

Självverkande kylbaffelsystem

Skanska har under de senaste 20 åren byggt kylbaffelsystem med hög framledningstemperatur och utan reglering av rumstemperaturen. Detta projekt är den första delen av ett arbete som går till botten med hur dessa system fungerar för att kunna optimera dimensionering och drift. Denna första del fokuserar på mätning och modellering på komponent- och rumsnivå och nästa del handlar om simulering av större system.

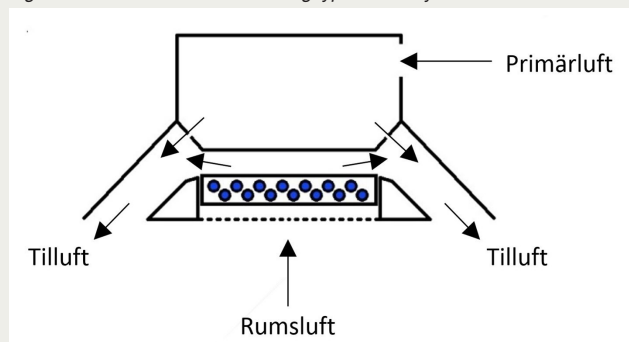
Bakgrund

Det finns många olika sätt att uppnå hög energieffektivitet i kontorsbyggnader. En trend är att använda avancerad behovsstyrningsteknik med givare, spjäll och motorventiler i ventilationskanaler, rörsystem, tilluftsdon, radiatorer och kylbafflar, inte sällan integrerat med system för belysning, passersystem etcetera. En annan trend är motsatsen, att använda utrustning med så få rörliga delar som möjligt för att minimera risken för feldrift. Skanska har sedan slutet av 1990-talet uppfört ett antal byggnader enligt den sistnämnda principen. En viktig del av detta är självverkande aktiva kylbafflar.

En aktiv kylbaffel är en kombination av tilluftsdon och en komponent för vattenburen komfortkyla. *Figur 1* föreställer ett tvärsnitt av den vanligaste typen av aktiv kylbaffel. Behandlad luft (primärluft) från ventilationssystemet tillförs kylbaffeln i en kammare. Luften accelererar genom munstycket när den lämnar kammaren och drar därmed med sig rumsluft som passerar ett kylbatteri. Luftblandningen lämnar kylbaffeln genom två spalter längs långsidorna.

I traditionella system finns rumsreglering i varje rum som känner av lufttemperaturen och reglerar kyleffekten genom att styra köldbärarfloppet med en reglerventil. I självverkande system finns

Figur 1. Schematisk bild av en vanlig typ av aktiv kylbaffel.

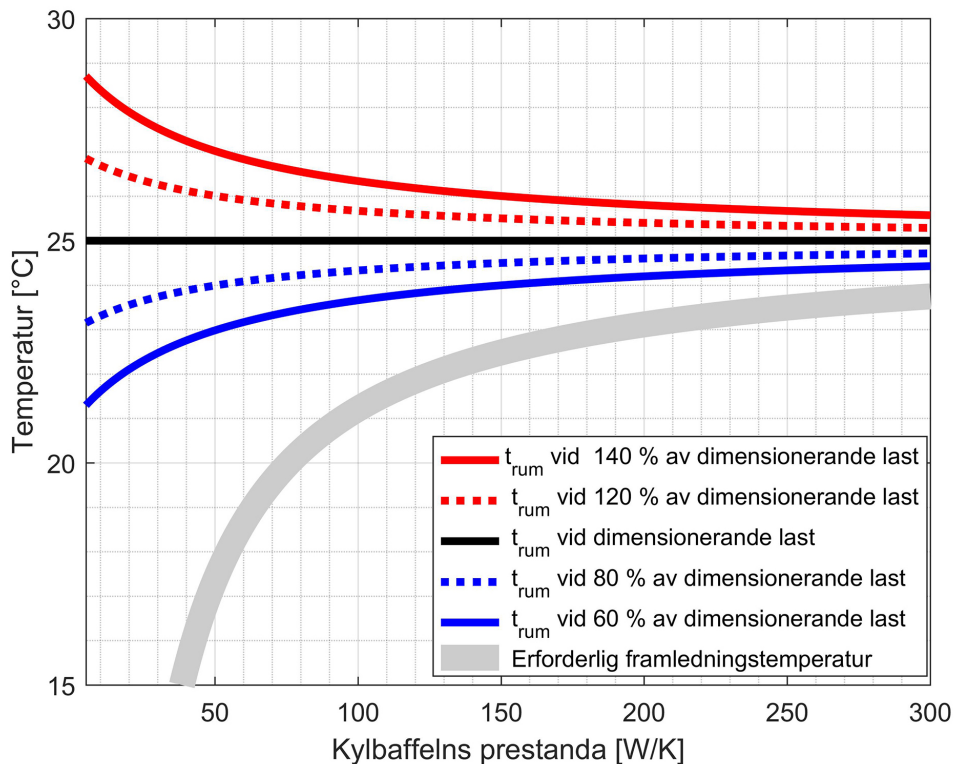


däremot varken termostat eller reglerventil och kyleffekten varierar då endast som en funktion av skillnaden mellan rumstemperaturen och framledningstemperaturen.

Syfte

Syftet med projektet kan förklaras med *figur 2*. Figuren erhålls genom att ställa upp en energibalans över ett rum under antagandet att den internvärme som genereras i rummet ska motsvara den mängd värme som leds bort genom transmission, ventilationsluft och köldbärare. Figuren visar vilken framledningstemperatur (den tjocka grå linjen) som krävs vid en dimensionerande rumstemperatur på 25 °C och 500 W internvärmelast, som funktion av kylbaffelns prestanda (storlek). Prestandan uttrycks här som avgiven kyleffekt per grad temperaturskillnad mellan rumsluft och framledning. Figuren visar dessutom vad rumstemperaturen blir i ett självverkande system då internvärmelasten avviker från den dimensionerande. Följaktligen uppstår ett optimeringsproblem där kostnaden för större eller bättre kylbafflar ska vägas mot fördelarna av en högre framledningstemperatur och den mindre temperaturskillnaden mellan högt och lågt belastade rum. Att slippa rumsreglering är bara en av många stora fördelar med hög framledningstemperatur. Andra fördelar är ökade möjligheter för frikyla, minskad risk för kondens, minskad latent kyllost och mindre distributionsförluster. Dessutom ger större kylbafflar lägre inblåsningshastighet vilket minskar dragrisken.

Figuren är en grov förenkling av verkligheten. Syftet med detta projekt är att mer detaljerat klarlägga sambanden mellan framledningstemperatur, köldbärarflojde, tilluftsflöde, prestanda och kyleffekt. Detta som en förutsättning för ett senare projekt där det skall studeras hur internvärmelaster varierar i kontorsbyggnader, hur stora temperaturvariationer som kan accepteras och slutligen hur man kan väga kylbaffelprestanda (storlek) mot komfort och framledningstemperatur. Med svar på dessa frågor kan man optimera dimensioneringen av kylbaffelsystemet och styrningen av framledningstemperaturen.



Figur 2. Erforderlig framledningstemperatur och erhållen rumstemperatur som funktion av kylbaffelns prestanda.

Genomförande

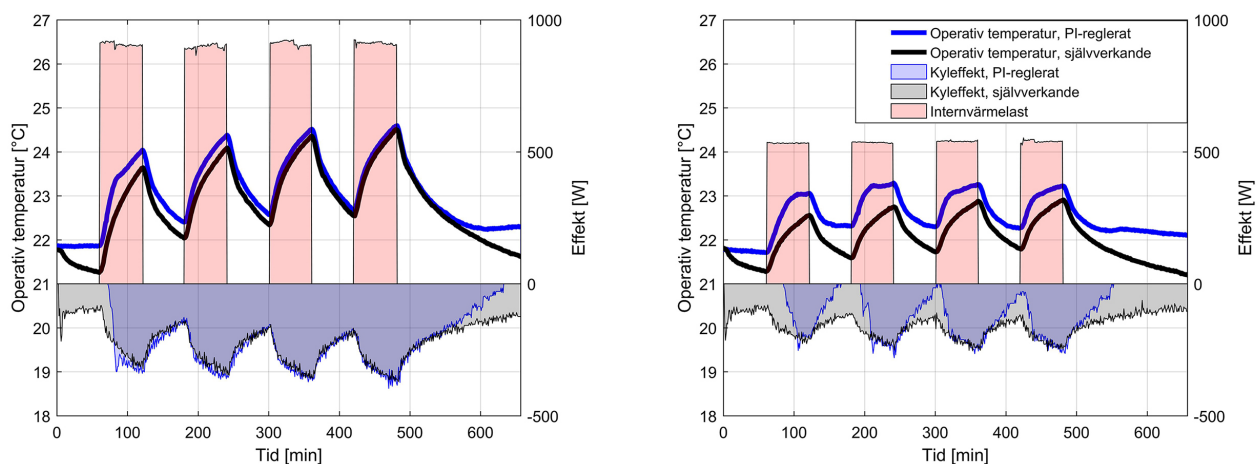
Med stöd från SBUF och Skanska kommersiell utveckling Norden har arbetet utförts som ett forskningsprojekt av industridoktorand Peter Filipsson vid avdelningen för Installationsteknik på Chalmers tekniska högskola och CIT Energy Management. Arbetet handledades av universitetslektor Anders Trüschel, adjungerade professorn Jonas Gräslund och professor Jan-Olof Dalenbäck. En stor del av arbetet bestod av mätningar i kontrollerad laboratoriemiljö i Chalmers försökshall för installationsteknik. Mätresultatet användes för att utveckla och verifiera en beräkningsmodell av en kylbaffel.

Resultat

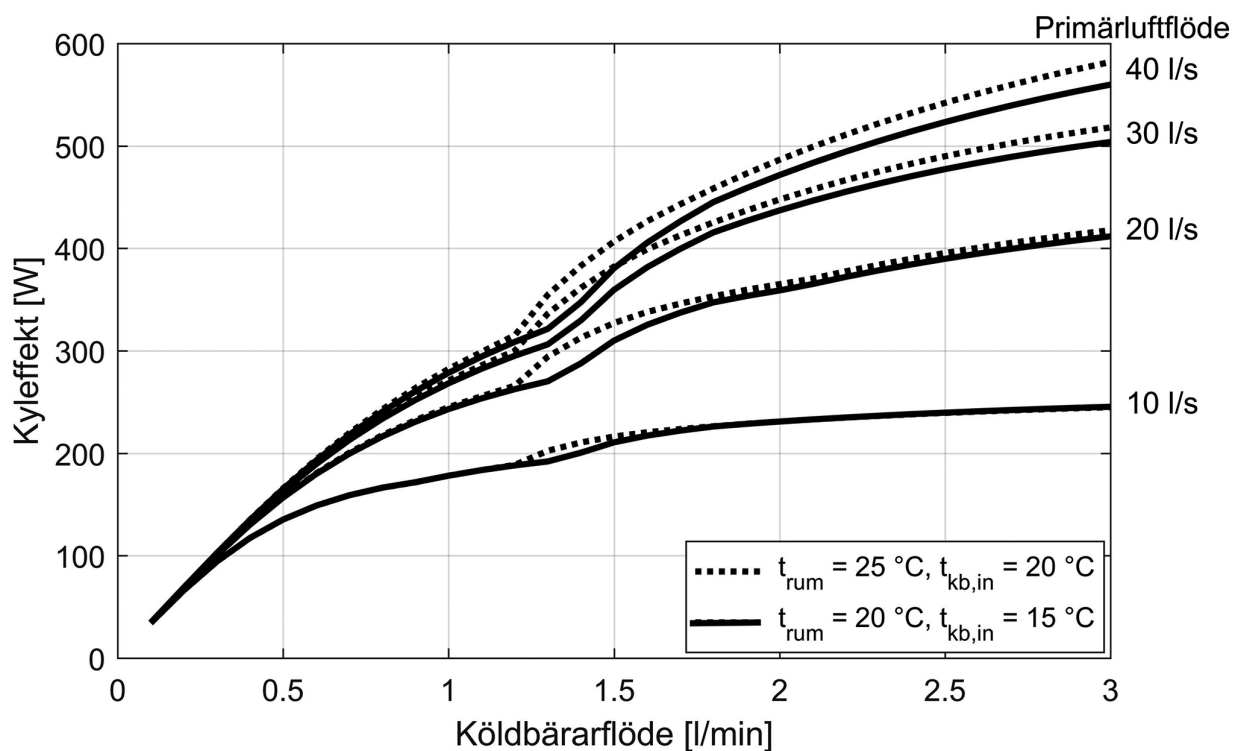
Mätningar gjordes vid ett stort antal kombinationer av driftförhållanden. Bland annat varierades internvärmelast, reglerstrategi,

rummets termiska tyngd samt temperatur och flöde på tilluft och köldbärare. I figur 3 jämförs mätresultatet för en självverkande kylbaffel med en med modulerande PI-reglering. Börvärdet för den sistnämnda är 23 °C och de två fallen är dimensionerade så att de avger samma kyleffekt vid 25 °C rumslufttemperatur.

Till vänster i figur 3 syns att skillnaden mellan ett traditionellt reglerat och ett självverkande system är liten när värmelasten är relativt hög. Till höger i figuren är värmelasten däremot relativt låg och det självverkande systemet ger lägre temperatur och högre energianvändning än det traditionellt reglerade. Men eftersom framledningstemperaturen är minst 20 °C så kan kylan oftast genereras av uteluft av lägre temperatur. På så sätt får man frikyla samtidigt som man förvärmer inkommande uteluft. När uteluften inte behöver förvärmas kan kylan i stället tas från andra lågkvalitativa kylkällor, som till exempel marklager.



Figur 3. Operativ temperatur och kyleffekt vid hög (vänster) och låg (höger) pulserande internvärmelast.



Figur 4. Kylbaffelns kyleffekt vid två olika temperaturnivåer som funktion av köldbärarflöde och primärluftflöde.

En förutsättning för en tillförlitlig kylbaffelmodell är vetskap om dess förmåga att recirkulera rumsluft (se figur 1). Detta eftersom det är den recirkulerade luften som kyls i kylbatteriet. Det är på luftsidan den absolut största delen av värmeöverföringsmotståndet uppkommer, och ju högre flöde desto bättre värmeöverföring. Mätningarna visade att den höga framledningstemperaturen, som gör systemet självverkande, dessutom medför en bättre förmåga att recirkulera rumsluft. Detta på grund av att ju kallare kylbatteri desto starkare termiska drivkrafter som bromsar ner det uppåtriktade rumsluftflödet. Detta beskrivs mer ingående i en artikel publicerad i *Energy and Buildings* [1]. I artikeln presenteras och jämförs nya sätt att mäta rumsluftflödet (till exempel med spårgas).

I artikeln *A thermal model of an active chilled beam* [2] presenteras den nyutvecklade kylbaffelmodellen. Modellen använder klassisk värmeväxlarteori och efter att ha kalibrerats med uppmätta värden vid ett fåtal driftsförhållanden beräknar den kyleffekten inom en felmarginal av ett par procent, vid alla tänkbara kombinationer av köldbärarflöde, köldbärartemperatur, primärluftflöde och rumslufttemperatur. Exempel på resultat från modellen visas i figur 4.

I figuren syns två fenomen som andra beräkningsmodeller inte tar hänsyn till. Dels att högre temperaturnivåer ger högre kyleffekt på grund av minskade bromsande termiska drivkrafter, dels övergången från laminärt till turbulent köldbärarflöde. Eftersom modellen tar hänsyn till kylbaffelns förmåga att recirkulera rumsluft (och inte bara dess kyleffekt) så beräknar den även tilluftflöde och tilluftstemperatur, vilket är en förutsättning för att kunna simulera lokal termisk komfort.

Slutsatser

I projektet har det studerats hur aktiva kylbafflar fungerar. Resultatet har använts för att utveckla och verifiera en beräkningsmodell som kan användas för att simulera byggnader med aktiva kylbafflar. Projektet är ett viktigt steg mot målet att optimera dimensionering och styrning av självverkande kylbaffelsystem. Projektet har dessutom resulterat i nya metoder för mätning av kylbafflars rumsluftflöde. Genom att utveckla robusta tekniker för inneklimat ökar man branschens kompetens och relevans som leverantör av lösningar för ett hållbart samhälle.

Ytterligare information

Kontaktpersoner:

Peter Filipsson, CIT Energy Management AB / Avdelningen för Installationsteknik, Chalmers tekniska högskola, tel 0706-200 908, e-post: filipssp@chalmers.se

Jonas Gräslund, Skanska / Avdelningen för Installationsteknik, Chalmers tekniska högskola, tel 010-44 81 381, e-post: jonas.graslund@skanska.se

Litteratur:

- [1] Filipsson, P., Trüschel, A., Gräslund, J., & Dalenbäck, J. O. (2016). Induction ratio of active chilled beams– Measurement methods and influencing parameters. *Energy and Buildings*, 129, 445-451.
- [2] Filipsson, P., Trüschel, A., Gräslund, J., & Dalenbäck, J. O. (2017). A thermal model of an active chilled beam. Publiceras inom kort i *Energy and Buildings*.