

Ventilationseffektivitet

Energimängden som behövs för att kyla ett kontorskomplex är i de flesta fallen mycket större än den energimängden som behövs för att värma upp rummen. De interna värmelasterna ökar ständigt och genom nya arkitektoniska lösningar ökar även fönsterytorna och man får större eller till och med mycket större externa värmelaster som påverkar rumsklimatet. Ventilationskonsulten begränsas ofta i sitt fria skapande av normer och begränsningar gällande luftflöden som ligger till grund för vedertagna beräkningar av den energimängden som ska forslas bort ifrån ett rum. För att tillmötesgå dessa normer och krav hamnar vi ofta i situationer som tvingar oss till tekniska lösningar med högre energiförbrukning än vi egentligen är villiga att betala.

Vi lever den mesta av vårt vakna tillstånd i slutna rum. Detta går stick i stäv med vår längtan att vistas i naturliga miljöer med rymd, ljus, luft och naturliga ljud. Därför är det av yttersta vikt att vi skapar ett rumsklimat som garanterar vårt välbefinnande.

Hälsa, behaglighet, nöjda brukare. Graden av nöjda personer definieras som en funktion av fysikaliska och termofysiologiska parametrar. Mätbara parametrar som beskriver den termiska komforten är operativ temperatur, strålningsasymmetri, lufttemperatur, lufthastighet och golvet's yttemperatur. Operativa temperaturen kan sägas vara en sammanfattning av hur samtliga parametrar påverkar en individ i en viss punkt i rummet. En mycket stor del av värmetransporten i vår omgivning sker genom strålning; Sitter vi med ryggen riktad mot en kall yta till exempel mot ett fönster kommer vi att stråla ut värme. Ryggen blir kall och det känns som om "det drar från fönstret". Luftens temperatur inomhus är den parameter som de flesta av oss först tänker på när vi vill skapa termisk komfort. Numera är det

mer eller mindre en självklarhet för de flesta människorna i vårt land att man inte går omkring med skorna på inomhus. Detta ställer krav på att golvet's yttemperatur inte är för låg för i annat fall fryser vi om fötterna.

Påverkande aspekter. När vi designar rum och byggnader tänker vi grovt i fem olika begrepp. Var och en av dessa begrepp/aspekter är i och för sig relevant och man bör inte kompromissa med någon av dessa.

1. Termisk:

Lufttemperatur
Strålningstemperatur
Lufthastighet i vistelsezonen
Relativ luftfuktighet, RH

2. Hyrisk:

Relativ luftfuktighet, RH
Luftentalpi
Betingelser för tillväxt av mikroorganismer

3. Akustisk:

Ljudnivå
Frekvensfördelning på ljudet
Ljudets informationsandel
Intensiteten

4. Visuell:

Belysningsstyrka
Belysningstäthet och kontraster
Dagsljus

5. Olf / kemisk:

Upplevd luftkvalitet
Koldioxidhalt, CO₂
Material emissioner

Energibalans

Energibalansen använder sig av termodynamikens första huvudsats som säger att vi varken kan skapa eller förstöra energi, vi kan bara byta dess form. Principen för denna energibalans gäller alltid, för såväl stationära som instationära system. Den använda energin måste därför alltid motsvara den tillförda energin. Följande faktorer måste alltid vägas ut varandra för att komma i balans.

$$\dot{E}_m = \dot{E}_{ack} + \dot{E}_{ut} \quad (1)$$

Där den inmatade energin är lika den ackumulerade och den utåtgående energin. När man ventilerar ett rum måste man ta hänsyn till denna energibalans och beräkna värme- eller kyleffekten som ska tillföras till rummet. Energimängden är som sagt i de flesta fallen mycket större för att kyla ett rum än den energimängden som behövs för att värma upp rummet, vilket ställer större krav på ventilationssystemen. Vi måste kunna tillföra kylenergin på ett dragfritt sätt och med tanke på alla dessa villkor under punkt 1 till 5 ovan.

Kylan som ska tillföras ett rum via ett tilluftsdon beräknas då enligt ekvationen:

$$P_{eff} = q \cdot C_p \cdot \rho \cdot \Delta T \quad (2)$$

där q är tilluftsflöde i m³/s,
 C_p är specifika värmetalet i kJ/kg °C,
 ρ är tilluftens densitet
och ΔT är differensen mellan tilluftstemperatur och rumstemperatur.

Ekvationen (2) blir dock enbart representativ om man har ett omblandande system, det vill säga om man tillför luften på ett sådant sätt att den blandas med rumsluften genom utspädning. Vid andra ventilationsprinciper än den omblandande kommer beräkningen av kyleffekten förändras. Så blir till exempel fallet när man tillför luften via så kallade lågimpulsdon och i ännu högre grad den permanent skiktande ventilationsprincipen.

Olika ventilationssystem

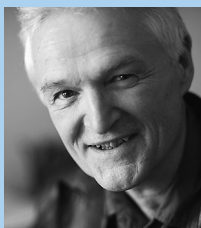
Omblandande ventilation. Vid omblandande ventilation blandar man den friska tillförda luften med den varma, förorenade rumsluften via ett don i rummets överdel (mest tak). Rumsluften späds ut med den friska luften och föroreningarna tunnas ut, men förs aldrig helt bort om de inte helt sonika slutar att emitteras. Rumsluften blir då i stort av samma kvalitet som frånluften. Vi andas alltså kontaminerad luft, även om den är utspädd med frisk luft.

I ventilations sammanhang talar man om "luftutbyteseffektivitet", vilket i klartext är ventilationens förmåga att transportera bort föroreningar. Den maximala effekten för denna luftutbyteseffektiviteten kan bli 50 procent. De flesta anläggningar med omblandande ventilation når dock inte bättre än till 40 procent.

Deplacerande ventilation. Frisk luft tillförs rummet på golvnivå med mycket låg kinetisk energi (hastighet). Luften väller fram längs golvet mot värmekällorna och följer en uppåtgående luftström. Om vi inte stör luftströmmen markant, kommer vi att erhålla ett system där kontamineringen lämnar rummet via frånluften i taket. Luftutbyteseffektiviteten ökar till mellan 50 och 70 procent.

Stratifierande ventilation. Den friska luften tillförs rummet via små dysor med hög hastighet. Tillvägagångssättet liknar lågimpuls tekniken, eftersom man riktar luftströmmen mot värmekällorna och man får en förträngnings (kolv) ventilation. Rumsluften skiktas och i och med att den skiktas kan den förbli stabilt. Detta beror på att strömningskraften för dessa don är mycket större än hos andra don och man får en "auktoritet" över rumsluften. Luftutbyteseffektiviteten med dessa don ligger mellan 60 till 80 procent och ibland även högre.

Artikelförfattare är
Norbert Fichter,
stuab, Upplands
Väsby.



Hygienluftflöden. Enligt våra undersökningar kräver stratifierande ventilation mindre för att inte säga mycket mindre luftflöden för att åstadkomma samma effekt som ventilation med ett omblandande system. Idag tänker man ofta i termer om minsta tillåtna luftflöden. Dessa minsta luftflöden beräknas i enlighet med ekvation (2). Men som vi tidigare nämnt gäller ekvation (2) för ventilationssystem med omblandande funktion, det vill säga då alla delar av det ventilerade rummet uppfyller villkoret med energibalansen.

Enligt VVS AMA finns inga direkta krav på luftflöden. Boverkets byggregler föreskriver dock ett luftflöde på lägst 0,35 l/s och kvadratmeter. Detta är ett krav som i det närmaste motsvarar självdrag. För att undvika sjuka hus syndrom samt för att kunna transportera bort fukt och koldioxid ska man därför dimensionera med flöden som är större än 15 l/s per person [1].

I normalfall finns ingen risk för koldioxidhalt större än 1 000 ppm i vistelsezonen även med mindre flöden än 15 l/s och person, bara tilluftsflödet håller sig över ett nyckeltal på 12 l/s och person.

För att kunna transportera bort fukten ska flödet inte vara lägre än 5 l/s och person. Det vi härav kan se är att hygienluftflödena tillgodoses även projekterade med luftflöden som uppgår till mindre än 20 l/s och don. Då måste man dock välja ett ventilationssystem som möter alla krav.

Ventilations effektivitet. Olika begrepp för ventilationseffektivitet har introducerats. Grundläggande måste man skilja mellan två terminologier:

- Bortföring av kontaminerings, vilket mäts i hur snabbt man kan föra bort luftburna kontaminerings ifrån ett rum.
- Luftutbyteseffektivitet, vilket är ett begrepp för hur snabbt man byter ut luften i ett rum.

Mindre luftflöden. Ekvation (2) tillhandahålls som sagt för beräkning av kyl-effekter för system med omblandande ventilation. I dessa system utgår man ifrån att alla delar i rummet bär lika delar av värmelasten, alltså måste kylan spridas till hela rumsvolymen för att få värmebalans. Ponerar man dock, att luften skiktas i rum och man tillför kylan direkt till värmekällan, då behöver man bara ventileras bort själva värmekällan och inte alla övriga outnyttjade volymer.

För man den friska tilluften längs golvet fram till värmekällorna förträngs den begagnade luften kring värmekällan (människan) och ersätts med friskluft. Med ett ventilations system av typ ”stratifierande ventilation” erhåller man just denna typ av effekt. Det är det närmaste man kan komma en kolvströmning. Detta beror på att strömningen via dysorna är oerhört auktoritativ. Den höga impulsen ger en kraft som ger möjlighet att skikta rumsluften. Skiktningen sker inte bara

horisontellt utan även vertikalt. Skiktningen gör också att man inte behöver ventileras ”döda” volymer utan man koncentrerar sig på just de källor som avger värme. Därför kan man genomgående minska luftflödet (i jämförelse med omblandande ventilation), och även kyleffekt med 20 procent. En beräkning av tillförd kyleffekt kan därför göras enligt:

$$q = \frac{P_{eff}}{C_p \cdot \rho \cdot \Delta T \cdot 1,2} \quad (3)$$

Undersökning med hjälp av CFD

På grund av den mångfalden av inverkan krafter och parametrar är det mycket svårt att exakt beräkna luftströmningen i ett rum. Man kan göra matematiska kalkyler i form av CFD-simuleringar som i stort kan ge en fingervisning om en uppställd teori kan bli verifierad eller inte och då beror detta framför allt på beräkningens upplösning, det vill säga hur små beräkningsraster man gör i framför allt gränsskiktområdet. Varje liten cell i det uppställda rastret utför då en differentialekvation som i sig inte går att lösa direkt, utan man måste utföra iterationer.

Med CFD (*Computational Fluid Dynamics*) kan man simulera målinriktade strömningsfall. Men strömningsförhållanden för undersökt skiktningssystem (stratifiering) motsvarar inte de mest kända standardbetingelser och man måste definiera randvillkoren mycket noga för att få relevanta beräkningsresultat. Metoden med CFD kan dock ge stora kostnadsbesparingar i form av minskade mängder fullskaleprov om vi har alla randvillkor väl definierade. Därför gäller det att generera ett beräkningsraster som är mycket finmaskigt. Detta i sin tur fordrar ganska välkända data för att kunna få adekvata beräkningar. Detta är i och för sig mycket tidskrävande och man behöver större mängder datakraft, men man minimerar i andra ändan de många tids- och kostnadskrävande fullskaleprov. Men å andra sidan ligger fullskaleproven till grunda för att kunna definiera randvillkoren för en CFD-beräkning. Med hjälp av CFD-simulering kan man göra mycket komplexa tredimensionella strömningsberäkningar. Beräkningsalgoritmen som används är baserade på den finita differens metoden som iterativt beräknar tillstånden för systemet inom varje strukturerad cell.

Sammanfattning

Huvudparten av energiförbrukningen sker via ventilationssystemet. Därför är valet av ventilationssystem av enorm betydelse. Man kan få betydande energibesparingar. Undersökningen har visat att om man ventilerar rum med skiktande ventilation (stratifiering) kommer man att styra den tillförda friskluften till värmekällorna. Jämfört med ett omblandande system kommer man att kyla, det vill säga transportera bort överskottsvärme från

rummet, med över 20 procent lägre flöden. Komforten i dess ventilerade rum beräknas dessutom bli bättre, ja till och med mycket bättre än vid rum med konventionell ventilering. ■

Referenser

- [1] Håkan Enberg, *Minimikrav på luftväxling*. Utgåva 7, 2006.
- [2] Y Cho, H.B. Awbi & T. Karimipannah, 2006, *The Characteristics of Wall Confluent Jets for Ventilation Enclosures*.
- [3] Zou Yue, *Air Jet Velocity decay in Ventilation Applications*, 1999, Bulletin no. 48.
- [4] T. Kariminapah, H.B. Awbi & B. Moshfeg, 2006, *On the Energy consumption of high- and low-level Air supplies*.
- [5] P.O. Fanger, 1972, *Thermal Comfort*.