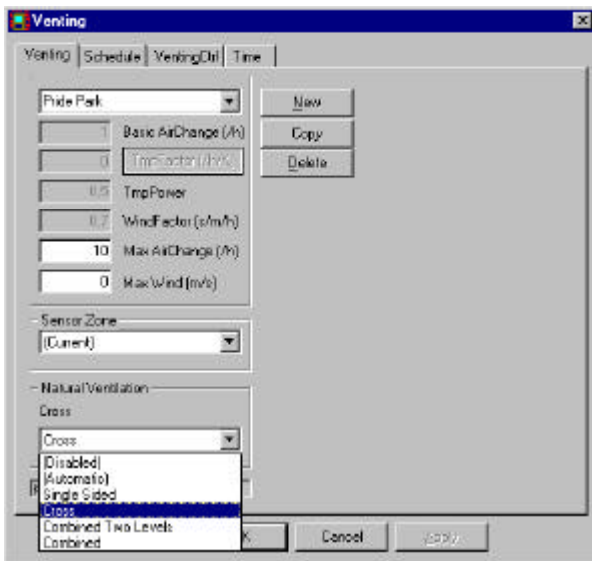


Naturlig Ventilation i BSim2002

Af Alice Andersen og Mette Havgaard, WindowMaster A/S samt Karl Grau, Statens Byggeforskningsinstitut.

BSim2002 er blevet udvidet med et modul til simulering af naturlig ventilation. Indeklimaet i en naturlig ventileret bygningen kan dermed simuleres, idet luftskiftet til enhver tid afhænger af de aktuelle inde- og udeklimaforhold. WindowMaster A/S har samarbejdet med By og Byg omkring validering og afprøvning af beregningsværktøjet.

Det nye modul er implementeret i BSim, som en del af systemet Venting (udluftning), der kan tilknyttes den enkelte termiske zone (se figur 1). Under naturlig ventilation er det muligt selv at vælge hvilket ventilationsprincip, der skal regnes med eller at lade BSim vælge automatisk. BSim foreslår i begge tilfælde et ventilationsprincip ud fra de udvendige åbnings placering i rummet.



Figur 1. Skærmbillede af BSim venting med mulighed for valg af naturlig ventilation.

Valideringen af beregningsværktøjet er foretaget både i forhold til teoretiske håndberegninger og i forhold til praktiske målinger fra en kontorbygning med naturlig ventilation.

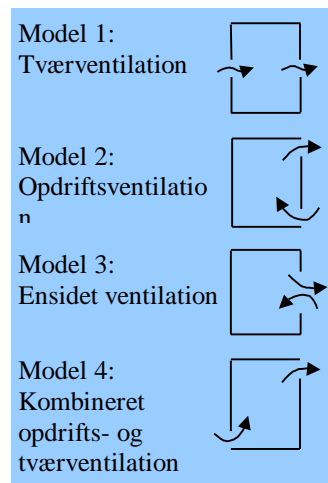
Validering i forhold til håndberegninger

I 2002 udkom *By og Byg Anvisning 202: Naturlig ventilation i erhvervsbygninger, Beregning og dimensionering* (Terpæger m.fl., 2002). Heri er angivet formler for

beregning af luftmængder ved naturlig ventilation. Det er disse formler, der ligger til grund for de beregninger der udføres af BSim. For beregninger af ensidig ventilation gennem en enkel åbning, er der i BSim foretaget en mindre omskrivning af formlerne, ligesom der for beregninger af ren opdriftsventilation er tilføjet et led der tager højde for vindens indflydelse på ventilationen.

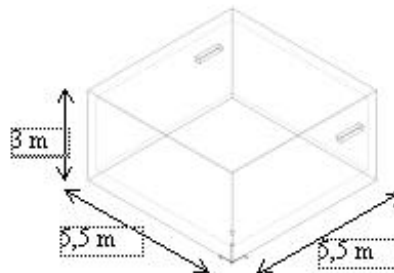
For at sikre at beregningsgrundlaget er korrekt, har første del af valideringen bestået i at sammenligne håndberegnete luftmængder med luftmængder beregnet med BSim.

Sammenligningen er foretaget for fire grundlæggende ventilationsprincipper, som vist i figur 2.



Figur 2. De fire ventilationsprincipper der er valideret.

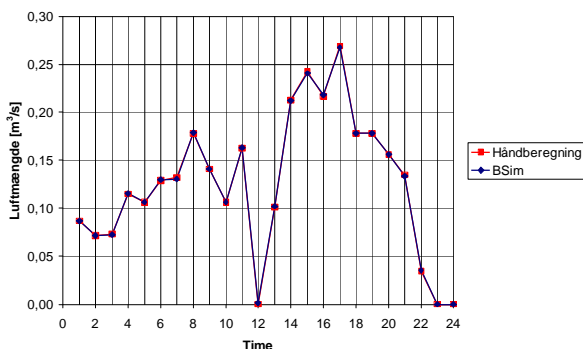
Det er valgt at benytte meget simple modeller, for på en enkel måde at verificere de forskellige grundlæggende ventilationsprincipper. I figur 3 ses den opbyggede model 1.



Figur 3. Beregningsmodellen, der er opbygget i BSim til tværv ventilation (cross ventilation, model 1).

Sammenligning mellem håndberegninger og beregningerne foretaget med BSim viser en god overensstemmelse.

De beregnede luftmængder for model 1, som har ren krydsventilation, er vist i figur 4. Figuren viser timeværdier for luftmængderne beregnet med håndberegninger og BSim d. 3. juli. Som det ses er der fuldstændig overensstemmelse mellem beregningerne.



Figur 4. Luftmængder beregnet med BSim sammenlignet med håndberegninger.

Generelt er der god overensstemmelse mellem de luftmængder der beregnes i hånden, og luftmængderne beregnet af BSim for alle fire beregningsmodeller. For de tre øvrige modeller er afvigelserne mellem håndberegninger og BSim under 5 % i langt hovedparten af timerne.

Mindre forskelle mellem beregningerne kan bl.a. skyldes, at BSim foretager mindst to beregninger over en time og viser middelværdien, mens der med håndberegningerne kun er foretaget en enkelt beregning for hver time.

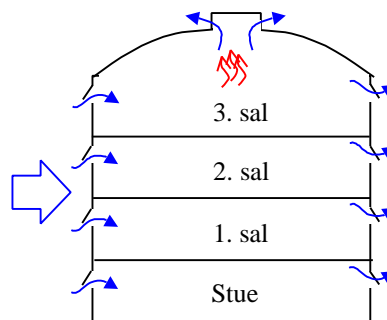
Validering i forhold til målinger i kontordomicil

Valideringen i forhold til praksis er foretaget for en IT-kontorbygning "Pride Park" beliggende i Derby cirka 50 km nord for Birmingham i England.

I figur 5 ses bygningen og i figur 6 ses det overordnede ventilationsprincip.



Figur 5. Pride Park huser en IT-virksomhed og ligger i Derby i England.

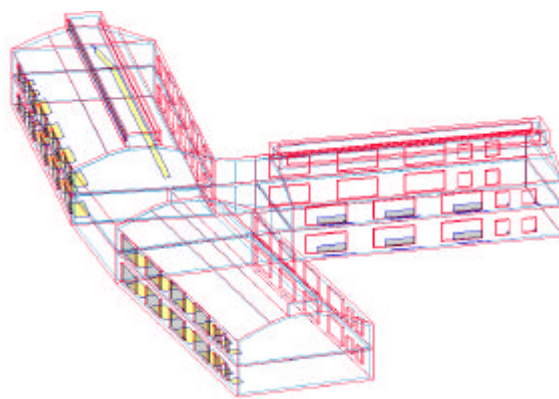


Figur 6. Ventilationsprincippet i bygningen Pride Park.

Den naturlige ventilation i bygningen foregår via højt placerede vinduer i bygningens facader, som styres af et intelligent styresystem udviklet af WindowMaster A/S. I forbindelse med styringen logges forskellige parametre for ude- og indeklimaforhold, som ligger til grund for den praktiske validering.

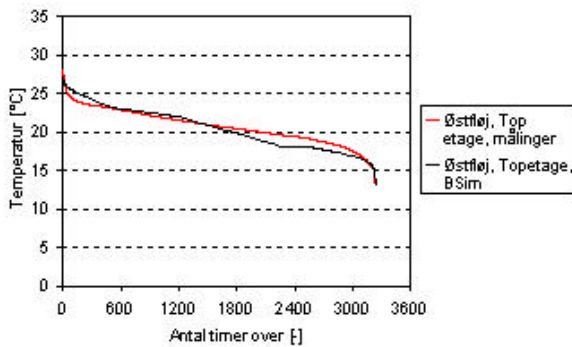
I valideringen er der i BSim-beregningerne anvendt Meteororms (Meteororm, 2000) vejrdata fra Birmingham for et typisk referenceår. Sammenligninger af referenceåret med målingerne af vinden og udetemperaturen på taget af bygningen viser god overensstemmelse, og referenceåret vurderes derfor at være et realistisk beregningsgrundlag for sammenligningen.

Bygningen består af tre sidefløje. I beregningerne er det valgt at kigge på de to øverste etager i bygningens nord- og østfløj, eftersom de to etager repræsenterer to forskellige ventilationsprincipper og de to længer har forskellige orienteringer. I figur 7 ses den tredimensionale beregningsmodel.



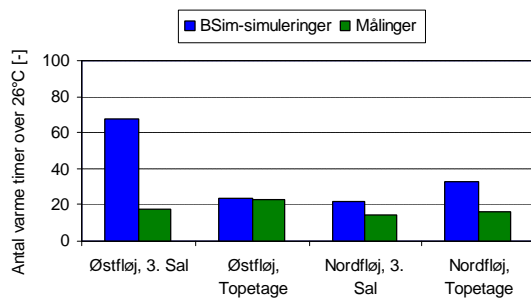
Figur 7. Beregningsmodel af Pride Park i BSim.

I figur 8 sammenlignes timestatistikker beregnet med BSim og de målte temperaturer på topetagen i den østlige længe.



Figur 8. Sammenligning af timestatistikker for inde-temperaturen i topetagen i østfløjen af bygningen.

Figur 9 viser antallet af timer over 26°C for de fire zoner der er foretaget BSim-simuleringer af. Med blå ses antallet af timer beregnet med BSim og med grønt er det målte antal vist.

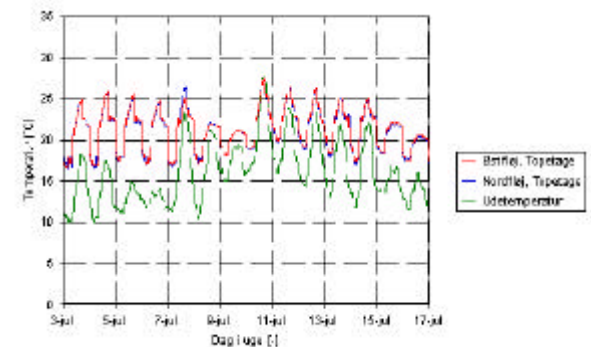
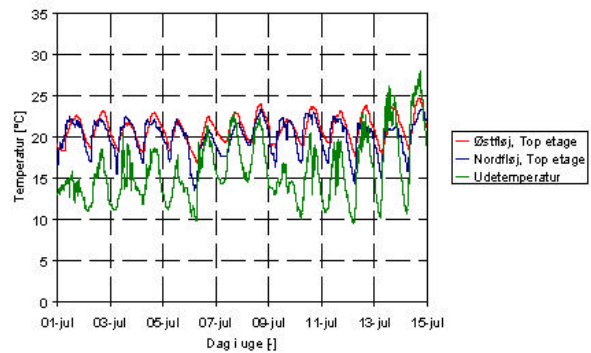


Figur 9. Sammenligning af de beregnede og målte antal timer over 26°C i bygningens brugstid for de fire termiske zoner.

Som det ses af figur 9 opfylder antallet af timer over den anbefalede grænse på 100 timer i DS474 (DS474) i alle zoner både ifølge beregningerne og målingerne. Den største forskel findes på 3-sal i østfløjen, hvor afvigelsen svarer til under 3% af det totale antal timer i brugstiden. For de øvrige zoner er forskellene endnu mindre. Generelt regner BSim på den ”sikre side” i alle zoner, hvilket er positivt.

I figur 10 sammenlignes de simulerede og målte temperaturer på topetagen i løbet af 14 sommerdage, hvor udeklimaet har cirka samme variationer i udetemperaturen som referenceåret.

Temperaturerne beregnet med BSim og målingerne foretaget i bygningen viser forholdsvis ens forløb for de enkelte dage, dog er udsvingene i BSim lidt større, hvilket bl.a. kan skyldes, at der i modellen ikke tages hensyn til den termiske masse fra inventar. I betragtning af at simuleringerne er foretaget i en tilnærmet beregningsmodel, vurderes resultaterne at stemme godt overens med praksis.



Figur 10. Temperaturerne i to uger i juli. Øverst de målte temperaturer og nederst de simulerede temperaturer. Der er udvalgt to uger som har cirka samme variationer i udeklimaet som referenceåret.

Tillægsmodul

Modulet for beregning af naturlig ventilation er et tillægsmodul til BSim. For at anvende modulet kræves en tillægslicens til BSim, som kan bestilles på <http://www.bsim.dk>.

Konklusion

Med det nye modul til simulering af naturlig ventilation med BSim er der kommet et godt værktøj til dimensionering og optimering af naturlig ventilation.

I forbindelse med at WindowMaster A/S har valideret modulet for naturlig ventilation er der blevet foretaget korrektioner i beregningsalgoritmerne. Verificeringen i forhold til håndberegningerne er foretaget med den allernyeste version af BSim (version 3.3.10.23).

Ved sammenligning med målinger fra en virkelig bygning ses det, at programmet kan give et fornuftigt bud på hvilket indeklima, der kan forventes i en bygning med naturlig ventilation. Ifølge sammenligningerne med praksis giver BSim realistiske resultater både for kontoretagen med krydsventilation alene og med kombineret kryds og opdriftsventilation.

Referencer

Terpøger Andersen, K., Heiselberg, P. og Aggerholm, S. Naturlig ventilation i erhvervsbygninger. Beregning og dimensionering. By og Byg Anvisning 202, Hørsholm 2002.

Meteonorm, Version 4.0 – Edition 2000, Meteotest, Schweiz.

DS474, Norm for Specifikation af Termisk Indeklima, Dansk Standard.