiboliger skal opføres i fremtiden, hvis der tages hen-

▷ Diskussion af...

Fortsat

Nødvendigt luftskifte	
Krav fra bygningsreglementet	Krav beregnet ud fra PMV
[/h]	[/h]
20	1,2

Tabel 1. Nødvendigt luftskifte.

syn til, at en beboer i en bolig vil acceptere samt være i termisk komfort ved højere temperaturer. Resultaterne i vores afgangspjekt tyder på, at der skal tænkes helhedsorienteret, når fremtidens bolig skal opføres. Her kan nævnes muligheden for en øget mængde naturlig ventilation kombineret med udvendig solafskærmning, hvilket formentlig vil medføre, at boligerne bliver mere tekniske, hvilket endvidere sætter krav til brugerne af boligen.

gen. Her vil eventuel overstyring fra brugernes side være en risikofaktor, som også skal tages i betragtning. Vælger man derimod at opføre boligerne med lav termisk masse, ingen automatisk solafskærmning og styret luftskifte, vil der være risiko for, at et mekanisk køleanlæg ikke kan undgås for at overholde de nye indeklimakrav jævnfør BR10.

Ikke tradition for køling

Der er i boliger i Danmark ikke

tradition for at anvende køling, og derudover medfører brugen af mekanisk køling et markant forøget energiforbrug, hvilket er i strid med Bygningsreglementets ønske om også at nedsætte bygningernes energiforbrug. Dette øget energiforbrug skal så kompenseres af for eksempel et solcelleanlæg for at overholde energirammen for lavenergiboliger. Anvendes der mekanisk køling i en bolig skal der ligeledes tænkes på, at det vil medføre, at beboerne i boligen skal ændre deres adfærd i henhold til åbning af vinduer og/eller døre, da dette vil kunne medføre et forøget kølebehov, når der trækkes frisk luft ind, som er varmere end indetemperaturen, samt at prisen for boliger bliver fordyret. Hvordan den ideelle løsning for fremtidens bolig ser ud, er svært at vurdere. Det er dog et faktum, at kravene til det termiske indeklima, som de ser ud i dag, vil være svære at overholde for lavenergiboliger, hvilket blandt andet ses i undersøgelser foretaget på komforthusene af Tine S. Larsen [1]. I denne rapport beskrives det således, hvordan størstedelen af de opførte lavenergiboliger ikke overholder indeklimakravene i BR10 samt at flere boliger heller ikke kan overholde kravene hvis der tages hensyn til en afvigelse på 5 %. Der er ingen tvivl om, at det er godt, at der bliver stillet krav til det termiske indeklima; spørgsmålet er så om kravene er de rigtige.

dret indeklimakrav ved brug af PMV. Der er dog andre og flere måder, hvorpå man kan regne sig frem til, om en person føler sig i termisk komfort. Her kan nævnes den adaptive komfortmodel, der tager højde for, at en person, der selv har mulighed for at ændre på sit indeklima, kan acceptere en højere indeklimatemperatur, når temperaturen er høj udenfor. I afgangspjektet på Aalborg Universitet: ”Langtidsevaluering af termisk komfort: Komfortindikatorer og menneskelig aktivitet” skrevet af Rasmus Laurrup og Steffen Maagaard, laves en detaljeret sammenligning af de forskellige termiske komfortmodeller [2]. En af konklusionerne var blandt andet at PMV beregningen under danske forhold var den bedste komfortmodel til at vurdere termisk komfort i forhold til de andre undersøgte modeller. Derfor er der i vores afgangspjekt valgt at bruge PMV og Fangers komfortligning til at beregne komforttemperaturer i boliger.

[1] T.S. Larsen, R.L. Jensen, O. Daniels: Komforthusene – målinger og analyse af indeklima og energiforbrug i 8 passivhuse 2008-2011, DCE Technical Report No. 126, Aalborg Univeristet, 2012.

[2] S. Maagaard, R. Laurrup: Langtidsevaluering af termisk komfort: Komfortindikatorer og menneskelig aktivite, Aalborg Universitet, 2008.

Andre termiske komfortmodeller

I vores afgangspjekt, har vi som nævnt udarbejdet et æn-

BUILDING EXPERTS
The expert initiative with valuable tips.
www.buildingexperts.info

Hjernen i din bygning

Få mest muligt ud af din bygning ved at integrere alle tekniske applikationer lige fra varme, ventilation, air conditioning til lys, solafskærmning etc. Med AX-Integration kan du styre og optimere energieffektivitet, komfort og driftsomkostninger på en enkelt måde via en internetbrowser.

CENTRALINE
by Honeywell

Integrationsplatform HAWK Betjeningsenhed med ARENA^{AX}

close to you

CentraLine · Honeywell A/S · 2900 Hellerup · Telefon: 39 55 55 55
danmark.ecc@honeywell.com · www.centraline.dk