

Brug af BSim til simulering af bygningers kølebehov

Seniorforsker, Civ. ing. Kim B. Wittchen

Statens Byggeforskningsinstitut, SBI
AALBORG UNIVERSITET

BSim (Building Simulation) (Wittchen, Johnsen & Grau, 2000-2008) er et integreret edb-værktøj til analyse af bygninger og installationer. BSim rummer en samling avancerede værktøjer til simulering og beregning af bl.a. termisk indeklima, energiforbrug, dagslysforhold, fugtsimulering (Rode & Grau, 2003), naturlig ventilation (Andersen, Havgaard & Grau, 2003) og elektrisk ydelse fra bygningsintegrerede solceller (Wittchen, 2003). BSim er udviklet af Statens Byggeforskningsinstitut, SBI, siden midten af 1980'erne.

En bygningsmodel i BSim består af en række termiske zoner som kan indeholde et eller flere af bygningsens fysiske rum. I hver termisk zone styres indeklimaet individuelt efter de strategier som er defineret for systemerne i zonen. Der er således ingen centrale systemer i en BSim model, og de beregnede energibehov i de enkelte zoner og systemer er således behov for energi til klimatisering inde i den enkelte zone. Alle systemerne i BSim er tillige ideelt regulerende, dvs. der styres strengt efter de givne setpunkter og der åbnes kun netop så meget at setpunktet overholdes. Det betyder fx for udluftning ved betjening af vinduer at vinduet kun åbner netop så meget at den ønskede temperatur kan overholdes – vinduet står med andre ord ikke bare åbent og giver den luft som dets geometri og udeforholdene tilsiger.

En af grundstenen i BSim er tsbi5 (termiske simuleringer af bygninger og installationer). Modulet gør det muligt at foretage dynamisk simulering af indeklima, energi og fugtforhold i bygninger. Resultaterne kan fx bruges ved valg af klimatekniske løsninger i forbindelse med projektering af nybyggeri og ved renovering af bygninger og klimainstallationer, inden renoveringen gennemføres i praksis.

Med tsbi5 er det fx muligt at afprøve forskellige strategier for at reducere temperaturen i bygninger med solafskærmning, udluftning, ventilation og køling mm. Der er også muligt at benytte andre datasæt til beskrivelse af udeklimaet end standard data, så det fx er muligt at analysere forholdene i bygningen i forbindelse med en hedebløge eller en særligt kold periode.

Systemer i BSim

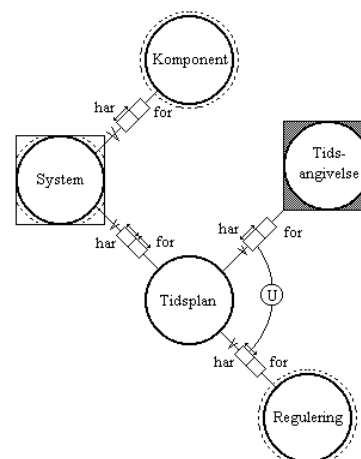
Et system består af den generelle fysiske komponent, beskrevet ved en simpel matematisk model, samt en tidsplan, der angiver variationer, styringsstrategier m.m., defineret ved sammenhørende par af regulering og tidsangivelse, jf. figuren.

Alle systemer i BSim reguleres efter en operative temperatur i den termiske zone de er knyttet til. Til en bygningsmodel skal alle de installationer og belastninger defineres, som har indflydelse på det termiske indeklima.

Installationer og belastninger beskrives ved simplificerede modeller af de fysiske installationer, belastninger m.m. De tilhørende variationer, styringsstrategier m.m. beskrives særskilt som en regulering af komponenten. Fx beskrives personlast, dvs. varme- og fugtbelastningen fra personer i en zone, som det maksimale antal personer af en given type, der er angivet som én persons varme- og fugtafgivelse ved et givent aktivitetsniveau. Variationen af personlasten over året og døgnet angives som en regulering, i dette tilfælde som et døgnprofil, dvs. en procentvis døgnvariation af personlasten.

Køling i BSim

Der findes mange metoder til reduktion af indetemperaturen i en simuleret bygning i BSim lige som i en virkelig bygning. Med de forskellige metoder er det muligt at sikre en energimæssig optimal løsning hvor virkemidler som fx udluftning, solafskærmning, reduktion af varmebelastningen kan afprøves for at bringe indetemperaturen ned.



Figur 1. NIAM (Turner, 1990) diagram for systemer i BSim.

peratur, vil en eventuel radiator yderligere kunne opvarme rummet. Det er i denne forbindelse vigtigt at være opmærksom på tre forhold ved fugtreguleringen:

- Varmefluden i ventilationssystemet vil altid være prioriteret før radiatoren (uanset setpunkterne for de to systemer).
- Det er en forudsætning for opnåelsen af den ønskede relative fugtighed, at temperatursetpunktet også opnås, hvilket betyder, at hvis radiatoren (varme- eller køleradiator) bidrager til opretholdelsen af temperaturen, må setpunktet for radiatoren være valgt lig med temperatursetpunktet i fugtreguleringen.
- Temperatursetpunktet bruges som et opvarmingssetpunkt, og affugtningen af luften vil derfor ikke fungere i vekselvirkning med egentlig køling i anlæggets køleflade.

Såfremt fugtindholdet i luften, der tilføres anlægget, er for lavt, vil luften blive befugtet i en dampbefugter, hvis en sådan er defineret.

VAV regulering

VAV-regulering (Variable Air Volume) er en anden form for regulering efter en rumføler, der primært benyttes ved rum med kølebehov i en stor del af driftstiden. Funktionen er, at rumføleren ved faldende varmebehov og stigende kølebehov regulerer varmeflade, genvinder og volumenstrøm (fx via spjældmotor) i serie for at opnå den ønskede rumtemperatur. Ved fortsat stigende kølebehov vil regulatoren åbne for kølefladen, når setpunktet for køling overskrides. Ligesom ved rumtemperaturregulering bør der indlægges en dødzone mellem setpunkterne. Når indblæsningstemperaturen kommer under minimum setpunktet for indblæsningføleren, vil denne overstyre rumføleren, således at minimumværdien for indblæsningstemperaturen ikke underskrides.

Natkøling

Denne form for regulering vil ofte være kombineret med en af de øvrige typer. Den primære funktion vil normalt være at ventilere de(n) aktuelle zone(r) uden for brugstiden for at køle bygningsmassen ned, således at behovet for mekanisk køling (via køleflade) i dagtimerne elimineres eller reduceres væsentligt.

Recirkulation

Regulering af ventilationen ved recirkulation er en ny type regulering i BSim. Her arbejdes der med recirkulation af ventilationsluften med henblik på at opnå en høj grad af klimatisering af indeluften uden nødvendigvis at være underlagt en høj forsyning af udeluft.

Køleradiator

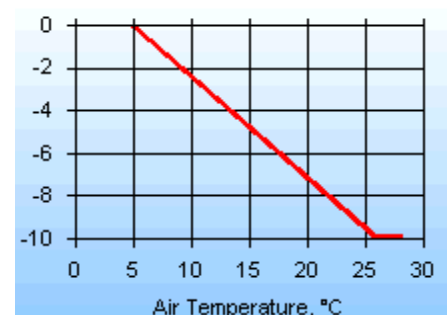
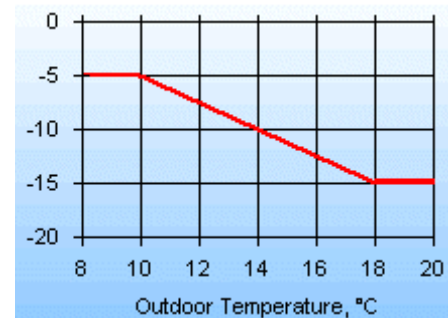
Modellen simulerer en termostatstyret køleradiator, fx et køleloft eller en anden køleflade placeret inde i den aktuelle termiske zone. Modellen svarer modellen for en radiator til opvarmning, blot med en negativ effekt samt en mindste tilladelig overfladetemperatur. Funktionen er dog at køle rummet, dvs. ved tendens til overtemperatur i den termiske zone, at regulere køleydelsen således, at temperaturen så vidt muligt holdes på det valgte kølesetpunkt. Til regulering af køleradiatoren findes to forskellige styrestrategier: en almindelig varme/køle regulering samt en såkaldt fan-coil regulering.

Ved den *almindelige køleregulering* benyttes en fremløbstemperaturregulering som sikrer at overfladetemperaturen falder i takt med at udetemperaturen, og dermed kølebehovet stiger indtil systemet når sin maksimale ydelse (her ved en udetemperatur på 18 °C).

Ved *fan-coil regulering* reguleres køleeffekten efter rumtemperaturen så effekten stiger med stigende indetemperatur.

Simulering af kølebehov i BSim

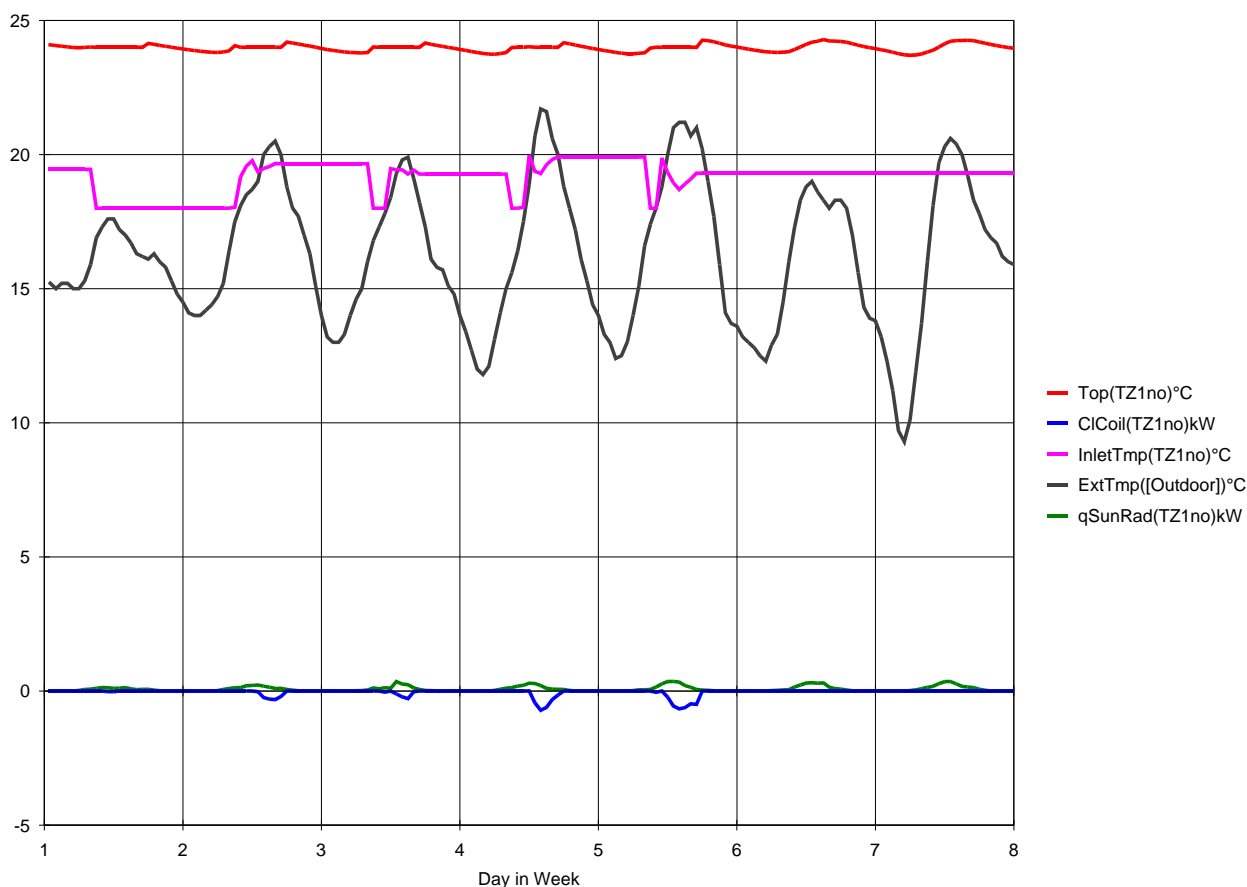
Under simuleringen med BSim gemmes en lang række resultater som kan benyttes til vurdering af bygningens eller de termiske zoners energibehov, herunder køling. Resultaterne kan analyseres på timeniveau, eller som gennemsnit over uger, måneder eller år. I nedenstående tabel ses nogle af de centrale resultatparametre fra BSim i forbindelse med simulering af mekanisk køling.



Figur 3. Reguleringskurve for almindelig køleradiator (øverst) og for fan-coil regulering (nederst).

Tabel 1. Centrale resultater i forbindelse med simulering af mekanisk køling i BSim. Tabellen er opdelt i to, hvor den første del vedrører simulering af køleradiatorer og den anden del vedrører simulering af køling i forbindelse med mekaniske ventilationsanlæg.

qCooling	Energi afsat til køling (negativ) fra en køleradiator i den enkelte termiske zone.
CIcoil	Effekt afsat i kølefladen, kW (negativ) i et mekanisk ventilationsanlæg.
CIRec	Køleeffekt (negativ) overført til indblæsningsluften i et mekanisk ventilationsanlæg via genvinder.
InletTemp	Temperatur af indblæsningsluften fra et mekanisk ventilationsanlæg til en termisk zone.
InVol	Indblæsningsluftmængde fra et mekanisk ventilationsanlæg til en termisk zone.
VentilIn	Luftstrømning ind i den termiske zone gennem et mekanisk ventilationssystem.
VentilOut	Luftstrømning ud af den termiske zone gennem et mekanisk ventilationssystem.



Figur 4. Eksempel på resultater fra BSim simulering af mekanisk ventilationsanlæg med køleflade aktiveret. Graferne viser den operative temperatur i zonen (rød), effekten afsat i kølefladen (blå), indblæsningstemperaturen (lilla), udetemperaturen (sort), og solindfaldet i zonen (grøn).

Referencer

- Wittchen KB, Johnsen K & Grau K (2000-2008). *BSim Brugervejledning*. Statens Byggeforskningsinstitut, Hørsholm, Danmark.
- Andersen A, Havgaard M & Grau K. *Naturlig ventilation i BSim2002*. Danvak Magasinet, december 2003.
- Rode C & Grau K. *Whole-building Hygrothermal Simulation Model*. ASHRAE, American Society of Heating, Refrigeration and Air-conditioning Engineers. Recent Advances in Energy Simulation: Building Loads, Symposium CH-03-09 - Chicago, 2003.
- Rode C & Grau K. *Komplet beregning af bygningers varme- og fugttekniske forhold*. VVS bladet, nr. 3, januar 2003.
- Turner J.A. (1990). *Guide to Reading NIAM Diagrams*. University of Michigan, USA.
- Wittchen KB. *Beregn ydelsen fra solceller med BSim*. Danvak magasinet, nr. 2, februar 2003.