

Technical University of Denmark



## Simulering af indeklima og energiforbrug i lavenergibyggeri

**Toftum, Jørn**

*Published in:*  
H V A C Magasinet

*Publication date:*  
2011

*Document Version*  
Tidlig version også kaldet pre-print

[Link back to DTU Orbit](#)

*Citation (APA):*  
Toftum, J. (2011). Simulering af indeklima og energiforbrug i lavenergibyggeri. H V A C Magasinet, (9), 34,36.

### 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.

## Simulering af indeklima og energiforbrug i lavenergibyggeri

Georgios Vagiannis, Geo Clausen, Jørn Toftum  
Center for Indeklima og Energi, DTU Byg

EU har udstukket den såkaldte "20-20-20-plan" om 20 % reduktion af drivhusgasser, 20 % mere vedvarende energi og 20 % forbedret energieffektivitet inden år 2020. Bygningers andel af det samlede energiforbrug fylder så meget, at det er oplagt at rette fokus mod bygninger som et middel til at nå disse mål.

Nyere lavenergibyggeri er dimensioneret til at imødekomme energirammerne i det gældende bygningsreglement, bl.a. via større isoleringstykkelser, vinduer med lav U-værdi og bedre udnyttelse af solindfald. Samtidig er bygningerne udført med så høj tæthed, at mekanisk ventilation er nødvendig for at kunne genvinde varmen i ventilationsluften og samtidig opnå den krævede luftudskiftning. Alle tiltagene er indført for at reducere energiforbruget, men de fortsat strammere krav til energiforbruget udgør samtidig en udfordring for indeklimaet.

Med afsæt i en eksisterende lavenergibolig blev der i et DTU Byg eksamensprojekt gennemført en undersøgelse af, hvordan indeklima og energiforbrug varierer med forskellige parametre forbundet med boligens installationer og beboeradfærden. I det følgende beskrives udvalgte af undersøgelsens resultater, der bygger på omfattende simuleringer. Simuleringerne blev gennemført med programmet IDA Indoor Climate and Energy ([www.equa.se/ice](http://www.equa.se/ice)).

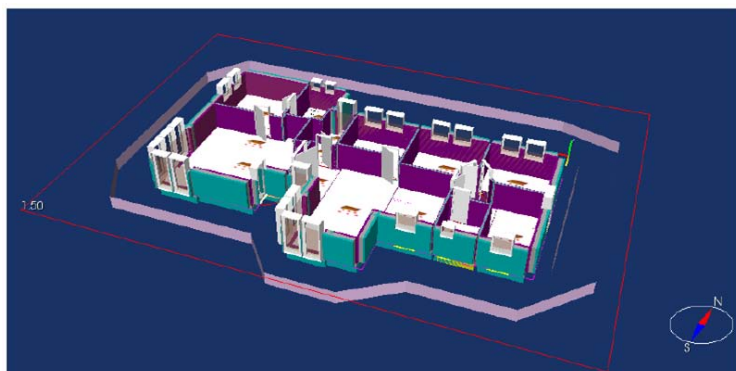
Boligen er en del af "Fremtidens Parcelhuse" projektet i Herfølge, hvor en hel landsby af lavenergiboliger blev opført efter lavenergiklasse 1 eller 2 i henhold til BR06 ([www.fp.fremtidensparcelhuse.dk](http://www.fp.fremtidensparcelhuse.dk)). I perioden 2007 til 2010 blev der gennemført et evalueringsprojekt, som bl.a. havde til formål at vurdere husenes faktiske energiforbrug sammenholdt med det beregnede (Kristensen et al. 2010). I evalueringen indgik også spørgsmål om indeklima og beboernes erfaringer med at bo i lavenergibyggeri. Rapporten fandt bl.a. at det normaliserede energiforbrug i gennemsnit lå 30 % over det forventende i henhold til den energiberegning, der ligger til grund for hvert af de opførte huse, og at der var en del komfortproblemer med overophedning om sommeren og kuldegener eller varierende temperatur om vinteren.

Den betragtede bolig med et areal på 170 m<sup>2</sup> er vist i figur 1. Ventilationssystemet kører med konstant luftmængde på 0.33 l/s m<sup>2</sup>, varmeveksleren antages at have en høj effektivitet på 0.9 og ventilatoren en SEL værdi på 0.4 kJ/m<sup>3</sup>. Disse data blev taget fra designoplægget, der også betragtede personbelastningen svarende til 1.5 W/m<sup>2</sup> som konstant døgnet og året rundt og varmebelastningen fra udstyr til 3.5 W/m<sup>2</sup>. Der er gulvvarme overalt i boligen. Forskellige scenarier, som kort beskrives nedenfor, blev opstillet og simuleret i løbet af et år. Simuleringerne beskriver indeklimaet i samtlige boligens 10 rum, men i det følgende fokuseres særligt på forholdene i den sydvendte stue.

Case 1. Fire personer med et antaget "standard" brugsmønster, d.v.s. familien samlet i stuen morgen og aften, fordelt i soveværelser om natten.

Case 2. Ekstern solafskærmning

Case 3. Ekstern solafskærmning samt introduktion af strategi for åbning af vinduer ved høj temperatur (>25°C)



Figur 1. Skematisk visning af den betragtede bolig. Fra IDA ICE.

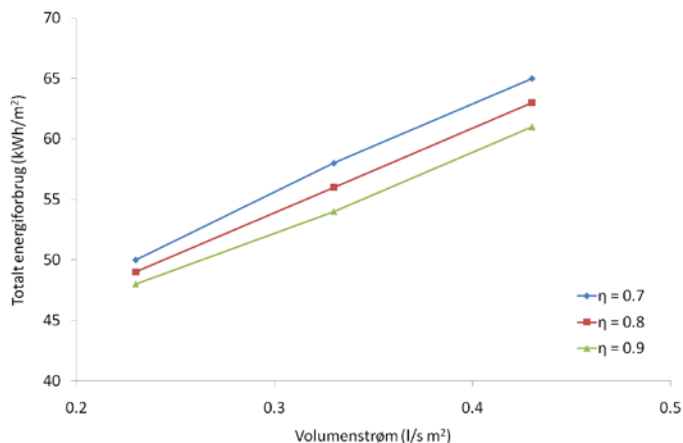
Scenarie	Max temp. (°C)	Max CO <sub>2</sub> (ppm)	Antal timer med t > 26°C	Antal timer med t > 28°C	Totalt energiforbrug (excl. el) (kWh/m <sup>2</sup> )
Designoplæg	31.8	617	1044	311	63
Case 1	32.5	1135	1070	450	55
Case 2	29.6	1135	548	102	56
Case 3	25.3	1135	147	0	56

Tabel 1. Resultater af simuleringer. Indeklimaparametrene gælder for den sydvendte stue mens det totale energiforbrug er for hele boligen.

Designoplæggets antagelse om en konstant personbelastning året rundt forekom urealistisk og derfor anvendtes Case 1 som et bedre udgangspunkt for de videre analyser. Det totale energiforbrug ved simuleringen med designoplægget var i god overensstemmelse den oprindelige BE06 beregning, men betydeligt lavere end det observerede forbrug.

I forhold til designoplægget var energiforbruget til opvarmning lavere i Case 1 fordi varmebidraget fra personer var højere, hvilket også øgede den maksimale CO<sub>2</sub> koncentration og antallet af timer med høje temperaturer. Cases 2 og 3 blev anvendt til at vurdere betydningen af passive teknikker til at nedsætte problemet med overophedning. Dette lykkedes ved at kombinere solafskærmning og udluftning, men siden overophedning betragtes som et fremherskende problem blandt beboerne i bebyggelsen kunne noget tyde på, at selv så simple, men effektive handlinger måske ikke anvendes i tilstrækkeligt omfang.

Figur 2 viser betydningen for energiforbruget (excl. el) af volumenstrømme højere og lavere end den nominelle ved forskellige vekslereffektiviteter.



Figur 2. Sammenhæng mellem volumenstrøm, veksler-effektivitet og totalt energiforbrug (excl. el til lys og andet udstyr).

Hvor transmissionstabet tidligere dominerede, udgør ventilationstabet i lavenergibyggeri med de isoleringstykkelser, der anvendes her, en større og større andel af det samlede varmetab. I den betragtede bolig opnås en reduktion i energiforbruget på ca. 7-8% per 0.1 l/s m<sup>2</sup> reduktion i ventilationsanlæggets volumenstrøm.

Samlet set kunne simuleringerne bekræfte, at høje temperaturer hyppigt forekom i sommerperioden, men at det var muligt med simple foranstaltninger at reducere antallet af timer med overtemperatur. Beboeradfærd er imidlertid vanskelig at styre, og ikke mindst er det vanskeligt at simulere, hvordan beboerne i en given bolig vil reagere på indeklimaets påvirkninger, og hvordan reaktionen vil påvirke energiforbruget. Analyser som de her gennemførte kan give et fingerpeg om, hvordan indeklima og energiforbrug varierer med forskellige antagelser om installationer og beboeradfærd. Analyserne er naturligvis ikke begrænset til lavenergiboliger, men formentlig er betydningen for indeklima og energiforbrug af de undersøgte faktorer her større.

#### Reference

Kristensen, L., Jensen, O. M., Knudsen, H. N., Rasmussen, T. V., Bergsøe, N. C., Kragh, J., Arvedsen, H. & Olsen, T. 2010. Erfaringsopfølgning på lavenergibyggeri klasse 1 og 2: - med "Fremtidens Parcelhuse" som eksempel. Det Grønne Hus.