



Utveckling av fastighetsföretagande i offentlig sektor (U.F.O.S)

Ta det kallt

– *Strategier för komfortkyla*



Ta det kallt

Strategier för komfortkyla

Förord

Många offentliga lokaler saknar lösningar för att få bra komfort under sommaren, ett av de vanligaste klagomålen på inomhusklimatet är för hög temperatur. Det är av stor vikt att möta efterfrågan på komfortkyla på ett genomtänkt och strategiskt sätt. Orsakerna till för höga temperaturer och andra komfortproblem måste analyseras grundligt, att enbart installera en kylanläggning eller öka kyleffekten är inte en självklar lösning för att få en bättre komfort. I denna rapport redovisas strategier, i en tiostegsmodell, samt konkreta tips och råd till brukare, arkitekter, konsulter och driftpersonal för att uppnå en hållbar komfort under sommaren utan att i onödan installera dyrbara kylanläggningar eller fjärrkyla.

Skriften har initierats och finansierats av samarbetsprojektet Utveckling av Fastighetsföretagande i Offentlig Sektor (UFOS). Här ingår Sveriges Kommuner och Landsting, Akademiska Hus, Fortifikationsverket, Statens fastighetsverk samt Specialfastigheter Sverige AB. Detta projekt har även stöttats av Statens energimyndighet.

Skriften är författad av Per Wickman, ATON Teknikkonsult AB. Till sin hjälp har han haft en styrgrupp som bidragit med material och värdefulla synpunkter. Styrgruppen har bestått av Jan Lemming, Uppsala kommun; Peter Kalin, Specialfastigheter Sverige AB; Stellan Olson, Akademiska Hus; Johnny Niskanen, Södermanlands läns landsting; Mikael Zirkovic, Statens fastighetsverk; Per Björkman, Landstinget Norrbotten samt Hans Isaksson, K-konsult (representant för Statens energimyndighet).

Projektledare har varit Ulf Sandgren på Sveriges Kommuner och Landsting.

Stockholm i februari 2009

Innehåll

Sammanfattning	8
Bakgrund	10
Komfort och klimat	17
Termiskt klimat	18
Termisk komfort	22
Behovet av processkyla	25
Hur gör man?	27
Kom överens om vilket termiskt klimat som ska gälla på sommaren	30
Utnyttja byggnadens läge för att minimera kylbehovet	35
Använd effektiva solskydd	36
Utnyttja byggnadens speciella egenskaper, konstruktion och planlösning för att minimera kylbehovet	38
Minimera värmeförlust från belysning och apparater	39
Utnyttja möjligheterna att själv påverka den termiska komforten inomhus	40

Använd frikyla för att föra bort värme från byggnaden	42
Utnyttja miljövänlig kylproduktion om passiva åtgärder och frikyla inte räcker	49
Effektiv konventionell kylteknik	52
Utbilda brukare och driftpersonal så att anläggningen kan drivas optimalt över tiden	58
Vem gör vad?	61
Frågor till hyresgästen	64
Frågor till arkitekten	70
Frågor till driftansvarig	75
Frågor till konstruktören	81
Några användbara webbplatser	85
Ordlista	86
Bilaga 1	88

Sammanfattning

Att öka miljöbelastningen och utsläppen av växthusgaser genom kraftigt ökad energianvändning för komfortkyla är inte långsiktigt hållbart. Med stöd av en genomtänkt strategi för att uppnå en resurseffektiv, komfortabel och hållbar temperatur under sommaren kan behovet av energi för komfortkyla minska drastiskt.

Användningen av komfortkyla ökar inte bara i Sverige utan i hela Europa. Den internationella energimyndigheten, International Energy Agency (IEA), har angett det ökade kylbehovet som en av de största källorna till ökat energibehov och räknar med att användningen kan fyrdubblas fram till år 2020. Många offentliga lokaler i Sverige saknar lösningar för att få bra komfort under sommaren, ett av de vanligaste klagomålen på inomhusklimatet är för hög temperatur. Samtidigt varierar det individuella behovet, hos alla som vistas i lokalerna, av inomhustemperatur kraftigt.

Det är av stor vikt att möta efterfrågan på komfortkyla med förnuft. Orsaken till övertemperatur och komfortproblem måste analyseras ur flera olika aspekter som måste vägas samman, exempelvis verksamhetens art, byggnadens konstruktion, miljö, teknik samt ekonomi. Att enbart installera en kylanläggning eller öka kyleffekten är inte en självklar lösning för att få bättre komfort. Onödigt höga kyleffekter kan dessutom ge upphov till andra problem i form av drag och kondens samt höga installations- och driftkostnader.

Själva byggnaden med dess läge, konstruktion och planlösning kan utnyttjas mer än vad som är vanligt idag, ett effektivt solskydd är ett måste. Även vi som använder en byggnad kan själva påverka den upplevda temperaturen – komforttemperaturen – med flera grader. Mycket är självklart som val av klädsel och att dricka tillräckligt när det är varmt.

Genomtänkta åtgärder för bättre komfort går hand i hand med bättre drifts-ekonomi och högre arbetskapacitet, vilket i förlängningen gagnar alla parter. Risken för onödigt lidande, onödiga kylinstallationer med tillhörande kostnader och slöseri med både mänskliga och tekniska resurser minskar.

En tydlig överenskommelse mellan hyresgäst och förvaltare avseende termiskt klimat är grundläggande för att kunna möta hyresgästens förväntningar, ett förslag till mall för en sådan överenskommelse finns som bilaga sist i skriften.

I denna skrift redovisas i kapitel 2 en tiostegsmodell:

Strategi för att uppnå en hållbar sommarkomfort

- 1** Kom överens om vilket termiskt klimat som ska gälla på sommaren
- 2** Utnyttja byggnadens läge för att minimera kylbehovet
- 3** Använd effektiva solskydd
- 4** Utnyttja byggnadens speciella egenskaper, konstruktion och planlösning för att minimera kylbehovet
- 5** Minimera värmeförlust från belysning och apparater
- 6** Utnyttja möjligheterna att själv påverka termisk komfort inomhus
- 7** Använd frikyla för att föra bort värme från byggnaden
- 8** Utnyttja miljövänlig kylproduktion om passiva åtgärder och frikyla inte räcker
- 9** Använd effektiv konventionell kylteknik
- 10** Utbilda brukare och driftpersonal så att anläggningen kan drivas optimalt över tiden

I kapitel tre redovisas konkreta tips och råd till fastighetsägare, hyresgäster, arkitekter, driftpersonal och konstruktörer för att uppnå en hållbar komfort under sommaren.

Bakgrund

I Sverige har vi en bra tradition av effektivisering inom energiområdet. I dag är den politiska ambitionen att vi inom fastighetsbeståndet (bostäder och lokaler) fram till år 2020 ska effektivisera med en 20-procentig reduktion av energibehovet och till 2050 ska energibehovet minska med 50 procent¹.

Kraven på komfortkyla ökar vilket ökar energibehovet. En utgångspunkt i denna skrift är att vara försiktig med fastighetsägarbeslut som rör installation av komfortkyla. Om kyla behövs bör nyttan i ökad komfort vägas mot alla kostnader inklusive miljö- och energimål. Passiva lösningar bör ges företräde före installation av ny kylutrustning.

Ett bra termiskt klimat inomhus under sommaren är en förutsättning för att vi ska må bra och för att den verksamhet som bedrivs inte ska påverkas negativt. Det finns en rad olika skäl till att det blir för varmt och den faktiska temperaturen upplevs olika beroende på ålder, aktivitet, årstid med mera. Samtidigt finns det mycket vi som brukare kan göra själva för att förbättra komforten. Det finns också ett stort antal tekniska lösningar för komfortkyla som i sin tur påverkar ekonomi och yttre miljö på olika sätt.

För att få en hållbar sommarkomfort måste man jobba tillsammans och vara ute i god tid. Brukaren måste fundera på hur verksamheten egentligen ser ut och vilka temperaturer som kan tillåtas. Arkitekten har stora möjligheter att påverka kylbehovet med hjälp av byggnadens orientering, klimatzoner, utnyttjande av stommens förmåga att lagra värme, fönsterareor, ljusmiljöer, val av solavskärmning med mera. Kompetens och förmåga att se till helheten är avgörande för val av teknisk lösning. Fortlöpande driftoptimering säkrar funktion och prestanda på sikt.

I vårt "kalla" klimat finns ingen riktig tradition att passivt hålla undan värme från en byggnad som i många andra länder. Att öppna fönster på natten är en självklarhet på samma sätt som att stänga ute solvärmens under dagen med fönsterluckor eller markiser. Här finns mycket att lära både för hyresgäster och i resten av fastighetsbranschen. Att enbart förlita sig på rent tekniska lösningar är inte alltid "klimatsmart" eller hållbart på sikt.

¹ Miljömål 15, God bebyggd miljö – se även www.miljomal.nu

Målsättningen med den här skriften är att ge en överblick av området och ett stöd till dig som är i behov av åtgärder för att få bra termisk komfort på arbetsplatsen. Vi redovisar hur förutsättningarna för installation av kyla kan variera, vilka aktörer som är viktiga och hur dessa kan påverka processen. En kortfattad beskrivning av olika tekniska lösningar redovisas samt tips och råd till den som planerar att förbättra komforten under sommaren på ett effektivt sätt.

En mycket viktig fråga är att möta hyresgästens förväntningar. Hur ska kravet på termiskt klimat eller komfort beskrivas och kommuniceras? Hur ska det bli greppbart för både tekniker och gemene man och hur ska det värderas? Hur ska var och en på en arbetsplats bli medveten om vilka komfortkrav förvaltare och representant för brukaren kommit överens om? Att definiera kvalitetskravet på ett bra sätt är avgörande för alla parter.

Bristande komfort har ett pris i form av minskad arbetsprestation. Här har den offentliga sektorn ett särskilt stort ansvar då alternativet att byta lokal i allmänhet inte finns för brukaren. Prioriteringen av resurser för åtgärder och installationer är alltid svår.

Därför är det särskilt viktigt att man i offentliga lokaler reglerar överenskommelsen mellan hyresgäst och förvaltare avseende termiskt klimat i en formell överenskommelse eller en övergripande policy. Detta kommer i förlängningen att gagna bägge parter. Risken för onödigt lidande, onödiga kylinstallationer med tillhörande kostnader och slöseri med både mänskliga och tekniska resurser minskar. Åtgärder för bättre komfort kan ofta gå hand i hand med bättre driftsekonomi och högre arbetskapacitet.

Utöver detta måste vi idag ta hänsyn till att det yttre klimatet förändras. Dels med avseende på ökad temperatur ute och dels för att valet av tekniska system och lösningar för kyla långsiktigt kommer att påverka klimatet. På avdelningen för installationsteknik på Chalmers Tekniska Högskola har man nyligen studerat hur den ökade användningen av komfortkyla påverkar den yttre miljön med hjälp av LCA-analys (Life Cycle Assessment)². Studiens fokus var att visa hur man kan studera miljöpåverkan i tidiga skeden och använda denna som urvalskriterium mellan flera alternativa system.

En utredning av Energimyndigheten från 2006 visade att 12 procent av energianvändningen i lokaler med kylanläggningar används till kyla, vilket motsvarar ca 17 kWh/m². Totalt används ca 2,5 TWh per år till kylning. I jämförelse med Europa har Sverige mer kyld yta per invånare än exempelvis Frankrike, Danmark och Holland³. Om man ser till kyld yta i hela Sverige har den fördubblats mellan 1990 och 2005. I en studie av Sveriges miljöinstitut, IVL, från 2007 har man beräknat att kylbehovet för lokaler kommer att tredubblas under den närmaste 30-årsperioden, vilket skulle påverka hela Sveriges behov av energi påtagligt.

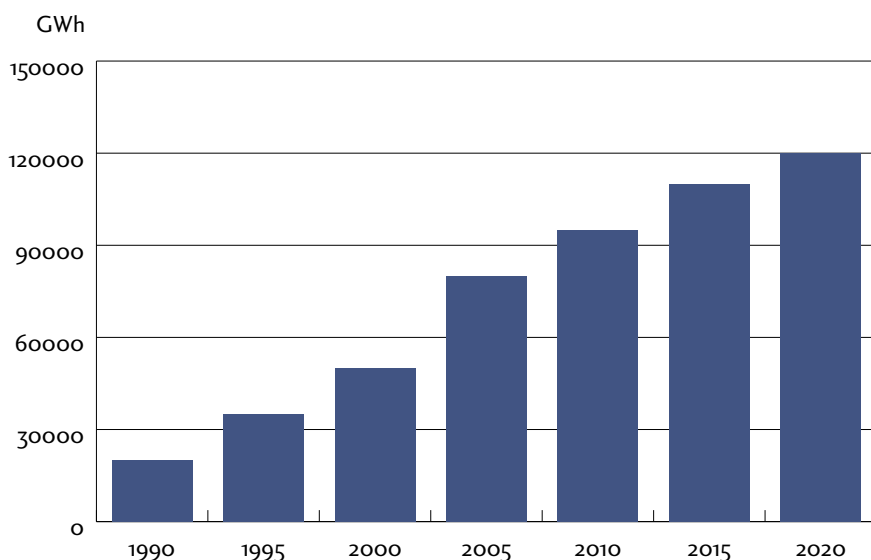
Användningen av komfortkyla ökar även i övriga Europa. International

² Environmental Assessment of Air-conditioning Systems, Heikkilä, K 2007

³ Källa: Energy Efficiency and Certification of Central Air Conditioners (EECCAC) April 2003, Jérôme ADNOT, ARMINES, France

Energy Agency (IEA) anger ökat kylbehov som en av de största källorna till ökat energibehov och räknar med att användningen kan fyrdubblas fram till år 2020. Även i EU-direktivet Energy Performance of Buildings Directive (EPBD) uppmärksammas detta: där konstateras att strategier för att utnyttja byggnaders termiska egenskaper under sommaren måste prioriteras. Passiv teknik för att förbättra termiskt klimat inomhus och mikroklimat utanför byggnaden måste utvecklas⁴.

FIGUR 1 Årlig användning av kyla i Europa samt prognos fram till 2020.



KÄLLA: Adnot, J. et al. (2003). Energy Efficiency and Certification of Central Air Conditioners (EECCAC). Study for the D.G. Transportation-Energy (DGTREN) p 21.

I EU-projektet "Keep Cool"⁵ där Sverige deltar tillsammans med sju andra europeiska länder har man introducerat begreppet "Sustainable summer comfort". Här beskrivs ett sätt att uppnå bra inomhuskomfort under sommaren med minimal energianvändning och utan material eller ämnen med negativ miljöpåverkan. Kort sagt – hållbar sommarkomfort. Att fokusera på funktionen istället för teknik måste vara utgångspunkten när man talar om strategier för komfortkyla.

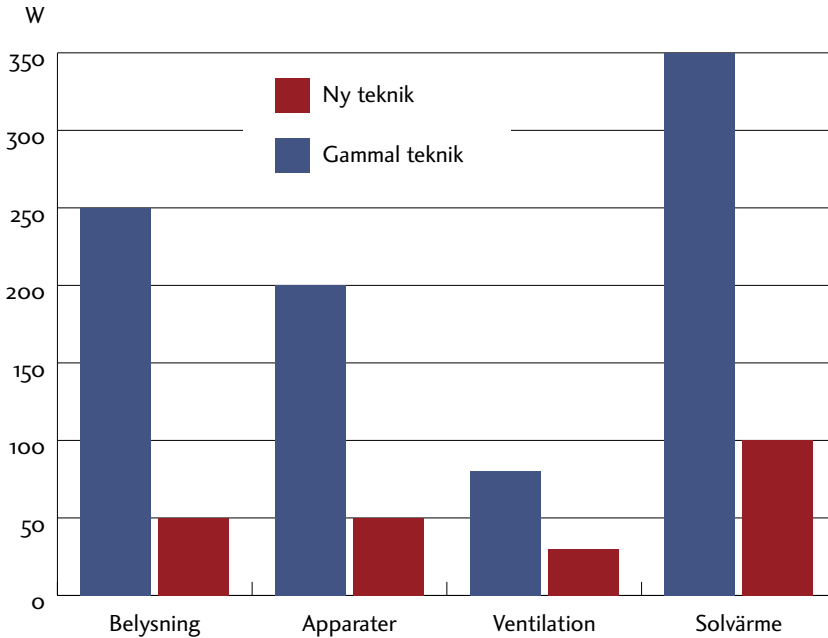
Parallellt med en ökad användning av komfortkyla pågår en positiv teknisk utveckling som minskar behovet av kyla. Detta gäller inte bara teknik för att producera kyla i sig utan även teknik för att reducera tillskott av värme inom-

⁴ European Communities, 2003, p. L1/66.

⁵ Se även projektets hemsida www.keepcool.info

hus som därmed minskar behovet av kyla. Dagens "platta skärmar", den ökade användningen av bärbara datorer och effektivare processorer använder mindre energi och alstrar mindre värme. Nya ljuskällor kan vara mycket energieffektiva, fläktar och pumpar har blivit bättre och teknik för solskydd utvecklas.

FIGUR 2 Värmelast i kontorsrum som medelvärde under arbetstid. Skillnaden mellan gammal och ny teknik som avger värme inomhus är påtaglig.



KÄLLA: Formas rapport, Naturlig kyla i kontor.

Vid nyproduktion av byggnader är det numera mycket vanligt att man installerar komfortkyla från början. Den ökande användningen av värmepumpsteknik leder också som en bieffekt till ökad kylanvändning, eftersom tekniken möjliggör detta. Komfortkyla i nya byggnader skapar till följd av detta även önskemål om samma standard i det befintliga fastighetsbeståndet, vilket skulle leda till mycket stora investeringar, ökad energianvändning och ökade driftkostnader. De vinster man gör genom åtgärder för energieffektivisering riskerar att ätas upp av den ökande användningen av kyla.

Det finns också en mängd myter kopplade till behovet av kyla för både komfort och processer. Ofta grundar sig dessa på bristande kunskap men de kan tyvärr få långtgående konsekvenser. Tekniken utvecklas snabbt och det gäller att hänga med.

Fem myter

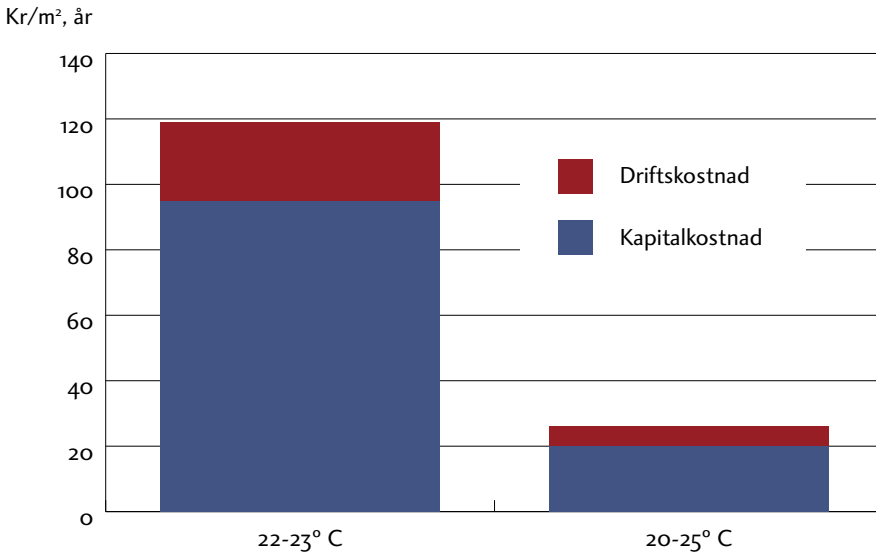
- **”Vår datautrustning kräver kyla året om”**. Moderna datorer och datautrustning är tillverkade för att klara mycket höga temperaturer i alla delar av världen och kräver ytterst sällan 20° C året om som omgivningstemperatur.
- **”Solskydd på fönstren håller inte länge och förfular fasaden”**. Teknik för solfilm och solskyddsglas har kommit långt både vad gäller utseende och hållbarhet.
- **”Med nattkyla blir det för kallt på morgonen”**. Risken för att kyla ner en normalt tung byggnad flera grader under en sommarnatt är mycket liten eller snarast obefintlig.
- **”Öppnas fönstren fungerar inte kylan”**. Det är nästan alltid bra att kunna öppna fönster om temperaturen ute är lägre än inne med undantag för buller/miljöproblem eller eventuell fuktbehandling.
- **”Med individuell rumsreglering kan var och en få önskad temperatur”**. Individuell reglering av rumklimat kräver i princip att man måste ha stängda dörrar mellan olika arbetsplatser vilket är mycket ovanligt.

Det finns en stor risk att utbyggnaden av kyla görs schablonmässigt och utan att man tänkt igenom det faktiska behovet eller vilka konsekvenser utbyggnaden leder till. Med Boverkets nya byggregler med ett tak för energianvändning i nyproducerade lokaler kan detta bli problematiskt förutom ökade driftkostnader. Större vikt måste läggas på helhetslösningar för att uppnå en bra komfort inomhus under sommaren och samtidigt hålla nere effekt- och energianvändning.

Det finns ett antal studier som visar att frånvaro, avbrott i arbetet, frivillig övertid, arbetstidens längd, arbetets kvalitet och produktionsvolym påverkas av miljön inomhus⁶. Men valet av systemlösning och kostnader för detta varierar kraftigt. Krav på låg konstant temperatur hela sommaren kräver mycket hög kyleffekt, höga investeringskostnader och därmed höga kapitalkostnader.

⁶ Clements-Croome D, Creative the productive workplace, University of Reading UK, 2000

FIGUR 3 Kostnader för komfortkyla, här visas exempel på årliga kostnader för drift och kapitalkostnader i förhållande till temperaturkrav.



Som framgår av figuren ökar driftkostnaderna kraftigt om man ställer krav på ett snävt temperaturintervall under hela sommaren. Skälet till de starkt ökade kostnaderna vid ett snävare temperaturintervall är behovet av hög kyleffekt, rörinstallationer, långa drifttider samt antal och typ av komponenter som måste installeras i rummen. Installationskostnaderna kan närma sig 1 000 kr/m². För exempelvis Uppsala kommun med ca 600 000 m² skulle detta innebära en årlig driftkostnad på drygt 70 miljoner kronor för komfortkyla. Om strategin att steg för steg uppnå hållbar sommarkomfort enligt punkterna 1–10 (som presenteras i kapitel 2) används kan kostnaderna minska dramatiskt.

Passiva åtgärder som att använda solskydd, stänga av lampor och datorer som inte används, val av klädsel, vädning på natten med mera minskar naturligtvis behovet av kyleffekt. Om man dessutom tillåter ett temperaturintervall på några grader under dygnet så att byggnadens stomme kan användas som "buffert" och kan acceptera några timmar med lite högre temperaturer när det är som allra varmest utomhus minskar behovet av kyleffekt rejält. Enklare och billigare installationer kan användas och i många fall kan man klara sig helt utan kylinstallationer.

Det finns inget motsatsförhållande mellan bra komfort och effektiv energianvändning. Utnyttjas ny effektiv teknik och en genomtänkt strategi finns en mycket stor potential för ekonomiska och miljömässiga vinster.



KAPITEL I

Komfort *och* klimat

Komfort och klimat

När man ska beskriva behovet av komfortkyla bör man skilja på termisk komfort och termiskt klimat. Det termiska klimatet påverkas av fysikaliska parametrar som luftrörelser, ytors temperatur et cetera. Den termiska komforten påverkas naturligtvis av det termiska klimatet men även av faktorer som vi kan påverka själva exempelvis klädsel och aktivitet. Utöver detta påverkas den termiska komforten av acklimatisering, ämnesomsättning och ålder med mera som vi naturligtvis inte direkt kan påverka men som vi måste ta hänsyn till.

Termiskt klimat

Ett rums termiska klimat skapas av luftens temperatur, temperaturskillnader i rummet, skillnaden mellan högsta och lägsta temperatur, hur lång tid det är varmt eller kallt, värmestrålning mellan ytor med olika temperatur, luftrörelser, luftens fukthalt och direkt solbelysning. Medelvärdet av rumsluftens temperatur och temperaturen på rummets omgivande ytor kallas operativ temperatur. I begreppet ekvivalent temperatur vägs luftens temperatur, den termiska strålningen och luftrörelser samman. Ekvivalent temperatur är mest relevant som mått på termiskt klimat, men kräver en särskild typ av instrument för mätning.

Det termiska klimatet påverkas i första hand av:

- Luftens temperatur
- Temperaturskillnader i olika delar av ett rum – temperaturgradient
- Skillnad mellan högsta och lägsta temperatur – temperaturintervall
- Hur lång tid det är varmt eller kallt – temperaturrens varaktighet
- Värmestrålning mellan ytor med olika temperatur – strålningstemperatur
- Luftrörelser
- Luftfuktighet
- Direkt solbelysning

Nedan går vi igenom några av de parametrar som påverkar det termiska klimatet:

Temperaturskillnader i olika delar av ett rum – Temperaturgradient

Temperaturskillnader i rummet kallas även temperaturgradienter. Den största temperaturskillnaden är normalt vertikalt i rummet mellan golv och tak. Men det kan även vara stora skillnader horisontellt i olika delar av ett rum exempelvis i närhet av fönster eller yttervägg och inre delar av ett rum. I nya byggnader med energieffektiva fönster och bra isolering är det inte så vanligt med problem på grund av stora temperaturskillnader. Stora fönster med dålig solavskärmning kan skapa stora problem.

Temperaturskillnaderna är inte bara en nackdel. Man kan exempelvis placera värmealstrande apparater i svala delar av en lokal där man inte vistas. Dörrar mellan kalla och varma rum kan hållas öppna eller stängda.

Ett sätt att tillgodogöra sig temperaturskillnader inomhus är att så långt som möjligt hålla dörrar öppna mellan olika temperaturzoner, exempelvis korridor och rum. En temperaturskillnad på bara 1°C mellan två rum och öppen dörr kan ge en kylande effekt på nästan 200 W.

Värmestrålning mellan ytor med olika temperatur – Strålningstemperatur

Omgivande ytors temperatur i ett rum är en del av det termiska klimatet som påverkar den termiska komforten i hög utsträckning. En kropp strålar värme mot en kall yta vilket man direkt kan uppleva om man exempelvis sitter nära en kall yttervägg. På motsvarande sätt strålar värme från ett uppvärmt fönster mot föremål och personer inne i ett rum. Temperaturen på fönstrets inneryta kan bli mycket hög om man inte har någon solavskärmning. Den operativa temperaturen som påverkas av strålningen kan då bli flera grader högre än luftens temperatur.

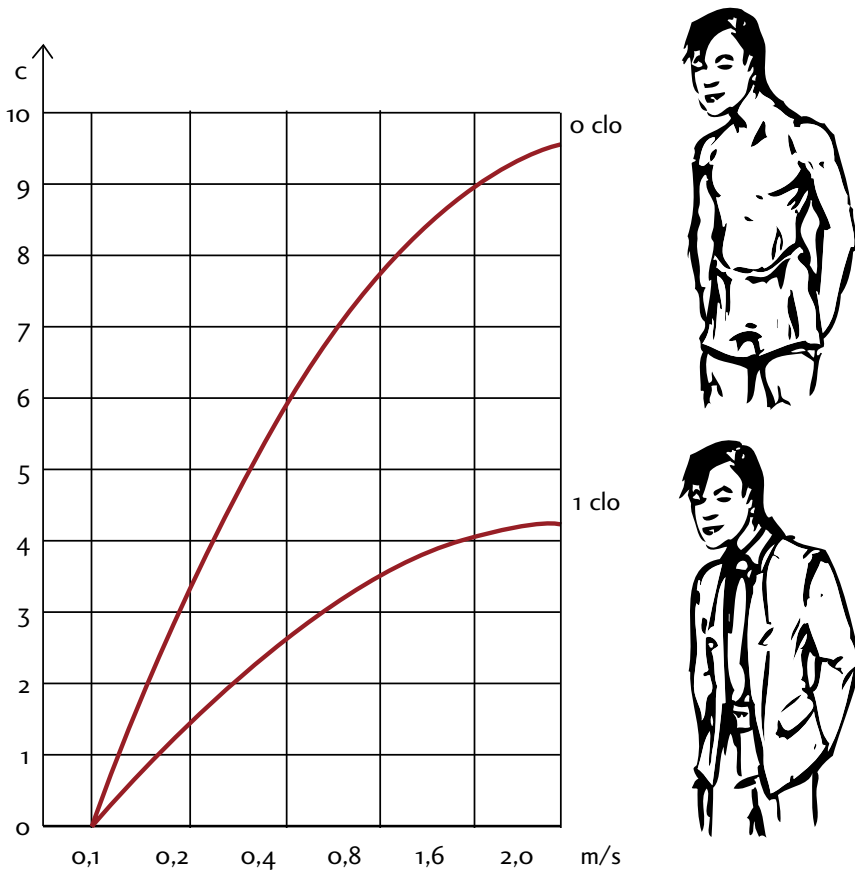
Golvets yttemperatur har stor lokal inverkan då det är den enda delen av rummets ytor som människan är i direkt kontakt med. Även om det är en liten del av människans värmebalans påverkas vi av golvets temperatur. Hur mycket värme som överförs genom ledning beror på skornas isolerande egenskaper. Tyvärr är det svårt att tillgodogöra sig denna typ av kylande effekt då man helst skulle vara "barfota" om golvet är svalt.

Det man i första hand kan påverka är att se till att solen avskärmas på ett effektivt sätt för att undvika att fönster och andra ytor i rummet värms i onödan.

Luftrörelser

Luftrörelser inomhus uppkommer i huvudsak genom det sätt på vilket luft tillförs rummet via ventilationssystemet, detta kan även i viss mån påverkas av vindförhållanden. I Boverkets byggregler anges att lufthastigheten i vistelsezon bör vara högst 0,15 m/s under uppvärmningssäsongen. Under icke uppvärmningssäsong kan hastigheten tillåtas stiga till 0,25 m/s.

FIGUR 4 Temperaturkompensation för drag, figuren visar hur mycket luftens temperatur måste kompenseras beroende på lufthastighet i m/s för olika typer av klädsel.



KÄLLA: Baserad på Norlin, Ulf Miljökompendium.

⁷ Värmeisoleringsförmågan anges vanligen i enheten clo (av engelska clothing). 0 clo är inga kläder alls, 1 clo motsvarar normal inomhusklädsel vintertid (ursprungligen kostym med väst).

Som figuren visar kan luftrörelser ha en rejält kylande effekt på människan. Ett exempel på detta får man med hjälp av en bordsfläkt: Vid klädsel 1 clo⁷ kan man i princip öka temperaturen med 2°C genom att öka lufthastigheten från 0 till 0,25 m/s med bibehållen komfort.

Luftfuktighet

Vid hög relativ fuktighet försvåras kroppens förmåga att avge värme i form av vätska. Ett fenomen som man kan uppleva som mycket besvärande i många delar av världen. Vid hög relativ fuktighet inomhus kan man dessutom få problem med kondens och mögeltillväxt.

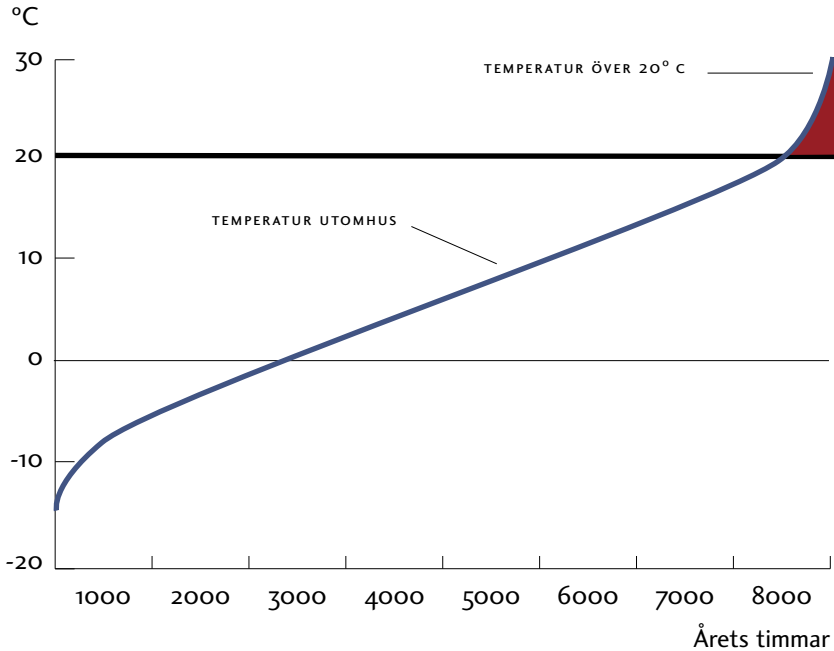
Låg relativ fuktighet underlättar däremot kroppens förmåga att avge värme. I vårt klimat är den relativa fuktigheten normalt sett hög under sommaren. Vid torr inomhusluft (låg relativ fuktighet), framför allt inomhus på vintern, kan man få problem med irriterade ögon och slemhinnor. Det kan även föra med sig andra olägenheter som att människor liksom vissa material lättare blir statiskt uppladdade. Man brukar ange ett område mellan 40 procent och 70 procent som problemfritt.

Hög temperatur upplevs också helt olika vid exempelvis 50 % relativ fukthalt jämfört med 80 % relativ fukthalt, som inte är ovanligt utomhus på sommaren. I riktlinjer från den amerikanska branschorganisationen ASHRAE⁸ tas hänsyn till detta genom att koppla temperaturkravet till luftens fukttinnehåll. Detta är inte fallet för svenska kravspecifikationer.

Den relativa fukthalten inomhus beror i huvudsak på fuktförhållanden och temperatur utomhus. Med så kallad luftburen kyla där uteluften kyls innan den tillförs rummet kan man "torka" luften och därmed hålla nere den relativa fukthalten inne. Fukt i uteluften kondenseras i aggregatet som tillför luft till rummet.

⁸ American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers ASHRAE.

FIGUR 5 visar varaktigheten för temperaturen utomhus i mellansverige under ett kalenderår. Av figuren framgår att det endast är ett fåtal timmar då temperaturen utomhus överstiger $+20^{\circ}\text{C}$ under ett normalt år (se röd markering).



KÄLLA: Aton Teknikkonsult AB.

Förhållandena varierar något beroende på geografiskt läge men den ”gratiskyla” som finns tillgänglig under den absolut största delen av året bör alltid utnyttjas så långt som möjligt.

Under största delen av året är temperaturen utomhus under $+20^{\circ}\text{C}$ och kan användas för att kyla lokaler, särskilt nattetid.

Trots att den globala medeltemperaturen ökar⁹ måste möjligheten att kyla med uteluft utnyttjas så långt som möjligt då detta i sig bidrar till minskade utsläpp av växthusgaser.

Termisk komfort

Vid bedömning av vilken rumstemperatur som är lämplig måste man i första hand ta hänsyn till vilken typ av verksamhet som bedrivs i lokalerna. Det är särskilt påtagligt i vårdlokaler där behoven kan se helt olika ut för patient respektive personal som ofta vistas i samma rum.

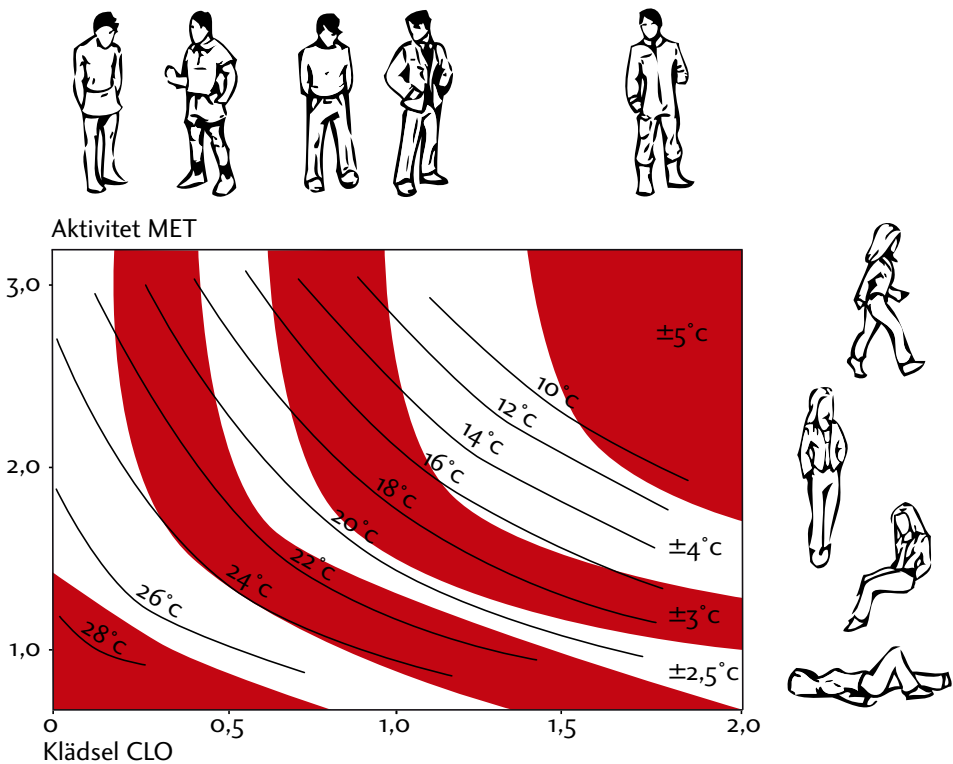
⁹ FN:s klimatpanel, Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC).

Vi som individer upplever komfort väldigt olika, att sänka temperaturen generellt genom att installera kraftfulla kylanläggningar utan analys av verksamheten och dess olika behov är inte att rekommendera.

Förutom klädsel och aktivitet påverkas den termiska komforten av vår egen värmebalans och acklimatisering till omgivningen, det vill säga kroppens förmåga att anpassa sig till omgivande klimat. Vi kan själva påverka den upplevda temperaturen – komforttemperaturen – med flera grader utan tekniska lösningar. Mycket är självklart som val av klädsel och att dricka tillräckligt när det är varmt, men man kan dessutom komma mycket långt med hjälp av bra solavskärmning, lokala fläktar och anpassning av verksamheten till byggnadens planlösning och termiska förutsättningar.

Komforttemperatur

FIGUR 6 visar vilken temperatur som upplevs komfortabel i förhållande till klädsel (Clo) och aktivitet (Met).



KÄLLA: baserad på Fanger 1984.

En lättklädd person ($clo=0,5$) i vila behöver ca 26 till 28 grader för att uppleva termisk komfort samtidigt som en person med skrivbordsarbete klädd i byxor och kavaj ($Clo=1,0$) tycker att 18–20 grader är bra.

I den internationella klimatstandarden ISO 7730 finns en komforttemperatur angiven för olika kombinationer av klädsel och aktivitet. Aktivitetsnivån mäts i enheten Met och klädernas termiska isoleringsförmåga mäts i enheten Clo. Normalt kontorsarbete motsvarar en aktivitetsnivå på 1,2–1,3 met. Lättare sommarklädsel motsvarar 0,5–0,8 clo medan normal vinterklädsel för inomhusbruk motsvarar 1,0–1,2 clo.

Hur det termiska klimatet upplevs finns beskrivet av ett så kallat klimatindex, Predicted Mean Vote – PMV, som bestäms med hänsyn till lufttemperatur, strålnings- och luftfuktighet, luftfuktighet, klädsel och aktivitet. Med hjälp av PMV kan andelen missnöjda (Predicted Percentage of Dissatisfied – PPD) förutsägas.

Acklimatisering

Studier har visat att människan anpassar sig till omgivande temperatur relativt snabbt. När man direkt utsätts för hög temperatur ökar pulsen och kroppens temperatur. Förmågan att svettas, vilket kyler ner kroppen mer effektivt, kommer att öka. Efter relativt kort tid återgår puls och kroppstemperatur till normalnivå. Konkret innebär detta till exempel att vi kan tolerera en högre temperatur i slutet på sommaren än under en värmebölja tidigt på säsongen. En tidig värmebölja är heller inte lika kännbar då byggnadens stomme inte hunnit värmas upp helt i början på sommaren.

Kroppens värmebalans

Värmeutbytet mellan människa och omgivning sker genom strålning, avdunstning, konvektion och ledning. En varm kropp i närheten av en kall yta förlorar värme genom strålning till den kalla ytan. Svettning och andning är exempel på avdunstningsförluster från människan. Konvektionsförluster uppkommer då kall rumsluft passerar människan och transporterar bort värme från kroppen. Ledning sker vid direktkontakt i första hand via fötter mot golvet eller direkt kontakt mot en kall vägg.

Kroppen har en mycket god förmåga att själv reglera temperaturen och värmebalansen, men vi kan absolut hjälpa den på traven. Avdunstningen påverkas direkt av kroppens vätskebalans vilken naturligtvis påverkas av hur mycket vi dricker. Anpassning av klädsel kan tyckas självklart men detta passar inte alltid i verksamheten. Man bör om möjligt lätta på eventuella krav på onödigt varm klädsel på sommaren.

Behovet av processkyla

Det finns ett par viktiga aspekter som bör nämnas i samband med behovet av processkyla även om denna skrift avgränsas till komfortkyla.

Vid dimensionering av kyla för teknisk utrustning ska man utgå från tillverkarens temperaturkrav för att undvika slentrianmässig dimensionering. Man bör också ta vara på eventuella möjligheter att placera teknisk utrustning så att behoven av kyleffekt minimeras, exempelvis i avskilt utrymme i anslutning till schakt eller trapphus där värme kan föras bort direkt utan att belasta verksamheten i sig. Man ska också försöka dra nytta av eventuell överskottsvärme.

Det är inte ovanligt att kylutrustning för teknik är ansluten till samma installation som komfortkylan. Risken är mycket stor att detta ger upphov till problem. Kylbehovet för teknik och komfort skiljer sig oftast åt med avseende på temperaturer och tider. Man kan bli tvingad att "köra" en hel anläggning med låg framledningstemperatur året om trots att det bara behövs kyla i ett enstaka rum.

"Man kanske inte alltid behöver kyla datautrustningen så mycket som man gör idag (rumstemperaturkrav i serverrum etc +18 till +22°C). Vissa datakonsulter menar att livslängden på utrustningen påverkas vid normala rumstemperaturer +22 till +25°C. Normalt byts utrustningen ut ändå efter ett par år när modernare utrustning kommer."

Leif Larsson, PO Andersson konstruktionsbyrå AB



Hur gör man?

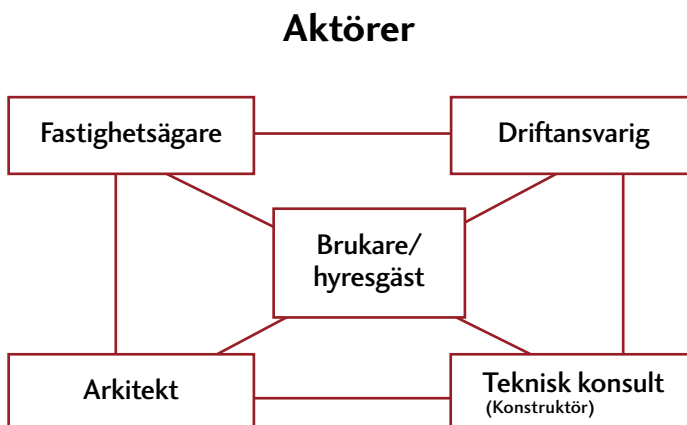
Hur gör man?

– för att uppnå ett långsiktigt hållbart termiskt klimat inomhus

I samband med ombyggnad eller när man får problem med för hög temperatur inomhus kan det verka enklast att installera utrustning för kyla. Det finns då en uppenbar risk att man inte tar vara på möjligheterna att förebygga klimatproblem eller minska kylbehovet med de relativt enkla medel som ofta står till buds. Det är viktigt att öka kunskapen om hur teknik och människa kan samverka för att uppnå en hållbar termisk komfort under sommaren.

För att uppnå ett långsiktigt bra resultat måste alla som är inblandade i processen samverka det vill säga brukare, arkitekt, teknisk konsult och driftansvarig trots att huvudansvaret ligger på fastighetsägaren eller byggherren.

FIGUR 7 visar schematiskt vilka aktörer som måste samverka för att uppnå ett bra termiskt klimat.



I detta kapitel redovisas 10 punkter i en strategi för att få långsiktigt hållbar termisk sommarkomfort med brukaren i centrum.

Strategi för att uppnå en hållbar sommarkomfort

- 1** Kom överens om vilket termiskt klimat som ska gälla på sommaren
- 2** Utnyttja byggnadens läge för att minimera kylbehovet
- 3** Använd effektiva solskydd
- 4** Utnyttja byggnadens speciella egenskaper, konstruktion och planlösning för att minimera kylbehovet
- 5** Minimera värmeförlust från belysning och apparater
- 6** Utnyttja möjligheterna att själv påverka den termiska komforten inomhus
- 7** Använd frikyla för att föra bort värme från byggnaden
- 8** Utnyttja miljövänlig kylproduktion om passiva åtgärder och frikyla inte räcker
- 9** Använd effektiv konventionell kylteknik
- 10** Utbilda brukare och driftpersonal så att anläggningen kan drivas optimalt över tiden

Kom överens om vilket termiskt klimat som ska gälla på sommaren

”Att vara tydlig med komfortkravet är mycket viktigt och det kommer att påverka hela processen. Man måste hjälpa beställaren att formulera vad han eller hon vill ha och vad man egentligen beställer. Det är något som arkitekter verkligen bryr sig om”.

Marie Hult, White Arkitektet

Under arbetet med denna skrift och i samtal med olika aktörer återkom behovet av att vara mycket tydlig när man beskriver det termiska klimatet. Som tidigare nämnts måste man skilja på komfort- och klimatkrav. Termiskt klimat påverkas av byggnaden och dess installationer. Termisk komfort påverkas även av ålder, klädsel, aktivitet med mera. För att specificera det termiska klimatet måste man i olika grad ta hänsyn till:

- Luftens temperatur
- Temperaturskillnader i olika delar av ett rum – temperaturgradient
- Skillnad mellan högsta och lägsta temperatur – temperaturintervall
- Hur lång tid det är varmt eller kallt – temperaturens varaktighet
- Värmestrålning mellan ytor med olika temperatur – strålningstemperatur
- Luftrörelser
- Luftfuktighet
- Direkt solbelysning

(Se även Termiskt klimat s. 18)

Temperaturen inomhus måste få variera under dygnet och under sommarsäsongen vilket kan beskrivas med temperaturintervall och varaktighet. För att utnyttja byggnadens termiska massa för kylning är temperaturvariationer nödvändiga och beskrivs som max och min temperatur. Varaktigheten kan beskrivas som det antal timmar med hög temperatur som kan accepteras i förhållande till arbetstid.

Att ställa krav på en konstant temperatur eller ett snävt temperaturintervall hela sommarperioden kan kräva mycket höga kyleffekter. Man måste då dimensionera för ett fåtal timmar med mycket höga temperaturer ute som bara inträffar vid några enstaka tillfällen. Genom att referera till operativ temperatur¹⁰ som krav tar man direkt hänsyn till omgivande ytors temperatur och strålningstemperatur. Operativ temperatur i ett rum med mycket fönster, utan eller med dåligt solskydd, kan vara flera grader högre än luftens temperatur när

¹⁰ Medelvärde av rumsluftens temperatur och temperaturen på rummets omgivande ytor kallas operativ temperatur.

solen skiner. Man kan också ange högsta eller lägsta acceptabla temperatur på en viss yta, exempelvis ett golv.

Temperaturskillnader i rummet kan beskrivas som en högsta acceptabel temperaturskillnad mellan exempelvis tak och golv. Högsta tillåtna lufthastigheter i vistelsezon finns angivet i Byggreglerna men gäller naturligtvis inte när brukaren själv kan påverka luftrörelserna genom vädring eller forcerat luftflöde med en bordsfläkt. Krav på luftfuktighet är svårt att ställa då det i huvudsak beror på luftens tillstånd utomhus.

Beskriva termiskt klimat

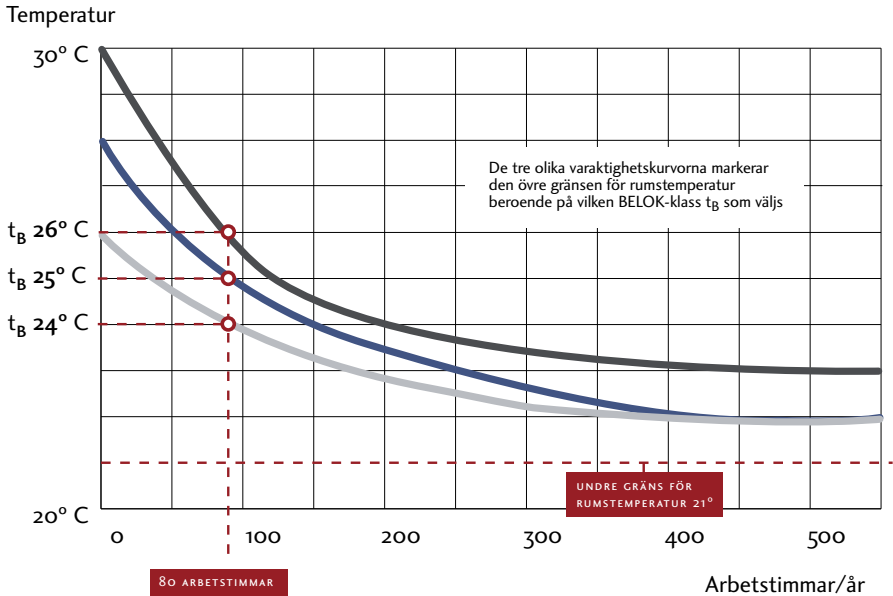
Tyvär finns ingen enhetlig och tydlig beskrivning av termiskt klimat där alla dessa aspekter beaktas samtidigt. Socialstyrelsen anger temperaturnivåer som inte bör överskridas för att undvika ohälsa. I Socialstyrelsens allmänna råd om temperatur inomhus (SOSFS 2005:15) bedöms att olägenhet för människors hälsa uppkommer om den operativa temperaturen varaktigt överstiger $+26^{\circ}\text{C}$ på sommaren eller kortvarigt 28°C .

Det finns olika sätt att beskriva termiskt klimat och termisk komfort med olika utgångspunkter. Beställargruppen för lokaler (BELOK), som finansieras av Energimyndigheten, har tagit fram en egen beskrivning på temperaturkrav för termiskt klimat som stöd för beställaren baserat på följande:

- **Under arbetstid ska rumtemperaturen** alltid kunna hållas under en övre gräns, definierad i form av en varaktighetskurva
- **Under arbetstid ska rumtemperaturen** alltid kunna hållas över en undre gräns, $+21^{\circ}\text{C}$

Temperaturnivån definieras som "BELOK-klass" med temperaturen t_p .

FIGUR 8 visar temperaturkrav i förhållande till antal arbetstimmar per år. 21° C ska aldrig understigas under arbetstid. Under sommaren tillåts temperaturen stiga över angivet krav under max 80 arbetstimmar



KÄLLA: BELOK

Syftet med BELOK:s kravspecifikationer för inomhusmiljökrav är att underlätta för beställare och andra i branschen vid upphandlingar. Kravspecifikationerna är utformade så att de kan bifogas förfrågningsunderlag eller läggas som bilaga till kontrakt och avtal och kan hämtas på www.belok.se utan kostnad.

Även Energi- och Miljötekniska Föreningen (EMTF)¹¹ har tagit fram en handbok "Riktlinjer för specifikation av inneklimat" kallad R1 som ska fungera som ett hjälpmedel vid projektering och upphandling av inneklimatsystem. R1 kan täcka in de flesta av de krav som nämnts om man gör ett tillägg där hänsyn tas till temperaturens varaktighet. Man kan komma överens om egna temperaturförhållanden och koppla dessa till olika rum och verksamheter. Man bör dock vara medveten om att klassningen (TQ1, TQ2 osv) med snäva intervall kan kräva höga kyleffekter och att "hög klass" inte nödvändigtvis är detsamma som hög kvalitet.

¹¹ Före detta VVS-tekniska föreningen som nu har bytt namn.

RUMSTYP	GEMEN- SAMMA LOKALER	KON- TORS- RUM	ÖV- RIGA RUM	TOA- LETT	DRIFTSRUM
Termisk kvalitet					
1. Operativ temperatur					
1.1 Vinterfall					
– högsta värde °C	24	24	24	24	24
– optimalvärde °C	22	22	22	22	22
– lägsta värde °C	20	20	20	20	20
1.2 Sommarfall					
– optimalvärde °C som ej får överskri- das mer än 80 arbetstimmar un- der sommarperio- den maj–augusti	24	24	24	24	24
– lägsta värde °C	18	18	18	18	18

Tabellen visar ett exempel på kravspecifikation enligt R₁ med ett tillägg under 1.2 sommarfall som tar hänsyn till varaktighet av max tillåten operativ temperatur.

I **standarden ISO 7730:2005** presenteras en metod för beräkning av termisk komfort och grad av obehag (termiskt missnöje) människor kan utsättas för. Den ska vara ett stöd för analys och tolkning av termisk komfort med hjälp av PMV¹²/PPD¹³-index men är inte helt enkel att tillämpa praktiskt.

I ISO 7730 rekommenderas att PPD inte ska vara högre än 10 % vilket innebär att minst 90 % ska vara nöjda med det termiska klimatet. I World Health Organisations (WHO) rekommendationer nämns andelen 80 % nöjda som ett minimikrav. ISO 7730 tar inte hänsyn till temperaturens varaktighet eller människans förmåga till acklimatisering. Tillgång, spridning och användning av standarden begränsas av att den inte kan användas kostnadsfritt. I den föreslagna europeiska standarden prEN 15251 tas däremot hänsyn till förmågan till anpassning till omgivande temperatur.

¹² Predicted Mean Vote är ett så kallat klimatindex som beskriver hur det termiska klimatet upplevs.

¹³ Predicted Percentage of Dissatisfied är en metod att förutsäga andel missnöjda med det termiska klimatet baserat på PMV.

I Arbetarskyddsstyrelsens föreskrifter om arbetsplatsens utformning AFS 2000:42 finns följande formulering. "Om lufttemperaturen vid lätt och stillasittande arbete varaktigt avviker från 20–26°C sommartid bör det termiska klimatet undersökas närmare. Under en kortvarig värmebölja med ungefär samma inomhustemperatur som utomhustemperatur behöver normalt inga särskilda åtgärder vidtas."

Socialstyrelsens allmänna råd om temperatur inomhus SOSFS 2005:15 berör bland annat lokaler för allmänna ändamål där människor vistas mer än tillfälligt, till exempel vårdlokaler och klassrum. De allmänna råden gäller dock inte vid extrema väderförhållanden. Operativ temperatur som kortvarigt under sommaren överstiger 26°C och som högst 28°C anses vara "värden för bedömning av olägenhet för människors hälsa".

Ett ofta använt komfortkrav som underlag för behov av installerad kyleffekt uttrycktes av Kungliga Byggnadsstyrelsen som det så kallade P25-kravet i skriften "*Krav och råd Nybyggnadshandboken A*"¹⁴, 1992 s 63:

"Utgående från en klädsel motsvarande 0,5 clo och normal kontorsaktivitet eftersträvas ur komfortsynpunkt en operativ temperatur upp till +24°C. Acceptabel variation är 22–26°C. För normala kontorsrum innebär ovanstående att operativa temperaturen för en punkt mitt i rummet 1,5 m över golv, eller i djupa rum för en punkt 2 m från ytterväggens inre liv mitt för fönster, får vara högre än 25°C under maximalt 10 procent av arbetstiden under en statistisk julimånad".

Kravet kan modifieras med annan temperatur, annan period t ex måndag till fredag under hela året eller under vissa månader. En nackdel med P25-kravet är att det i praktiken inte kan följas upp.

! Tips

Gå igenom specifikationen av klimat och komfort noga med den som är ansvarig för verksamheten i lokalerna så att alla inblandade är införstådda med vad som gäller. Inspireras av mallen för "*Överenskommelse om termiskt klimat*" som finns i bilaga 1.

¹⁴ Skriften finns digitalt på www.fastighetswiki.se.

”Varken förvaltaren eller hyresgästen som ingår ett hyresavtal är i allmänhet tekniker, därför är det mycket viktigt med en kravformulering som alla förstår. Annars är det lätt att man flyttar över frågan till oss drifttekniker och det kan vara olyckligt”.

Bo Matsson, Teknisk chef Brostaden.

Utnyttja byggnadens läge för att minimera kylbehovet

Byggnadens läge i förhållande till omgivningen kommer att påverka det termiska klimatet på olika sätt. Stadsmiljö ger ofta en viss solavskärmning från omgivande byggnader på motsvarande sätt som topografi och vegetation. Ligger byggnaden öppet med stora intilliggande ytor som värms, exempelvis en asfalterad parkeringsplats, kommer värmestrålningen mot byggnaden att öka markant.

Fönsterplacering, storlek och solavskärmning bör anpassas till omgivningen. Luftintag i anslutning till tak kan i vissa lägen höja temperaturen på luften som tillförs byggnaden i onödan. Det finns exempel där man har utnyttjat markens förhållandevis låga temperatur för att kyla luft innan den tas in i byggnaden.

Möjligheten att vädra kan ominstetgöras på grund av föroreningar och ljud om byggnaden eller del av byggnad ligger i anslutning till trafik eller motsvarande. Kostnaden för att inte kunna använda fönstervädring bör beaktas.

Markförhållanden och omgivning i anslutning till byggnaden bör undersökas med avseende på möjlighet att utnyttja marken eller grundvatten för kyla. Ett sjöläge kan också utnyttjas för kyla.

”Man måste vara varsam med hur man ställer kraven på innemiljön, så att man både kan få en bra innemiljö och låg energianvändning. Man har här ett val som kommer att påverka behovet av kyleffekt, som bland annat har att göra med utformningen av byggnaden. Man måste se till att inte släppa in värmen.”

Marie Hult, White Arkitekter

! Tips

Undersök markförhållanden och planer för exploatering av byggnadens närområde. Utnyttja byggnadens läge och anpassa den så långt som möjligt till omgivningens förutsättningar

Använd effektiva solskydd

Utvecklingen av fönsterkonstruktioner med låga energiförluster har gått framåt och byggnader med glasfasader och stora fönsterareor har blivit vanligare. Detta ökar värmeförlusten under sommaren vilket ofta leder till övertemperaturer inomhus och ökat kylbehov. Solavskärmning är då nödvändigt för att reducera kylbehovet. Samtidigt får dock inte insläpp av dagsljuset påverkas så att behovet av belysning ökar. Det finns idag ett stort antal olika lösningar på marknaden.

Den i särklass största värmeförlusten till ett rum under sommaren kommer via fönstren. Värmeeffekten från solinstrålningen på utsidan av ett söderorienterat fönster kan komma upp i ca 1 000 W/m² på glasets ytersida. Ett oskyddat treglasfönster släpper igenom ca 70 % av värmen. Den varmaste timmen under dagen tillförs då rummet 700 W/m² via fönster och i genomsnitt under en arbetsdag ca 500 W/m² via fönster. I ett kontorsrum med en golvyta på 12 m² och en fönsteryta på 3 m² blir värmeförlusten hela 125 W/m². I storleksordningen 4 gånger den värme som behövs mitt i vintern när det är -20°C ute. Effektbehovet för kyla blir då mycket stort. Ett effektivt solskydd reducerar effekten upp till 90 %.

Utvändig solskydd avskärmar solinstrålningen bäst. Om man bara använder solskyddsglas ska dessa ändå släppa in mycket ljus, glaset ska ha hög dagsljustransmittans. Det finns också olika kombinationer av solskydd som ger stor flexibilitet.

Målsättningen är att skärma av den direkta solinstrålningen och samtidigt släppa in så mycket dagsljus som möjligt. Här redovisas de huvudtyper av solskydd som finns på marknaden:

- **Utvändigt solskydd** minskar solinstrålningen radikalt. Är ibland inte möjligt att använda på grund av estetiska skäl i exempelvis kulturmärkta byggnader med mera.
- **Mellanliggande solskydd**, solskydd mellan glaset, ger ett begränsat solskydd men kan kombineras med invändigt solskydd.

- **Solskyddsglas.** Komplettering eller montering av solskyddsglas bör helst göras i samband med andra åtgärder på fönstren.
- **Invändiga solskydd** ger lägst solskydd men kan påverkas av individen och minskar bländning. Bör kombineras med annat solskydd.
- **Solskyddsfilm,** film som monteras på befintligt glas för att minska solinstrålning. Tekniken har förbättrats avsevärt under senare år.
- **Kombination av solskydd** – exempelvis solskyddsfilm och invändiga solskydd. Ger tillsammans ett bra skydd och möjlighet att påverka individuellt.

Det finns ett antal olika typer av utvändiga solskydd som markiser, screens (utvändig rullgardin), fasadpersiennor och fasta skärmar. Mellanliggande solskydd som persiennor, vävscreens kan monteras mellan glasrutor eller innanför glaset i rummet och kan vara ett bra komplement till utvändiga solavskärmningar. Detta ger stora möjligheter att påverka ljusmiljö, bländning och interiör.

Det finns även persiennor med dagsljusinlänkning där de översta raderna av persiennens lameller används för att länka dagsljuset upp i taket. Dessa ställs i en annan vinkel än övriga lameller och minskar behovet av belysning samtidigt som en stor del av solenergin avskärmas.

Solskyddsglasen har blivit alltmer effektiva samtidigt som dagsljustransmissionen är förhållandevis hög. Även tekniken för solskyddsfilm har utvecklats med avseende på solskydd, beständighet och utseende.

Om man använder markiser är det viktigt att lämna en luftspalt mellan markis och fasad för att undvika en hög temperatur direkt utanför fönstret under markisen.

”Det är viktigt att konstruktionerna görs starka så att de håller.

Ett problem i Sverige är att solen ofta står lågt, men nu finns det genomsiktliga solavskärmningar där man både har utsikten och avskärmningen”.

Marie Hult, White Arkitekter

! Tips

Använd alltid solskydd, gärna en kombination av ut- och invändigt solskydd. Jämför kostnaden med installation och drift av kylmaskin.

En sammanställning med exempel på lösningar för solskydd finns i skriften ”Att planera, beställa och installera solavskärmning på lokalbyggnader”, Solskyddsförbundet.

Utnyttja byggnadens speciella egenskaper, konstruktion och planlösning för att minimera kylbehovet

Verksamheten i lokalerna är naturligtvis utgångspunkten för kravet på termiskt klimat och valet av lösning för att få en hållbar sommarkomfort. Det finns flera sätt att anpassa verksamhet efter byggnadens förutsättningar för att reducera kylbehov och till och med undvika kylinstallationer. De allra flesta byggnader har mycket massa i byggnadselement och inredning som kan lagra värme. Beroende på planlösningar, byggnadsdelar och zonindelning kan värme överföras från en del av byggnaden till en annan.

En viktig uppgift för arkitekten eller för den som har ansvar för inomhusmiljön är att undersöka hur verksamheten på bästa sätt kan anpassas till byggnaden och de lokaler som används. Exempel på detta är:

- Planlösningar
- Zonindelningar
- Placering av arbetsplatser
- Placering av värmealstrande utrustning
- Färgsättning och ytskikt
- Ljussmiljö

Verksamheter med olika temperaturkrav kan så långt som möjligt anpassas till byggnadens olika temperaturzoner, exempelvis nord-sydläge eller inner-ytterzoner. Värmealstrande apparater bör placeras i utrymmen där värmen inte behöver kylas bort exempelvis i anslutning till trapphus eller hygienutrymmen.

Byggnadens olika temperaturzoner som trapphus, korridorer, allmänna utrymmen, entréer, med mera kan utnyttjas för att jämma ut temperaturer. Här finns stort utrymme för kreativitet och nya lösningar.

För att utnyttja byggnadens termiska massa på ett effektivt sätt måste man tänka på vilken typ av ytskikt som används och hur ytorna exponeras. Att täcka stommen med innertak, paneler och mattor motverkar detta, här gäller det att tänka om. Temperaturen måste också tillåtas variera över dygnet.

Färgsättning och ytskikt påverkar i sin tur ljusförhållanden och behovet av belysning. Värme från belysning ökar temperaturen inomhus och påverkar det termiska klimatet.

! Tips

Undersök alltid möjligheterna att anpassa verksamhet och byggnad så långt som möjligt för att minska behovet av kyla.

”När vi byggde vårt hus [Whites huvudkontor vid Skanstull i Stockholm] pratade vi mycket om vilka rum som var dimensionerande. Vi har små rum mot väster med stora fönster och de skulle ju driva upp belastningen väldigt hårt. Därför gjordes det särlösningar för de rummen. Man satte in kylbafflar bara i de rummen. Där finns ju väldigt mycket att utveckla, att tänka på förutsättningarna och utnyttja det på olika sätt”

Marie Hult, White Arkitekter

Minimera värmeförlust från belysning och apparater

Värme som avges från belysning och apparater påverkar temperaturen inomhus i hög grad. Att minska denna värmeförlust, ofta kallad internlast, är en grundläggande åtgärd för att förbättra det termiska klimatet som brukaren själv kan genomföra och som dessutom reducerar elkostnaderna.

I moderna lokaler bör den installerade effekten för belysning inte överstiga ca 8–10 W/m². Man kan enkelt kontrollera installerad effekt för belysning genom att läsa av effekt på alla ljuskällor i lokalen, summera all effekt och dela summan med lokalens area. På samma sätt kan energi och installerad effekt från apparater beräknas.

Gamla armaturer bör bytas ut och möjligheter till närvarostyrning och kortare drifttider bör beaktas. Ljusmiljön och behovet av installerad effekt påverkas också av solavskärmning och lokalernas färgsättning. Se även till att apparater inte står på i onödan och byt helst ut gammal utrustning, framför allt äldre bildskärmar. Se till att inte kopieringsmaskiner och liknande apparater står i gemensamma utrymmen utan egen ventilation.

I Norrbottens läns landsting har man med framgång provat direktutsugar med ”spiskåpor” från värmealstrande medicinteknisk utrustning.

”Om man till exempel ska byta datorer så ska man ju helst välja energieffektiv utrustning. Då kan hyresgästen spara upp till 2 000 kr i elkostnad om året per arbetsplats förutom minskad miljöbelastning. Gör man det valet behöver man inte heller kyla så mycket. Det är den typen av information som vi vill nå ut med och våra kontaktpersoner är viktiga”.

Bo Matsson, Teknisk chef Brostaden

! Tips

För att få en så låg energianvändning som möjligt i lokalerna och samtidigt uppnå en god komfort är det viktigt att förvaltare och hyresgäster samarbetar. Interna värmelaster från belysning och apparater måste minimeras.

Använd exempelvis Energimyndighetens information och programkrav som stöd för val av effektiv belysning och kontorsutrustning, www.stem.se. Se även mallen för ”*Överenskommelse om termiskt klimat*” i bilaga 1.

Utnyttja möjligheterna att själv påverka den termiska komforten inomhus

Människans behov av termiskt klimat och temperatur som upplevs komfortabel varierar mycket. I en studie av David Wyon¹⁵ konstateras att den operativa temperaturen måste variera upp till 6°C för att 99 procent ska vara nöjda. Det innebär att komforttemperaturen borde ligga i ett intervall mellan exempelvis 19°C–25°C.

Mycket hög kyleffekt skulle behövas kombinerat med tillgång till värmeeffekt med uppenbar risk för samtidig kylning och värmning under en stor del av året. Man skulle dessutom vara tvungen att arbeta med stängda dörrar mellan olika temperaturzoner för att uppnå dessa variationer i praktiken. Det är naturligtvis svårt att uppnå tekniskt och inte heller önskvärt.

¹⁵ Creating the productive workplace, Clements-Croome et al, 2000.

Däremot kan komforttemperaturen med relativt enkla medel påverkas flera grader på individnivå genom:

- Stänga av belysning och apparater som inte används
- Användning av bords/takfläktar
- Val av klädsel
- Vädra
- Placering av arbetsplatser
- Användning av solavskärmning
- Flexibla arbetstider

! Tips

Utnyttja alla möjligheter att själv påverka den termiska komforten för att minska behovet av kyleffekt. Det är inte minst viktigt att informera brukarna om deras möjligheter.

”Man kan påverka så att alla interna laster det vill säga att värme från datorer, belysning med mera, blir så låga som möjligt. Att man verkligen ser till att man stänger av allting när man går hem. Upplysning är avgörande för att det ska fungera bra. Sedan är det svårt att ändra på rutiner och vanor”

Jan Lemming, Hyresgäst Uppsala kommun

Använd frikyla för att föra bort värme från byggnaden

Det finns ingen vedertagen definition av begreppet frikyla men det är ett sätt att kyla utan någon form av energikrävande process, förutom eventuellt pump- eller fläktarbete.

Om verksamhetens/brukarens åtgärder för att minimera internt värmetilskott, anpassning av lokalerna, möjlighet att vädra, lokala fläktar, optimerad drift med mera inte räcker för att uppnå önskat termiskt klimat finns det ett antal tekniska lösningar för komplettering med komfortkyla.

Först och främst ska kyla och uppvärmning samordnas på ett väl fungerande sätt. Det är inte ovanligt att båda systemen är i drift samtidigt. Man måste också ta reda på hur förutsättningarna ser ut utanför själva fastigheten. Finns tillgång till fjärrkyla? Finns det tillgång till sjövattnen eller annan så kallad värmesänka i fastighetens närhet? Hur ser markförhållandena ut?

Val av system för distribution av kyla i byggnaden är också avgörande för hur effektivt kylan kan produceras och användas. Temperaturen i systemet ska i allmänhet vara så hög som möjligt för att kylinstallationerna ska arbeta under optimala driftförhållanden. Man ska också undersöka om den bortförda värmen kan återvinnas på något sätt i eller utanför byggnaden/fastigheten.

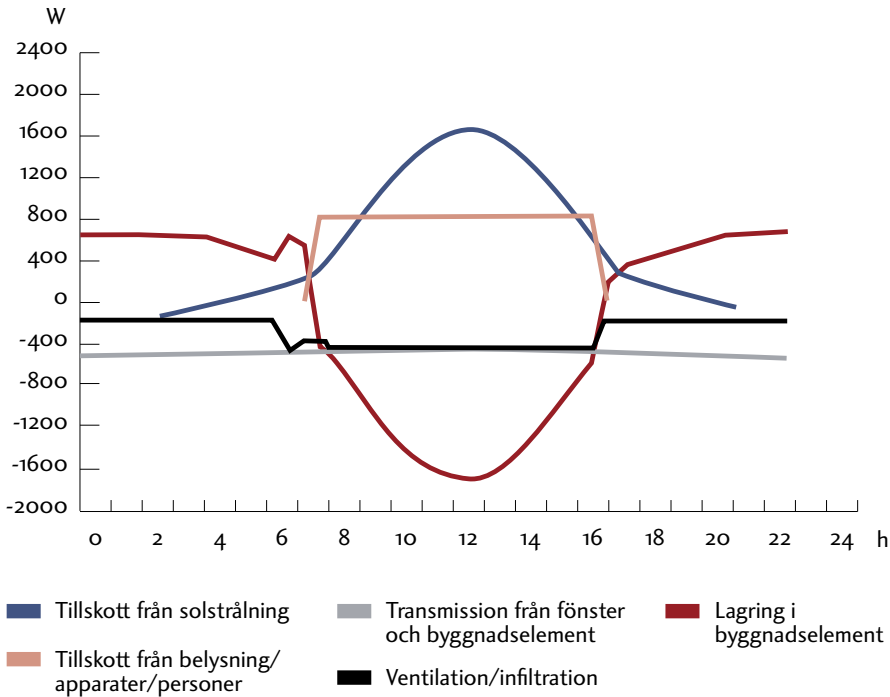
Nedan beskrivs översiktligt några vanliga former av frikyla:

- Nattkyla
- Kyla med ventilationsluft
- Kyltorn
- Borrhål
- Grundvattnen
- Sjövattnen
- Snökyla

Nattkyla

Byggnaden i sig med all inredning har framförallt stor förmåga att lagra värme från dagen till natten vilket kan utnyttjas för kylning.

FIGUR 9 visar resultat från en simuleringsberäkning under ett dygn med programmet Teknosim. Kyleffekten under dagen i form av lagring i byggnaden uppgår till hela 1,6 kW i ett kontorsrum. På natten avges den lagrade värmen till rummet (röd linje 5).



Om byggnaden bara används under en del av dygnet finns stora möjligheter att föra bort överskottsvärme med kall ventilationsluft under natten. Det är då en fördel om byggnadsstommen exponeras så mycket som möjligt. Man ska helst inte täcka invändiga ytor med mattor, paneler, undertak et cetera. Används undertak kan exempelvis en spalt lämnas öppen mellan vägg och tak.

Ofta har man någon form av nattkyla men det är vanligt att kyleffekten begränsas genom en minbegränsning av tilluftens temperatur, ofta inställt på 18–20°C. Det betyder att den svala nattluften värms till inställt minvärde. Denna minbegränsning behöver då tas bort. Med dagens avancerade styr- och reglersystem är det normalt inte något problem att ställa in parametrar för optimal nattkyla. Förutom sänkt tilluftstemperatur gäller det att maximera luftflödet under natten.

Kyla med ventilationsluft

Förutom att vädra kan det räcka långt att använda ventilationsluften för kylning, särskilt i kombination med nattkyla och utnyttjande av byggnaden som värmelager. Det är en fördel om luftflödet kan ökas när det finns kylbehov, då temperaturen utomhus är lägre än inomhus, framför allt på natten.

Behovsanpassad ventilation är ett effektivt sätt att använda ventilationen för kyla. Detta kan exempelvis göras med reglerande tilluftsdon i kombination med varvtalsreglering av till- och frånluftsfläkt.

Om ett rum är tomt och rumstemperaturen är under exempelvis 23°C tillförs enbart ett minimiflöde. När rumstemperaturen överstiger 23°C ökar flödet för att hålla rumstemperaturen på rätt nivå. Tilluftstemperaturen kan vara betydligt lägre än normalt, ca 15°C istället för 18°C–20°C. Detta är en åtgärd som ofta kan genomföras i befintliga anläggningar. En stor fördel med låg temperatur på tilluften, förutom kyleffekten, är att installation av värme till ventilationen kan undvikas.

KYLEFFEKT VENTILATIONSLUFT

FLÖDE L/S	TEMPERATUR UTE (°C)	TEMPERATUR INNE (°C)	KYLEFFEKT (W)
20	21	22	24
25	19	23	120
30	17	24	252
35	15	25	420

Tabellen visar den kyleffekt som kan bäras av luft vid olika temperaturer inne och ute. Den bästa effekten av kylning med hjälp av ventilationsluft får man om byggnaden kan kylas ner under natten.

Kyltorn

Ett annat sätt att använda luften till frikyla är att låta köldbäraren i ett vätskesystem cirkulera i en värmeväxlare utomhus när temperaturen är tillräckligt låg. Detta förutsätter naturligtvis att det finns ett köldbärarsystem.

FIGUR 10 visar en schematisk bild av ett slutet kyltorn med evaporativ kyla.

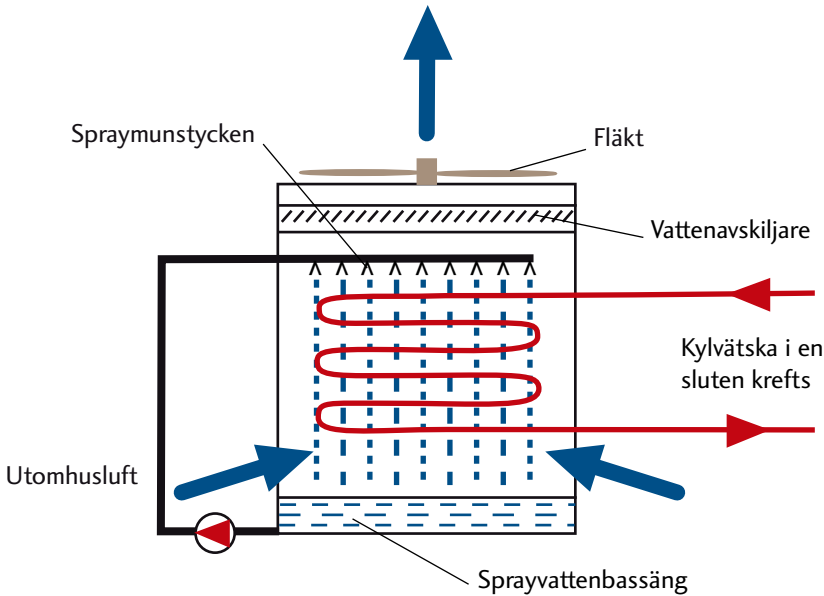


Bild: BELOK rapporten "Frikyla med kyltorn – Utvärdering av pilotprojekt om frikyla från evaporativt kyltorn kopplat till vattenburen komfortkyla" juni 2008.

Författare: Bengt Bergsten, CIT Energy Management

Det är viktigt att kylningen sker i den del av systemet som har högst temperatur. I system av den typ som visas i figuren vattenbegjuts rörpaketet i kyltornet med sprayvatten för att få en effektivare kylning, så kallad evaporativ kyla. Sprayvattnet återcirkuleras eller leds direkt till avlopp.

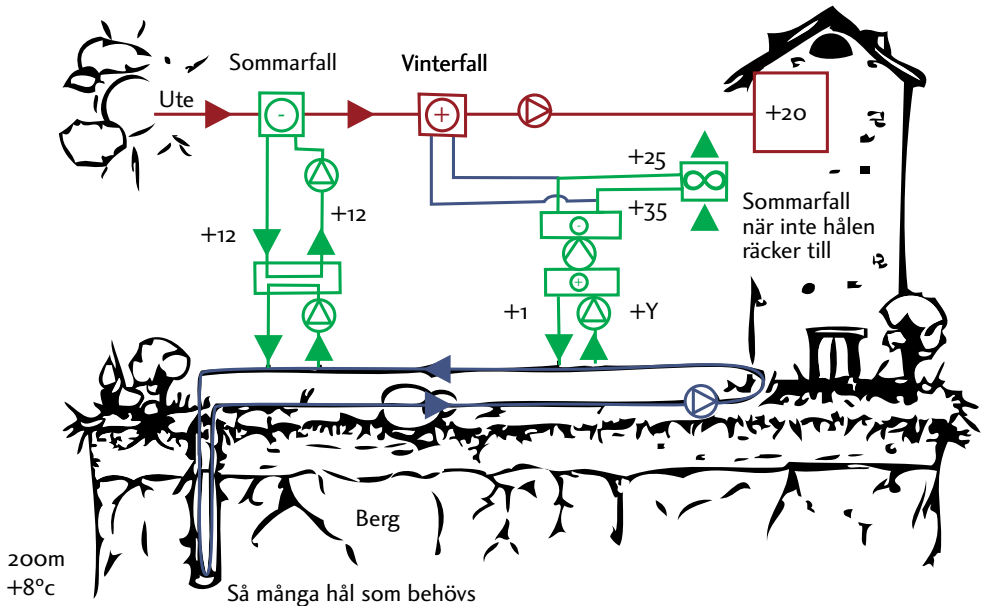
Det finns en viss risk för spridning av bakterier från kyltorn. Temperaturer mellan 35–40°C ger goda förutsättningar för tillväxt av legionellabakterien. I kyltorn för komfortkyla bör lämplig temperatur ligga mellan 15–20°C varför risken för spridning av legionella bedöms som liten.

Borrhål

Borrhålslager är ett värmelager i berg, lera, sand eller/och jord som med hjälp av hål eller slangar kan växla värme mellan en vätska och marken. I berg kan värmeväxlersystemet vara öppet eller slutet med ett rör eller ett slangsystem som värmeväxlar mot vattnet i hålet. Fördelen med det öppna systemet är bättre värmeöverföring mellan värmebäraren och berget.

Det slutna systemet, som alltid kan användas, innebär att man enkelt kan variera markvärmväxlarens utformning. Ett slutet system är ett måste då man har borrhålslager i lera eller sand.

FIGUR 11 Principbild för hur ett borrhålslager kan användas för både kyla och värme. En lösning som Akademiska Hus har använt med framgång.



Vid vinterfall hämtas värme från borrhålet via en värmepump som värmer luften till rummet. Vid sommarfall när borrhålet används för kylning cirkuleras vatten som värmts av uteluften genom rören och borrhålen. Borrhålet laddas med värme. När enbart borrhållen inte räcker för kylning används värmepumpen som kylmaskin.

Det finns olika driftstrategier som kan användas vid såväl laddning av borrhålen som uttag av värme. Att kombinera en värmning/kylning med borrhålslager kan vara en bra systemlösning förutsatt att det finns ett verkligt kylbehov.

Grundvatten

Kylning med grundvatten kan ske med hjälp av en akvifer, som lagrar grundvatten med så stor lagringskapacitet och genomsläpplighet att grundvatten kan utvinna. Ordet akvifer kommer ifrån latinet och betyder ungefär vattenbäare.

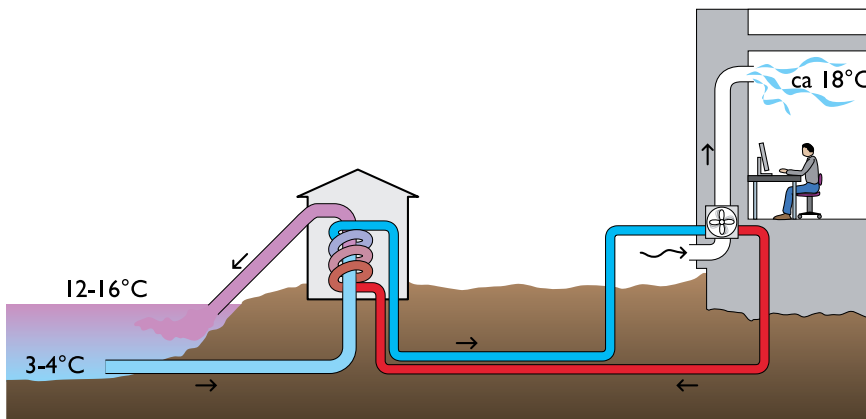
I ett akvifersystem tas kallt vatten upp ur en brunn och används till kylning. I Sverige ligger grundvattentemperaturen som regel kring 6–8°C. I nordligaste Sverige 2°C–3°C och i Skåne upp till 9°C–10°C. Grundvattnet pumpas till en värmväxlare där kylan växlas över till husets interna kylsystem. När vattnet värmts upp i huset pumpas det tillbaka till en annan brunn. Vattnet i den varma brunnen kan tas tillvara för uppvärmning. Den enda tillskottsenergi som behövs går åt till pumparbete.

Ett tidigt exempel på akvifersystem finns på SAS huvudkontor utanför Stockholm, den första fullskaliga anläggningen i Sverige. Byggnaderna kyls och värms med grundvatten från en underliggande grusås. Grundvattnet används för att kyla på sommaren och det uppvärmda vattnet lagras för att värma på vintern. Värme lagras i akviferen under perioden mars till november, övrig tid tas värme tillbaka.

Sjövatten

Sjövattentemperaturen är avgörande för möjligheten att använda vattnet för frikyllning. Det är dessutom avgörande att man kan använda så kallad "högtemperaturkyla" för att utnyttja vattnet på bästa sätt. En dimensionerande framledningstemperatur på ca $+18^{\circ}\text{C}$ ger goda möjligheter att utnyttja frikylla från sjövatten. Vid Sunderby Sjukhus i Norrbotten används älvvatten för kylning.

FIGUR 12 visar ett exempel på kylning med sjövatten. Vatten med en temperatur på 3–4 grader pumpas upp och kylar via en värmeväxlare vätska som i sin tur kylar ventilationsluften till kontorslokalen. Förutom sjövatten kan man även utnyttja marken eller luften.



KÄLLA: Statens energimyndighet. Bild: Bo Reinerdahl

Man kan inte utesluta att frikylla med hjälp av sjö- och grundvatten kan få negativa konsekvenser på ekosystemet och det krävs alltid en miljökonsekvensanalys innan tillstånd beviljas från miljödomstolen för vattendom.

Snökyla

En variant av frikyla är användningen av lagrad snö. Snökyla handlar om att lagra vinterkyla i form av snö och/eller is för att sedan använda den till olika kyländamål under årets varmare månader. Snön/isen lagras i en grop, i ett berg-rum eller på annat sätt. Kylan utvinns sedan genom att cirkulera en köldbärande, vanligen vatten, genom snön.

Snökyla är möjligt på alla platser med tillräckligt säker snötilgång alternativt där temperaturerna är tillräckligt låga under tillräckligt lång tid för att kunna tillverka snö/is. Att frysa tillräckliga mängder vatten kan göras på kort tid och till en relativt låg kostnad.

Snökyla kan användas direkt för alla kyländamål där temperaturbehovet är något över 0°C eller varmare. För lägre temperaturbehov är det ofta en fördel att köra eventuell kylmaskin mot snökylan istället för mot luft.

FIGUR 13 Sedan sommaren 2000 använder Sundsvalls sjukhus snö för både komfortkyla och kylagring med mycket goda resultat.

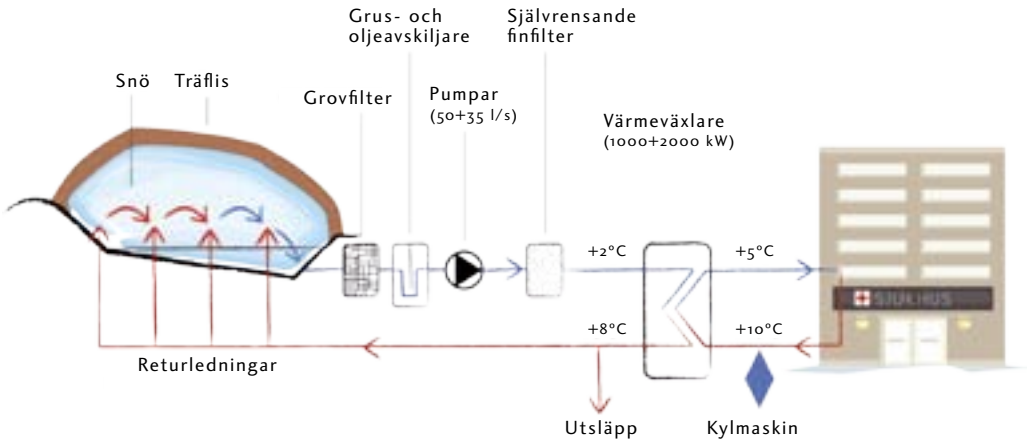


Bild: Snowpower AB, www.snowpower.se

! Tips

Utnyttja i första hand befintliga installationer för frikyla med förlängda drifttider och reglering av flöden.

Utnyttja miljövänlig kylproduktion om passiva åtgärder och frikyla inte räcker

Om inte passiva åtgärder och frikyla räcker för att få det termiska klimat som önskas finns en rad tekniker för att producera miljövänlig kyla. En förutsättning för att tekniken ska fungera på bästa sätt är dock att man försökt utnyttja alla möjligheter att minska behovet av kyla. Kyleffekten kan hållas nere, temperaturer i systemet kan hållas uppe och kostnader för installationer och drift minskar.

Evaporativa och sorptiva system kan användas i samband med luftburen kyla (kylning av/med ventilationsluft). Miljövänlig kyla kan också produceras med asorptionskylmaskiner, som bara används i stora system, t. ex. i samband med produktion av fjärrkyla.

Det finns även flera sätt att utnyttja solvärme till olika kylprocesser vilket kan låta konstigt. Drivkällan till absorptionsprocessen kan vara solvärme från solpaneler. Torkningen av luft i den sorptiva kylprocessen passar väl för solvärme. Temperaturen på köldbärarkretsen kan höjas med hjälp av solvärme i en kompressorlösning. Det kan höja köldfaktorn och bredda tillämpningsområdet för tekniken.

Här redovisas principerna för:

- Evaporativ kyla
- Sorptiv kyla
- Absorptionskyla

Evaporativ kyla

FIGUR 14 visar principen för direkt evaporativ kyla.

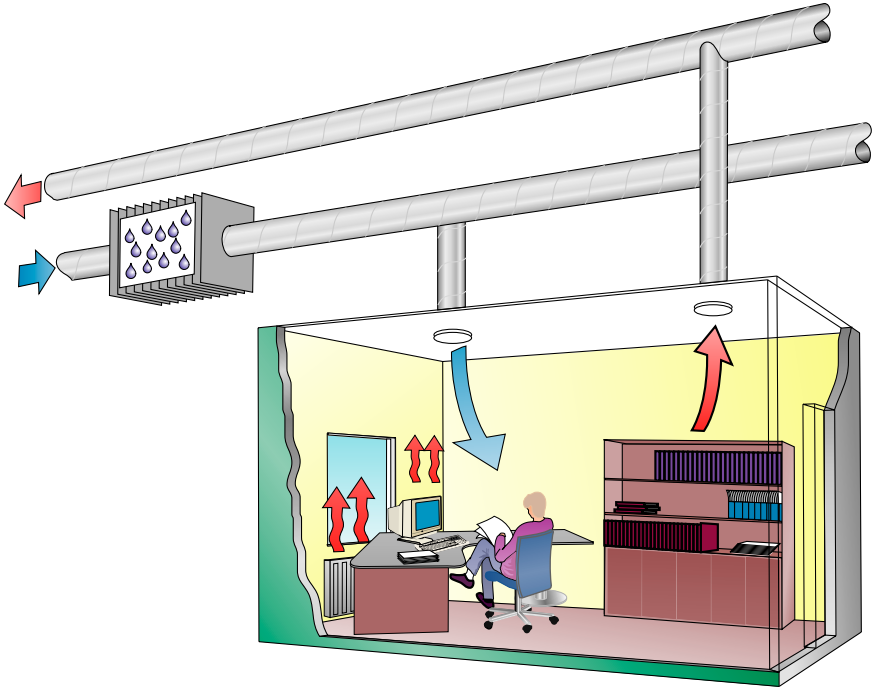


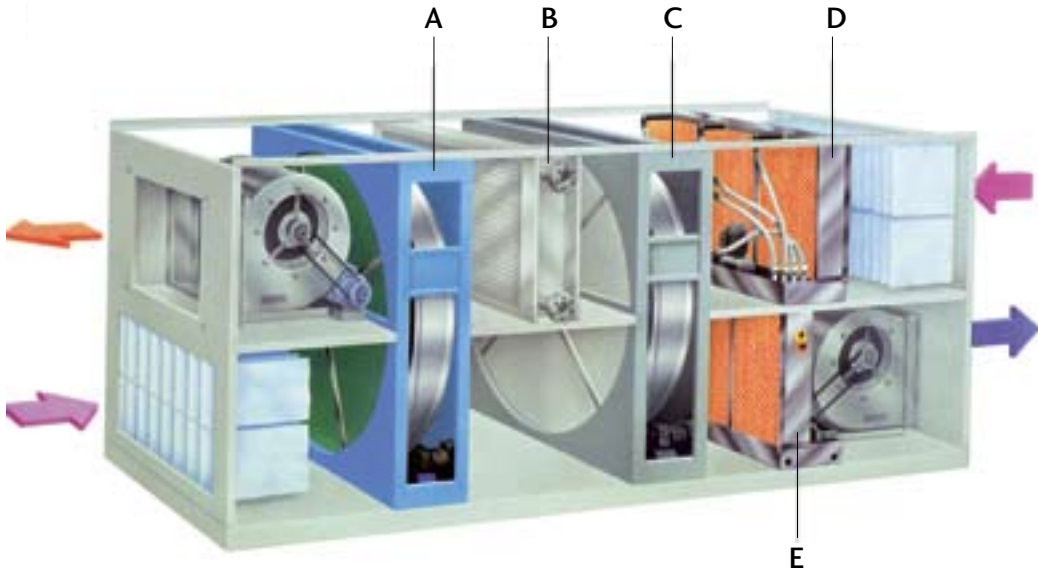
Bild: Swegon, www.swegon.com

Evaporativ kyla innebär att luftens temperatur sänks genom befuktning – genom att spreja en vattendimma eller genom att luften passerar en våt yta. Temperaturen sänks då värme tas från luften för att förångas vattnet. Detta fungerar så länge luften inte är mättad på vattenånga. Kyleffekten ökar desto torrare luften är och lägsta temperatur bestäms av luftens så kallade våta temperatur. I Sverige ligger den våta temperaturen mellan $+10^{\circ}\text{C}$ och $+20^{\circ}\text{C}$ på sommaren. Evaporativ kylning kan också ske indirekt genom att befukta frånluften som kylvlar tilluften via en värmeväxlare.

Direkt evaporativ kyla innebär att rumsluften fuktas upp – vilket inte alltid är önskvärt. Dels måste man ta hänsyn till problematiken kring eventuell spridning av legionella och dels risken för mögel. Vid indirekt evaporativ kyla fuktas inte tilluften upp eftersom kylan överförs från frånluften till tilluften med hjälp av en värmeväxlare, vilket minskar riskerna avsevärt. Värmeväxlaren utgör dock ett tryckfall vilket ökar elbehovet för fläktdrift i viss mån.

Sorptiv kyla

FIGUR 15 visar ett aggregat för sorptiv kyla, den blå pilen till höger är tilluft och den röda pilen till höger är frånluft.



Torkdel

A = Torkrotor
B = Torkbatteri

Indirekt evaporativ kyldel

C = Roterande vvx, aluminium
D = Evaporativ luftkylare, frånluft

Direkt evaporativ kyldel

E = Evaporativ luftkylare tilluft

Bild: Munters DesiCool, www.munters.se

Tekniken för evaporativ kyla kan kompletteras så att man först torkar tilluften och därefter fuktar upp den för att få en temperatursänkning. Tekniken kallas sorptiv kylprocess och är en svensk uppfinning. Fuktig och varm uteluft värms och torkas i en torkrotor. Därefter kyls tilluften först i en roterande värmewäxlare och sedan i en evaporativ kylare. Förutom att det åtgår vatten i denna process, så går det åt värmeenergi för torkningen.

Frånluften kyls också först i en evaporativ kylare och tar sedan upp värme från tilluften i den roterande värmewäxlaren. Temperaturen stiger då i frånluften och den värms sedan ytterligare i ett värmebatteri. Därefter driver den varma frånluften ut fukt som tagits upp i torkrotorn från tilluften. För att sorptiv kyla ska fungera måste värme tillföras till frånluften i värmebatteriet. Men temperaturen behöver inte vara så hög. Värmen kan vara returvattnet i fjärrvärmenätet eller soluppvärmt vatten.

Evaporativ och sorptiv kyla kan ofta vara energisnåla sätt att kyla ventilationsluft. Det finns dock tekniska begränsningar för hur låg temperatur man kan få. Därför är det viktigt att hålla temperaturen så hög som möjligt i köldbärarkretsen.

Absorptionskyla

Absorptionsprocessen arbetar enligt samma princip som andra kylprocesser, ett köldmedium förångas vid lågt tryck och låg temperatur och kondenseras vid högt tryck och hög temperatur. I absorptionsprocessen kombineras dock köldmediet med ett absorptionsmedium, vanligen en saltlösning (litiumbromid).

En fördel med tekniken och absorptionsprocessen är att den inte kräver elenergi utan kan drivas av värme som ofta är mer tillgänglig under sommaren till exempel via solpaneler. Drivkällan kan också vara olika typer av förnyelsebara energislag.

Nackdelen är att tekniken kan kräva förhållandevis mycket skötsel och inte alltid lämpar sig för mindre anläggningar. Köldfaktorn är dessutom låg vilket kan kompenseras av ”billig” drivenergi. Tekniken har funnits länge och användes tidigare i vanliga kylskåp.

! Tips

Det finns olika tekniska lösningar att beakta utifrån varje byggnad, dock är en förutsättning för att tekniken ska fungera på bästa sätt att man försökt utnyttja alla möjligheter att minska behovet av kyla. Kyleffekten kan hållas nere, temperaturer i systemet kan hållas uppe och kostnader för installationer och drift minskar.

Effektiv konventionell kylteknik

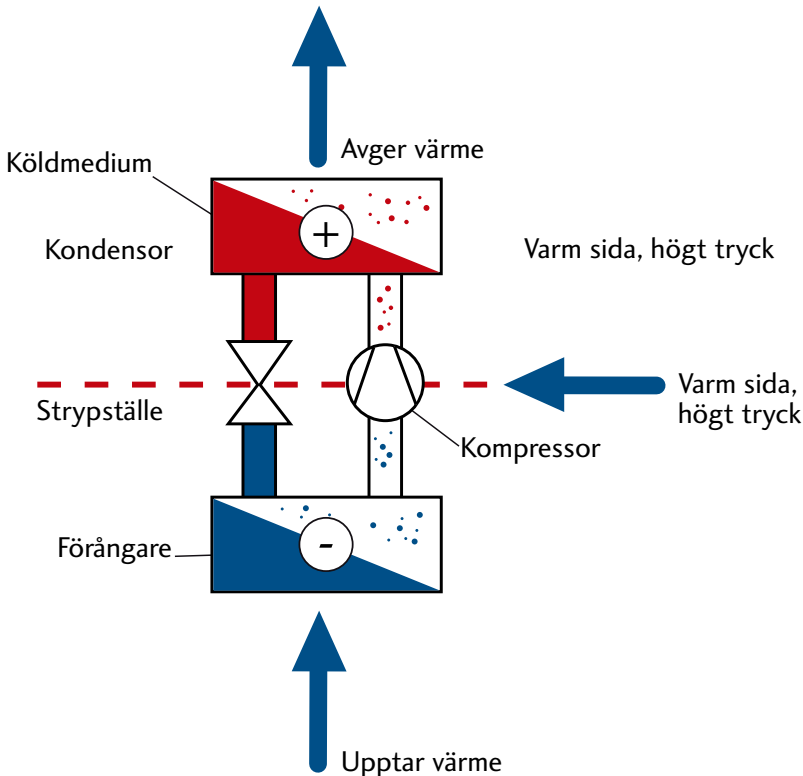
Nedan kommer några alternativ av konventionella kyltekniker att presenteras. Det är viktigt att även den konventionella kyltekniken är så effektiv som möjligt när den används.

Här redovisas principerna för:

- Kompressorkyla
- Fjärrkyla
- Distribution av kyla

Kompressorkyla

FIGUR 16 visar principen för en kylkompressor.



Den vanligaste kyltekniken är så kallad kompressorkyla. Värme tas upp vid låg temperatur och lågt tryck av ett köldmedium i en förångare. Energi krävs för att få vätska att övergå till gas/ånga. Därefter komprimeras det förgasade köldmediet av en kompressor. Köldmediet kondenserar sedan vid hög temperatur till vätska i en kondensator och leds sedan tillbaka till förångaren via en strypventil som sänker trycket.

Hur miljövänlig denna process är beror på vilken typ av energi som används till kompressorn och typ av köldmedium samt hur den bortförda värmen kan tillgodogöras. Processen i sig måste också naturligtvis vara så effektiv som möjligt. Idag är freoner förbjudna som köldmedium men de fluorerade kolväten, HFC, som vanligtvis används, har även de mycket stor klimatpåverkan om de släpps ut i naturen – tusentals gånger större än koldioxid. Det är viktigt att använda så lite köldmedier som möjligt.

Naturliga köldmedier

Naturliga köldmedier finns i naturen och bedöms inte vara så skadliga för miljön. Några exempel är koldioxid, ammoniak, propan och butan. Dessa har inte helt slagit igenom som köldmedier för komfortkyla.

- Koldioxid används alltmer i värmepumpar, men koldioxid har låg kritisk temperatur, 31°C, vilket kräver hög temperatur på den varma sidan. Köldfaktorn blir därför låg.
- Ammoniak är mycket vanligt för industriell kyla. Inom komfortkyla ökar användningen men det finns skepsis – ammoniak uppfattas som giftigt och frätande. Men ammoniak har oerhört stark lukt och varnar långt innan koncentrationen är giftig.
- Propan och butan är mycket bra köldmedier, men de är precis som andra kolväten, brandfarliga. Det kan krävas särskild säkerhetsklassning för utrymmen med kylmaskiner som innehåller dessa.

Processen är effektivare ju högre temperaturen är där vätskan upptar värme, det vill säga i förångaren. Processen är också effektivare ju lägre temperatur det är där ångan kyls till vätska, i kondensorn. Kondensorvärmens kyls ofta bort mot uteluft. Ju mindre skillnaden är mellan förångningstemperaturen och kondenseringstemperaturen, desto effektivare drift.

Under sommarens varmaste dagar är tyvärr skillnaden som störst mellan temperaturen ute och inne och kylmaskinens effektivitet som sämst.

Med hjälp av tillskottsenergi, exempelvis från solpaneler, kan temperaturen på köldbäraren påverkas. Detta är ett sätt att effektivisera kylprocessen. Hur bra processen fungerar kan bedömas genom att jämföra denna nyttiga kyla med den elektricitet som går åt för att driva processen, den så kallade köldfaktorn. I elbehovet brukar man även räkna in el till pumpar med mera.

Om det av någon anledning finns behov av värme och kyla samtidigt bör man förstås använda värmeenergin från kondensorn. Om man inte analyserar kylbehovet ordentligt och inte utnyttjat alla möjligheter för passiva åtgärder och frikyla finns en risk att kombinationen kyla och värme används i onödan.

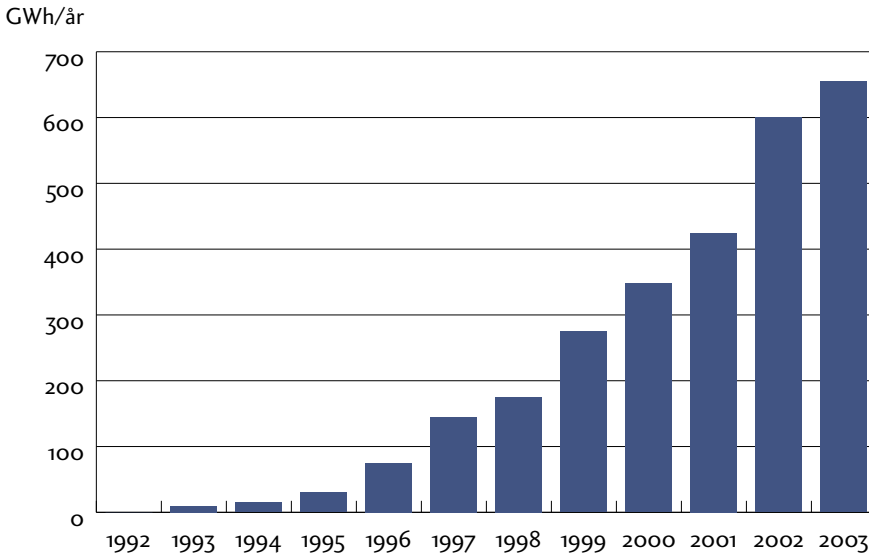
! Tips

Analysera kylbehov, möjligheter att utnyttja passiva åtgärder och frikyla och möjlighet att använda återvunnen värme som ett underlag för att bedöma behovet av kompressorkyla.

Fjärrkyla

Allt fler ansluter sig till fjärrkyla och användningen ökar kraftigt i Sverige. Produktionen av kyla i ett fjärrkylsystem kan variera och bestå av "frikyla", kompressorkyla, absorptionskyla et cetera.

FIGUR 17 Fjärrkyla 1992-2003, användningen har ökat kraftigt i Sverige.



KÄLLA: Siffrorna är hämtade från Svensk Fjärrvärme www.svenskfjarrvarme.se

Det är relativt vanligt att utnyttja kyla från befintliga värmepumpar som redan används för att leverera värme till fjärrvärmenätet. Till kunden levereras "kallt vatten" i en undercentral, i princip på samma sätt som i en abonnentcentral för fjärrvärme. Därifrån distribueras sedan så kallat sekundärvatten till den eller de byggnader som ska kylas. Leverantören ställer ofta krav på temperaturer och flöden.

Fördelen med fjärrkyla är att kylan kan produceras effektivt i större enheter. Det finns dock en risk att konkurrensen rubbas om man bara har en leverantör av kyla och kanske även värme. Potentialen för passiva åtgärder kan minska om leverantören möter lägre efterfrågan med höjda fasta avgifter. Det är naturligtvis avgörande att kylan produceras på ett miljöeffektivt sätt.

! Tips

Analysera kylbehov, möjligheter att utnyttja passiva åtgärder, frikyla och möjlighet att använda återvunnen värme som ett underlag för att bedöma behovet av fjärrkyla.

Distribution av kyla

I system med luftburen kyla begränsas kyleffekten av det maxflöde som kan transporteras genom systemets kanaler. Stora kanaler har lägre tryckfall och kan transportera större flöde. Det finns också en begränsning avseende ljud och donens förmåga att tillföra luften till rummet.

FIGUR 18 Luftburen kyla. Figuren visar principen för luftburen kyla med variabelt flöde.

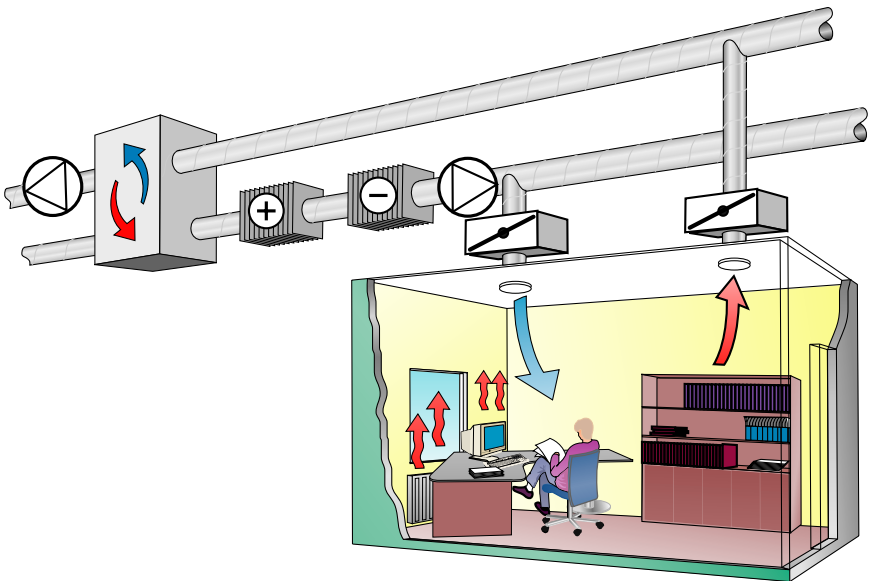


Bild: Swegon, www.swegon.com

Det finns två huvudtyper av system för luftburen kyla där man i ena fallet kan variera flödet (VAV-system) och i det andra alltid tillför samma flöde (CAV-

system) till rummet. I CAV-system kan kyleffekten enbart regleras med hjälp av tilluftens temperatur vilket är en begränsning i sig. I ett system med variabelt flöde, som bilden visar, kan olika rum tillföras olika mycket flöde men temperaturen kan hållas konstant. Det är en fördel då man kan utnyttja luften bättre för kylning och hålla en relativt hög tilluftstemperatur.

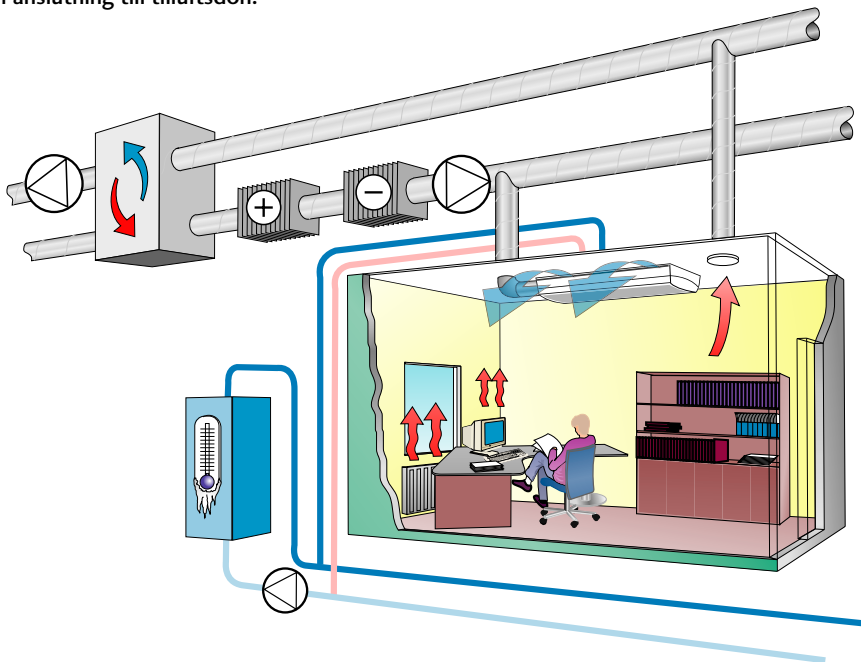
En generell fördel med luftburen kyla är naturligtvis att man kan utnyttja ventilationssystemet som ändå måste finnas i byggnaden. Nackdelen är begränsningen av kyleffekt. Luft har inte heller samma förmåga att bära energi som exempelvis vatten. Stora luftflöden kan dessutom medföra ljud- och dragproblem. Man måste också ta hänsyn till elanvändningen för fläktdrift. Det finns även kombinationer av dessa två huvudtyper av system för luftburen kyla.

En annan fördel med luftburen kyla är möjligheten att "torka" luften då hög temperatur upplevs mer besvärande vid hög relativ fukthalt.

Idag finns en relativt ny typ av tilluftsdon där flödet anpassar sig automatiskt beroende på värmelasten i rummet vilket är en bra lösning i utrymmen med varierande belastning som exempelvis väntrum och konferensrum.

Har man vidtagit åtgärder för att minimera kylbehovet kommer man långt med luftburen kyla. Det är en viktig aspekt när man ska kalkylera kostnader för olika alternativ.

FIGUR 19 Vätskeburen kyla. Figuren visar principen för vätskeburen kyla med kylbafflar i anslutning till tilluftsdon.



Med ett vätskeburet system kan man distribuera kyla mer effektivt än med luft men det kräver ett separat rörsystem. Då ett rörsystem tar betydligt mindre plats än ventilationskanaler kan det vara en fördel vid ombyggnad eller renovering. Ett rörsystem kan också vara lämpligt om man enbart ska kyla vissa utrymmen. Behövs höga effekter är vätskeburen kyla ofta det enda alternativet.

Värmen från rummen förs bort med hjälp av kylbafflar i tak, fläktkonvektorer (Fan-Coils), cirkulationsaggregat, kylpaneler eller så kallade induktionsapparater. Kylbafflar kan kombineras med don för tilluft som bilden visar och blir då mer effektiva. Det är vanligt att man kombinerar de olika systemen.

Utbilda brukare och driftpersonal så att anläggningen kan drivas optimalt över tiden

Det är naturligtvis viktigt att alla som vistas i en byggnad har kunskap om vad man kan göra och inte göra för att påverka komforten under sommaren. Driftpersonal och brukare ska känna till hur eventuella installationer för komfortkyla och solskydd ska användas.

Finns manuella solskydd ska dessa användas innan solvärmens kommit in i rummet. Fönster bör alltid kunna öppnas när temperaturen ute är lägre än inne och om luften inte torkas eller befuktas.

! *Tips*

Ta fram tydliga anvisningar till brukare om vad man kan göra själv för att påverka komforten och hur eventuell utrustning kan användas.

Ta fram anvisningar till driftpersonalen om vad brukaren kan göra och hur teknisk utrustning kan optimeras.

”Utbildning och information till hyresgästerna är en annan sak vi jobbar mycket med. Handhavandet är viktigare än vad man tror. Ta till exempel ett kylaggregat till ett konferensrum. Där finns ofta en ratt med blått åt ena hållet och rött åt andra hållet.

Tycker man att det varmt är det lätt att vrida ratten till fullt blått. Efter mötet går man hem och dagen efter är rummet ordentligt nerkylt till kanske 16°C. Den här utrustningen borde vara mer pedagogisk.”

Bo Matsson, Teknisk chef Brostaden



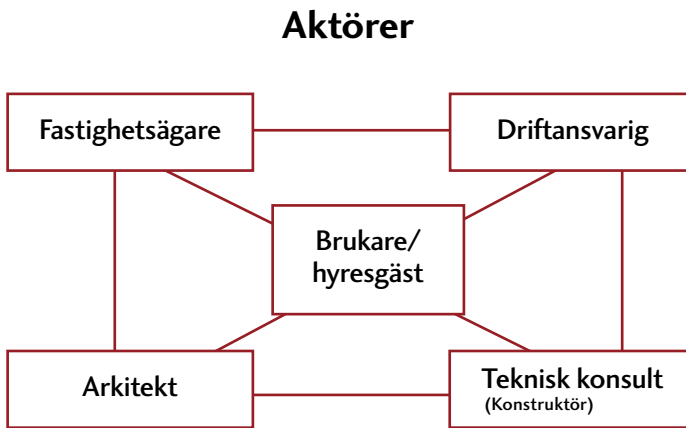
KAPITEL 3

Vem
gör *vad*?

Vem gör vad?

Som konstaterats i tidigare i skriften finns det flera aktörer som måste engageras för att nå målet en hållbar komfort på sommaren. Fastighetsägaren eller förvaltaren måste i första hand komma överens med hyresgästen och brukaren av byggnaden vad som gäller med avseende på termiskt klimat under sommaren. Detta gäller både förutsättningarna för själva byggnaden med dess installationer och hur lokalerna kommer att användas.

FIGUR 7 visar schematiskt vilka aktörer som måste samverka för att uppnå ett bra termiskt klimat.



Utifrån denna överenskommelse kan fastighetsägaren se till att alla inblandade bidrar med kompetens och verktyg för att uppnå och upprätthålla överenskommen kvalitet.

”Utgångspunkten för oss som ”fastighetsägare” är att vi ska hålla ”hyresgästen” med rätt lokal kopplad till respektive verksamhet som bedrivs. I begreppet rätt lokal ingår även ”rätt” klimat. Våra hyresgäster – i landstinget – tillhör huvudsakligen samma organisation som vi ”fastighetsägare” men det ändrar inte utgångspunkten – i stort. Utöver det har vi ett antal externa hyresgäster”

Johnny Niskanen, Teknikchef
Södermanlands läns landsting



Här redovisas fyra intervjuer som följs av tips och råd till respektive aktörskategori:

- Hyresgästen
- Arkitekten
- Driftansvariga
- Konstruktören



Jan Lemming, Uppsala kommun som hyr kontorslokaler av fastighetskontoret som även förvaltar skolor, äldreboende, förskolor med mera.

Frågor till hyresgästen

Hur skulle du beskriva ”strategier för komfortkyla” från ett hyresgästperspektiv?

– Att formulera komfortkrav är en viktig fråga. Den som kan förmedla kontakten mellan hyresgäst och förvaltaren är skyddsombudet som är en viktig person och som har det formella ansvaret. Sedan är det kontors- eller förvaltningschef som har kontakterna med förvaltaren vad gäller avtalsfrågor.

Grunden för att det ska fungera är att var och en känner att det spelar roll vad jag gör som individ. Vi har haft ett antal kampanjer här hos oss men det är ett idogt och långsamt arbete. Det tar kanske 20 år att få folk att förstå, vilket är ett långt perspektiv. Man kan jämföra med hanteringen av batterier. Idag är det ingen som slänger batterier i soporna som vi gjorde för 20–25 år sedan. Då hade vi inte den kunskap som vi har idag. Det

vi gör idag kommer att påverka långt in i framtiden.

Förståelsen för hur det hänger ihop är väldigt viktig. Att man till exempel inte kan ha 18°C i ett rum och 24°C i ett annat med öppna dörrar emellan. Ingen har frysen öppen och tror att man kan hålla -20°C om det är +20°C i rummet. Man skulle också kunna ha en märkning för olika rum som visar hur många personer det är avsett för och kanske hur mycket värme som får tillföras från belysning och datorer.

Vad kan du påverka som hyresgäst?

– Man kan påverka så att alla interna laster det vill säga värme från datorer, belysning med mera blir så låga som möjligt. Att man verkligen ser till att man stänger av allting när man går hem. Uppllysning är avgörande för att det ska fungera bra. Sedan är det svårt att ändra på rutiner och vanor. Om man får lön baserat på att man stämplar ut och in när man är på jobbet är det ganska säkert att man stämplar. Om man upplever att något inte är så viktigt är det lätt att glömma bort.

Gemene man reflekterar inte över de frågorna egentligen. Det är som med allt som gäller energi och klimat, det är när det inte fungerar som man får synpunkter.

Jag vet att det finns flera lokaler med komfortkyla där det är alldeles för kallt och man helt enkelt får ha extra värmeelement i rummen. Då är det

smartare med ett komfortkrav där man tar hänsyn till temperaturen ute och skillnaden i temperatur ute och inne.

Om man har tillgång till mycket kyla finns ju risken att man ställer in en låg temperatur när det är för varmt och sedan står det på för fullt hela tiden.

En annan avgörande fråga som återkommande tagits upp i diskussionen kring detta arbete är komfortkravet. Hur ska det beskrivas och kommuniceras mellan olika parter? Hur ska det bli greppbart av både tekniker och gemene man och hur ska det värderas? Hur ska var och en på ett kontor bli medveten om vilka komfortkrav förvaltaren och hyresgäst kommit överens om? Att definiera ett kvalitetskrav är helt avgörande för alla parter.

Vi har haft skyddsrundor på vårt kontor där det visat sig att vissa rum har uppåt 34–35°C. Vi har stora fönster från 60-talet utan något solskydd på östfasaden. Vi har tagit kontakt med miljökontoret och vårt huvudskyddsombud, visat mätresultaten och hänvisat till arbetarskyddsstyrelsens krav på maxtemperaturer. Det är det enda vi kan förhålla oss till då vi inte har något avtal som reglerar komfortkravet. Då har man kommit hit och tittat på lokalerna och menat att man måste prioritera vad man lägger resurser på. Jag kan förstå det om man ställer hög temperatur i ett kontor mot mögelskador på ett daghem. Hade man istället hyrt ut till ett kommersiellt företag hade man varit tvingad att göra något åt klimatet.

Vi har försökt att värdera hur

arbetet påverkas av för hög temperatur och menar att det handlar om väldigt mycket pengar. För varje grad över 25°C kommer arbetsprestationen att minska med till exempel 1 kr per timme. För bara det här kontoret rör det sig då om så mycket som 40 000 kr per dag. Responsen på det från fastighetsförvaltaren var att man inte kan räkna kostnader på det sättet då det inte finns ett pris på hur man räknar arbetsprestation. Jag menar att sätta 0 kr per timme också är en ansats. Om vi vet att effekten är skilt från 0 är det lika fel, särskilt om vi dividerar med 0.

Kanske ska man titta på andra delar av världen där man exempelvis anpassat arbetstiderna efter klimatet, speciellt nu då vi faktiskt börjar påverkas av den globala temperaturhöjningen.

Det enda vi egentligen kan göra är att gå hem när det är för varmt för att ställa det på sin spets.

Skulle det vara möjligt att få in ett komfortkrav i hyresavtalet?

– Ja, det är det säkert. De flesta som arbetar i huset skulle tycka att det vore bra. Det här är ju kommunala lokaler och då är det självkostnadsprincipen som ska gälla. Det betyder att vi betalar en hyra som ligger långt under marknadsvärdet. Samtidigt vet vi att vi betalar ungefär 1 miljon kronor om året i för höga driftkostnader.

Det finns ingen värmeåtervinning, vi har 40 år gamla fläktar.

Vi använder ventilationen för att kyla genom att starta ventilationen så fort temperaturen ute är lägre än inne. Tidigare kunde det bli för varmt redan på förmiddagen vid 11.00 men nu har vi flyttat fram tiden för maxtemperatur till eftermiddagen genom att använda frikyla från ventilationen.

Vi har tagit fram ett åtgärds paket som vi presenterat för förvaltaren men de menar att vi måste titta på hela huset och vi kanske ska bygga om så det går inte att fatta beslut just nu. Sedan går 8 till 10 år utan att något händer och det är ju så att problem med värme går över. En värmebölja håller kanske i sig ett par veckor.

Vi har provat fönster med solskyddsglas i några rum för att visa arkitekten hur det ser ut och de blev nöjda direkt. De hade trott att solskyddsglas skulle vara koppar- eller silverfärgat men så är det inte alls. Det är viktigt att vi får med oss arkitektkåren för det räcker inte bara att installera kyla.

Tips och råd till hyresgästen

Specificera komfortkrav

Glöm inte att det måste finnas en överenskommelse med fastighetsägaren eller förvaltaren om vad som gäller.

Utnyttja lokalerna optimalt

En viktig uppgift för den som har ansvar för inomhusmiljö och lokaler är att utreda hur lokalerna på bästa sätt kan anpassas till verksamheten och vice versa. Temperaturen kan variera kraftigt i olika delar av ett rum eller en byggnad. Utnyttja det så långt som möjligt.

Byggnadens orientering

Byggnadens orientering i nord-syd är en viktig faktor att ta hänsyn till såväl som naturliga solavskärmningar från vegetation och andra byggnader. Temperaturkänslig verksamhet bör om möjligt placeras i norrläge.

Stäng ute värmealstrande apparater

Se till att inte kopieringsmaskiner och liknande apparater står i gemensamma utrymmen utan egen ventilation. Värmealstrande apparater bör placeras på plats där värme inte tillförs verksamheten exempelvis i anslutning till toalettutrymmen.

Möbler

Möbler som är täta och har mycket isolerande material kan bidra till att försämra den termiska komforten. Använd om möjligt möbler som inte isolerar och kan släppa igenom luft.

Utnyttja kalla och varma rum

Värmeöverföringen mellan rum med olika temperatur är kraftig. Tänk på vad som händer om du lämnar dörren till kylan öppen en stund. I en byggnad finns ofta olika temperaturzoner som man kan ha nytta av.

Exempelvis kan temperaturen i en korridor vara lägre än i angränsande rum med verksamhet och fönster som släpper in solvärme. Det är då en fördel om dörrar till korridoren kan vara öppna. Kyleffekten på grund av luftutbytet mellan rum och korridor kan uppgå till flera hundra watt.

Anpassa klädseln så långt som möjligt

Tänk på att äldre och personer med nedsatt hälsa i allmänhet behöver högre temperatur eller varmare kläder.

Klädsel påverkar i hög grad den termiska komforten och bör naturligtvis anpassas så långt som möjligt till aktuella temperaturförhållanden och verksamheter. Det ska vara så enkelt som möjligt för varje individ att påverka den termiska komforten genom klädsel och tillgång till filter.

Använd solskydd i tid

Finns det manuella solskydd ska dessa användas innan solvärmen kommit in i rummet.

Använd bords- eller takfläktar

En fläkt sänker komforttemperaturen med flera grader. Mycket effektivt och används ofta i varmare länder.

Håll dörrar stängda till varma teknikrum

Släpp inte in onödigt värme till rum där du vill ha lägre temperatur. Värmeöverföringen mellan rum med olika temperatur är kraftig. Tänk på vad som händer om du lämnar ugnsluckan öppen en stund.

Vädra när det är svalt ute

Öppna fönstren om det är kallare ute än inne förutsatt att luften inne inte torkas eller befuktas.

Ventilera på natten

Ventilera med hjälp av ventilationssystemet eller vädring så långt som möjligt under sommaren. Ta hänsyn till inbrottsrisk och insektskydd. Att kyla ner byggnaden under svala sommarnätter genom att vädra ordentligt kan ha stor effekt. Så snart temperaturen inne är högre än ute kan fönstren öppnas.

Stäng av datorer och annan utrustning som inte används

Se till att apparater inte står på i onödan och byt helst ut gammal utrustning som inte har inbyggda energisparfunktioner. Undvik standby-funktioner. Ha gärna bara en knapp som stänger av allt när du inte använder rummet eller arbetsplatsen.

Använd energieffektiv kontorsutrustning

Värme som avges från apparater påverkar temperaturen i hög grad. Att minska denna värmeförlust, kallad internlast, är en första åtgärd för att förbättra det termiska klimatet som du som brukare kan utföra och som dessutom reducerar elkostnaderna. Använd alltid platta skärmar men undvik ”plasma-skärmar”. Bärbara datorer är i allmänhet mer energieffektiva än stationära.

Håll vätskebalansen

Se till att dricka ordentligt när det är varmt så fungerar kroppens egen kylning bättre.

Effektiv belysning

I moderna lokaler bör den installerade effekten för belysning inte överstiga ca 8–10 W/m². Man kan enkelt kontrollera installerad effekt för belysning genom att läsa av effekt på alla ljuskällor i lokalen, summera all effekt och dela summan med lokalens area.

Gamla armaturer bör bytas ut och möjligheter till närvarostyrning och kortare drifttider bör beaktas. Ljuskvaliteten och behovet av installerad effekt påverkas också av solavskärmning och lokalernas färgsättning. Använd Energimyndighetens information och programkrav som stöd för val av effektiv belysning och kontorsutrustning. Se www.energimyndigheten.se.

Släck lampor

Släck alltid i rum som inte används. Komplettera gärna med närvarodetektorer på lämpliga ställen som trapphus, förråd et cetera.

Färgsättning

Ljusa färger kräver mindre ljus och därmed lägre effekt från belysning.

Informera

Informera all personal och brukare om möjligheterna att påverka själv. Initiera gärna kampanjer för att uppnå bättre komfort på arbetsplatsen.

Följ upp med enkäter

Genomför gärna regelbundna enkäter avseende inomhusmiljö som stöd för miljöarbetet och underlag för uppföljning av åtgärder.



Marie Hult, White Arkitekter

Frågor till arkitekten

Hur skulle du beskriva "strategier för komfortkyla" från en arkitekts perspektiv?

– Jag ser ju att energi och komfort har väldigt mycket med varandra att göra. Därför måste man vara varsam med hur man ställer kraven på inommiljön, så att man både kan få en bra inommiljö och låg energianvändning. Man har här ett val som kommer att påverka behovet av kyleffekt och som bland annat har med utformningen av

byggnaden att göra. Man måste se till att inte släppa in värmen.

Vi jobbar just nu med en skola där den här frågan är mycket aktuell. Skolan är visserligen stängd på sommaren men man planerar att utöka verksamheten i framtiden. Just nu diskuterar vi om vi ska välja P25 eller P27 eller TQ1 eller TQ2. Det är en diskussion man måste ta med både brukaren och beställaren.

Då har ni en nära kontakt med brukaren och beställaren?

– Ja, vi har haft ett särskilt möte med beställaren om klimatkraven som de sedan har förankrat hos brukaren. Men vi måste utveckla vad de olika alternativen innebär lite mer konkret både vad gäller komforten och varför det är viktigt att inte ställa för hårda temperaturkrav. Det kan lätt bli för mycket fokus på maxtemperaturen, till exempel 27°C, som kanske aldrig eller mycket sällan uppnås.

Att vara tydlig med komfortkravet är mycket viktigt och det kommer att påverka hela processen. Man måste hjälpa beställaren att formulera vad han eller hon vill ha och vad man egentligen beställer. Det är något som arkitekter verkligen bryr sig om.

Det är viktigt att kunna visa att byggnaden kan medverka till lägre energianvändning om man accepterar lite större fluktuationer i innetemperaturen.

Hur kan man påverka de här frågorna som arkitekt?

– Det är lättare att påverka idag än för ett antal år sedan. På White har vi ganska tuffa direktiv att jobba med hållbar utveckling och se till energianvändningen. Vi har också anställt en energiingenjör som kan vara med i tidiga skeden. På alla startmöten för projekt numera tar arkitekten oftare med någon från miljöenheten för att diskutera de här frågorna. Sedan har det under många år varit en diskussion

om fönsterstorlek och hur det påverkar.

Vi lärde oss väldigt mycket av vårt eget hus. Det gjorde många medvetna om vad ett rent glashus innebär i form av krav på solskydd och att man måste göra allt för att få ner internlaster inne i huset. Vi vet ungefär hur långt man kan komma med ett sådant hus vad gäller energi. Idag är vår energianvändning enligt BBR:s definition 70 kWh/kvm och år, normalårskorrigerat.

Hur tror du att den här medvetenheten har slagit igenom om man ser till hela arkitektkåren?

– Jag har svårt att bedöma det men tyvärr tror jag att det återstår ganska mycket. Framför allt kan det skilja mycket mellan olika arkitekter, till och med inom samma företag. Nu har det varit ett antal artiklar i arkitekternas branschtidningar som har tagit upp frågor om hållbarhet. Men det är fortfarande dåligt med redovisningen av energianvändningen.

Intressant är att man nu internt på kontoret börjar redovisa energiberäkningar vilket varit ovanligt förut. Det gör att alla får grepp om siffrorna, till exempel att ett U-värde är bra om det är lågt. I den skola som jag pratade om tidigare tittar man på hur datorerna ska användas. Ska man ha både en stationär dator och en bärbar dator? Om alla elever sitter med påslagen dator i en lärosal är det nästan som att fördubbla personbelastningen. Hur ska man beräkna hur de används?

Hur tänker du på möjligheterna att utnyttja olika zoner i en byggnad som i sig har olika förutsättning vad gäller klimatkrav?

– När vi byggde vårt hus pratade vi mycket om vilka rum som var dimensionerande. Vi hade några små rum mot väster med stora fönster och de riskerar ju att driva upp belastningen väldigt hårt. Därför gjordes det särlösningar för de rummen. Man satte in kylbafflar bara i de rummen. Där finns ju väldigt mycket att utveckla redan i planlösningsstadiet, att tänka på förutsättningarna och utnyttja det på olika sätt. Vi har ett sammanträdesrum mot ett trapphus där man stängt av värmen och där är det alltid kallt. Där skulle man till exempel kunna ha ett serverrum.

Skulle man inte som arkitekt kunna jobba mer med olika lösningar för solavskärmning?

– Jo visst, på Borlänge högskola har en forskare till exempel tagit fram markiser med olika former som ska sättas på olika ställen på huset för att maximera avskärmningen. Solavskärmning ska kunna anpassas efter väderleken, antingen med automatik eller manuellt. Fasta avskärmningar kan göra att det blir för mörkt. Det finns lägen när det inte är sol och man behöver ljus, och under vintern står solen för lågt för att avskärmas av många fasta solavskärmningar. För att kunna blanda av solen behövs en inre ljusreglering, till exempel en gardin av något slag som brukarna själva kan reglera.

En studie på Lunds Tekniska Högskola visar att mellanliggande persienner i aluminium är nästan lika effektivt som utanpåliggande solskydd. Jag tror visst att man skulle kunna få in avskärmningen som ett uttryck men många gånger vill man ha "rena" glasytor. Då kommer man in på det här med dubbelglasfasader. Man har arkitektens önskan om ett visst intryck. Sedan är det ofta också så att byggherren inte vill ha utvändigt solavskärmning för att man inte vill ha den driftskostnaden. Det är viktigt att konstruktionen på den utvändiga solavskärmningen görs stark, så att den håller mot vindpåverkan. Ett problem i Sverige är att solen står lågt på vintern, men nu finns det transparent duk för rörliga vertikalkarmarkiser, så att man ser igenom mot den ljusa sidan trots att markisen är fälld. Då har man både avskärmningen och utsikten. Det är också viktigt att konstruktionerna görs starka så att de håller. Ett problem i Sverige är att solen ofta står lågt, men nu finns det genomskinliga fasta solavskärmningar där man både har utsikten och avskärmningen.

Om man vill nyttja byggnadstommen för klimatutjämning och energibesparing ska invändiga ytor vara väl exponerade. Det innebär att man inte kan tänka konventionellt med akustikplattor som täcker hela bjälklaget.

I vårt eget hus med mycket invändiga betongytor, som ska medverka för att utjämna inomhusklimatet, har vi fått göra okonventionella lösningar

för att få bra akustik. T-balkar i taket bryter ljudet i längsled. Vi har också ljuddämpning med hjälp av bokhyllor och ljusabsorberande material på överhyllorna. Här gäller det att välja en kompetent akustiker.

Hur ska ni kunna tillämpa era erfarenheter på nya projekt?

– Möjligheten att påverka beror väldigt mycket på hur intresserad och medveten byggherren är. Finns det ett intresse från denne kan det bli bra fokus på energi- och miljöfrågorna. A och O är att byggherren har ett miljöprogram där energi- och innemiljökrav är tydliga och uttryckta så att de kan följas upp i den färdiga byggnaden. I vårt kvalitetssystem ingår att fråga beställaren om hur dennes miljöprogram ser ut. Då kommer diskussionen igång.

Ibland är det brukaren som är vår beställare. Då måste vi sätta oss in i deras verksamhet och hur de jobbar. Här kan vi påverka mycket inte minst vad gäller belysning. Belysningen är intressant för arkitekten. Man pratar om ljusfaktorer och kontraster. Många hoppas på LED-tekniken även om den inte är riktigt färdig än och fortfarande ganska dyr.

En annan viktig sak är att vara tydlig med hur man ska räkna på effektkravet så att man inte tar i för säkerhets skull som är vanligt idag. Vi försöker få in VVS-projektören så tidigt som möjligt. Det behövs egentligen inte så mycket tid för det men det är otroligt viktigt. Då är det lättare för projektören att vara mer aktiv och ställa krav på exempelvis mer utrymme för schakt och kanaler. Att jobba med parallella uppdrag där projektörerna kan tävla med olika systemlösningar är något man också skulle kunna använda oftare.

Jag tycker att man genom sitt agerande som arkitekt kan påverka väldigt mycket.

Tips och råd till arkitekten

Specificera komfortkrav

Komfortkravet måste fastställas och kommuniceras med både fastighetsägare och brukare. Det är mycket centralt både för fastighetsägare och brukare att man vet vad man betalar för.

Byggnadens omgivning

Temperaturen kan variera kraftigt i olika delar av ett rum eller en byggnad. Utnyttja det så långt som möjligt. Byggnadens orientering i nord-syd är en viktig faktor att ta hänsyn till såväl som naturliga solavskärmningar från vegetation och andra byggnader. Temperaturkänslig verksamhet bör om möjligt placeras i norrläge.

Utnyttja temperaturzoner

Föreslå hur verksamheten på bästa sätt kan anpassas till byggnaden och de lokaler som används för zonindelning, fönsterlösningar och ljusförhållanden.

Byggnadens olika temperaturzoner som trapphus, korridorer, allmänna utrymmen, entréer, med mera kan utnyttjas för att jämna ut temperaturer.

Använd effektiva solskydd

Solskydd i utsatta delar är nödvändigt för att få ett bra termiskt klimat. Använd gärna kombinationer av olika solskydd och dagsljusreglering.

Använd byggnadsstommen

Låt byggnadens stomme var så exponerad mot rummet som möjligt. Undvik täta undertak, paneler och isolerande golvmaterial.

Effektiva ljusarmaturer

Ljusbilden och behovet av installerad effekt påverkas också av solavskärmning och lokalernas färgsättning. Använd Energimyndighetens information och programkrav som stöd för val av effektiv belysning och kontorsutrustning. www.stem.se

Fläktar i rummet

Tak- eller bordsfläktar är ett mycket effektivt sätt att förbättra den termiska komforten vid övertemperaturer.



Bo Matsson är teknisk chef och driftansvarig på fastighetsbolaget Brostaden som äger och förvaltar 525 000 m² kommersiella fastigheter i Stockholm.

Frågor till driftansvarig

Hur skulle du beskriva ”strategier för komfortkyla” från ett driftperspektiv?

– Det är olika situationer t.ex. vid hyresgäst Anpassningar då vi tittar på internlast, hur man ska placera konferensrum et cetera. Man behöver till exempel inte göra ett konferensrum för 20 personer av ett hörnrum

med mycket fönster och solinstrålning. Det är en sida av saken, det är också mycket viktigt att inte få in för mycket värme i rummen. Vi byter ofta ytterglas på fönstren för att minska värmen från solen och vi försöker påverka hyresgästen att inte ha onödigt energikrävande belysning.

Sedan jobbar vi med driftoptimering som exempelvis sommarnattskyla och kylåtervinning. Här är det viktigt att vara tydlig när man köper upp styr- och reglerutrustning så att man definierar vad man menar med nattkyla. Det är inte ovanligt att man under svala sommarnätter värmer tilluften med hjälp av värmeåtervinningen fast man behöver all den kyla som finns i nattluften.

Hur ska man få hyresgästen att förstå de här sambanden?

– Vi brukar använda begreppet normal kontorsverksamhet som innebär en dator och en person i ett rum. Man vet också för hur många personer ventilationen är dimensionerad. För en annan verksamhet kan det se väldigt annorlunda ut. Det kan vara allt från en enstaka dator till mycket krävande utrustning för olika processer. Då måste man precisera vilket utrustning man har så att man inte dimensionerar kyla schablonmässigt eller för högt.

Utbildning och information till hyresgästerna är en annan sak vi arbetar mycket med och handhavandet är betydelsefullare än vad man tror. Det är viktigt att vara tydlig med vad lokalen förmår, vi anpassar ofta lokalerna komfortmässigt utifrån en möbleringsritning. Då är det viktigt att lokalen nyttjas utifrån de förutsättningarna. Är ett konferensrum avsett för 20 personer och används av 30 så blir det varmt, vet man det så

är det normalt inga problem. Det är förstås även nödvändigt att hyresgästerna vet hur klimatet styrs, vad de olika knapparna är till för och när de ska användas.

Ta till exempel ett kylaggregat till ett konferensrum. Där finns ofta en ratt med blått åt ena hållet och rött åt andra hållet. Tycker man att det är varmt är det lätt att vrida ratten till fullt blått. Efter mötet går man hem och dagen efter är rummet ordentligt nerkylt till kanske 16°C. Den här utrustningen borde vara mer pedagogisk.

I till exempel kontorslandskap där man kan styra värmen för flera kontorsplatser är det inte ovanligt att den som kommer först till kontoret tycker att det är kallt och vrider på full värme. Senare på dagen kommer andra att tycka att det är för varmt och vrider ner värmen och så där kan det hålla på. I värsta fall finns även möjlighet att vrida på kyla. Vi har väldigt få anläggningar där det är möjligt. Vi brukar se till att systemen för värme och kyla är åtskilda och att man helt enkelt stänger av det system som inte används. Därför vill vi helst ta bort allt som går att reglera hos hyresgästen. Vi vill ha så stor kontroll som möjligt och så lite rörliga delar som möjligt ute i anläggningen.

Det här kan vara svårt för oss på driftsidan att påverka. I förvaltningskedet måste det finnas en kontaktperson från hyresgästen som förstår vad vi säger. Det värsta scenariet är när det finns massor med ”splitaggregat” och fjärrkontroller som dessutom kan

vara svåra att begripa sig på.

I år har vi ett miljömål där våra fastighetsansvariga ska pröva på att vara energirådgivare till hyresgästen. Ett sådant möte ska väcka frågor och ge tips på vad man enkelt kan göra för att minska energianvändningen i lokalen. Om man exempelvis ska byta datorer så ska man helst välja energieffektiv utrustning. Då kan hyresgästen spara upp till 2 000 kr i elkostnad om året per arbetsplats och dessutom minska miljöbelastningen. Gör man det valet behöver man inte heller kyla så mycket. Det är den typen av information som vi vill nå ut med till lokal- och inköpsansvariga hos våra hyresgäster.

Vad kan driftpersonalen påverka?

– När en hyresgäst har synpunkter på klimatet måste man ta det på allvar och undersöka vad som kan ligga bakom problemen. Det har till exempel hänt att någon har suttit mellan två kylbafflar och fått riktigt kall luft direkt över huvudet. I det fallet räcker det inte med att bara mäta temperatur. Röktest är ett bra sätt att kontrollera luftflörelser i rummet. Ibland får vi klagomål på att det inte "finns luft", det brukar vara ett tecken på att det är för varmt i lokalen. Om vi inte hittar förklaringen med hjälp av mätningar brukar vi vända oss till företagets personalhälsovård och ta hjälp av deras skyddsingenjör. Vi gör då en utredning tillsammans för att lösa frågan.

Hur ser du på hur komfortkraven ska preciseras?

– Vad gäller komfortkraven kan det vara en fördel om de inte är direkt uppmätbara. Det viktigaste är insikten om att temperaturen inne följer temperaturen ute. Då är det lättare att acceptera att det blir varmt inne om det är mycket varmt ute. Man ska inte vara så fixerad vid en viss temperatur. Om det är 30°C ute kan 20°C inomhus upplevas som besvärande kallt. Därför ska man försöka prata om intervaller. Sedan måste man också förstå att så låg temperatur kräver mycket kyleffekt och stora investeringar som man kanske inte alltid är beredd att betala för.

Varken förvaltaren eller hyresgästen som ingår ett hyresavtal är i allmänhet tekniker och därför är det mycket viktigt med en kravformulering som alla förstår. En annan aspekt är ljudfrågan som kan vara ett problem om man till exempel väljer att installera splitaggregat som kan låta mycket eller väljer kylbafflar som ger sämst effekt då de behövs som bäst. Vi brukar försöka få hyresgäster som funderar på en sådan lösning att besöka en lokal med den typen av installation för att bilda sig en egen uppfattning.

Tips och råd till driftansvarig

Blockera värme på sommaren

Ett vanligt problem i stora anläggningar är att man värmer samtidigt som man kylv. Ett sätt att komma undan detta är att blockera värme helt när temperaturen ute överstiger ett visst värde, exempelvis $+10^{\circ}\text{C}$ som dygnsmedelvärde.

Sänk minvärde på tilluftstemperatur under sommaren

Ofta har man någon form av nattkyla men det är vanligt att kyleffekten begränsas genom en minbegränsning av tilluftens temperatur, ofta inställt på $18 - 20^{\circ}\text{C}$. Det betyder att sval nattluft värms till inställt minvärde. Denna minbegränsning måste blockeras.

Reglera luftflödet

Förutom sänkt tilluftstemperatur gäller det att maximera luftflödet när det är kallare ute än inne. Luftflödet ska om möjligt forceras vid behov, i första hand med hjälp av frekvensomriktare och inställningsbara parametrar i styr- och övervakningssystemet.

Använd nattkyla

Nattkyla bör normalt användas och det är viktigt att blockera värmeåtervinning och tillförsel av extern värme under natten.

Ta bort flaskhalsar

Man bör se till att inte enstaka komponenter eller delar i anläggningen kräver särskilt låga temperaturer som blir dimensionerande för hela systemet. Då kan det vara idé att byta ut eller komplettera den delen i systemet med större kylande yta så att temperaturen kan höjas.

Håll nere tilluftstemperaturen

Tilluftstemperaturen ska hållas så låg om möjligt och kan med fördel variera beroende på årstid.

Reglera flödet i köldbärarkretsen

Vätskeflödet i köldbärarkretsen ska kunna regleras efter behov med hjälp av tryckreglering och varvtalsreglerade pumpar.

Reglera framledningstemperaturen

Framledningstemperaturen på köldbärarkretsen ska kunna regleras för att optimera kylprocessen.

Separera process- och komfortkyla

Det kan vara en stor fördel om process- och komfortkyla separeras för att kunna optimera framledningstemperaturen.

Låg temperaturskillnad

Det ska vara lägsta möjliga skillnad mellan kondenserings- och förångnings-temperaturerna.

Hög förångningstemperatur

Förångningstemperaturen bör höjas när kylbehovet så medger.

Reglerbar temperatur på köldbärare

Köldbärartemperaturen ska kunna variera med uteklimatet.

Låg kondenseringstemperatur

Kondenseringstemperaturen ska vara så låg som möjligt. Det kan därför finnas skäl att öka värmebärarflödet.

Förregla fläktdrift

Kylmedelkylarnas fläktar bör gå samtidigt som kompressorn går.

Högt köldbärarflöde

Ju större köldbärar- och värmebärarflöde desto mindre skillnad blir det mellan förångnings- och kondenseringstemperaturerna vilket ger högre köldfaktor.

Långa drifttider för kompressorn

Kompressorn ska helst arbeta under längre sammanhängande perioder. Detta kan säkerställas genom att man låter temperaturen i en kylackumulator pendla över ett ganska brett spann. Eller omvänt: om man försöker konstanthålla temperaturen på köldbärarsidan kommer kompressorn att få allt för korta drifttider.

Kapacitetsreglering av kompressorn

Kapacitetsreglering av kompressorn genom avlastning av cylindrar kommer att sänka köldfaktorn. Om maskinen har flera kompressorsteg kan dessa styras i sekvens. Ett ännu bättre sätt skulle kunna vara att styra kompressorns varvtal med frekvensomriktare, något som ännu endast används för små rotationskompressorer.

Håll koll på prestanda

Att regelbundet fastställa tekniska prestanda är en förutsättning för uppföljning och rationell drift. Kontroller av prestanda och funktion är avgörande för att säkerställa goda driftförhållanden och bästa möjliga energieffektivitet. Det är viktigt att säkerställa att drift- och stilleståndstider som rekommenderas av tillverkare upprätthålls och att olika systemdelar samverkar på avsett sätt.

Integrera mätpunkter i styrsystemet

Om mätpunkter integreras i befintligt styr- och övervakningssystem kan kylaggregat övervakas i detalj och förändringar i prestanda identifieras på ett tidigt stadium exempelvis temperaturer på köldbärare.

Svara snabbt på klagomål

Studier visar direkta samband mellan en verksamhets produktivitet och hur snabbt klagomål på komfort besvaras och hanteras av driftansvarig.¹⁶

¹⁶ Clements-Croome D. Creative the productive workplace, Leaman et al sid 178 University of Reading UK, 2000.



Leif Larsson är konstruktör på konstruktionsbyrån PO Andersson.

Frågor till konstruktören

Hur skulle du beskriva "strategier för komfortkyla" från ditt perspektiv som konstruktör?

– Jag tycker att man i första hand ska titta på huset. Med mindre fönster orienterade mot öst, väst och sydfasader och bra solavskärmning samt en tung byggnad så har man förutsätt-

ningarna för att minimera behovet av kyla. Om man inte utnyttjar byggnadens förutsättningar och inte har någon form av komfortkyla är förstås risken stor att det blir för varmt på sommaren.

Många hus projekteras idag med stora glasytor. Det är viktigt att tidigt

i projekteringen arbeta med omfattningen av glasytor, fasadorientering, glaskvalitéer, solavskärmningar et cetera för att minimera solinstrålning så att ett bra rumsklimat kan hållas utan att behöva kyla för mycket.

De senaste åren har solskyddsglas utvecklats så att de bara släpper in mellan 20–30 % av solenergin. Vid stora glaspartier behövs utvändigt avskärmning, till exempel markiser som i kombination med solskyddsglas släpper in ca 10 % av solenergin. Ett problem med manuellt manövrerade solskydd i östläge är att rummen hinner värmas upp på morgonen och förmiddagen innan dessa fälls ner. Det är också viktigt att de interna värmelasterna inte blir för höga (belysning, persontäthet och maskiner et cetera).

Vi brukar göra beräkningar tidigt för att visa om man kan klara uppställda temperaturkrav och vilka kyl-effekter som behövs. Finns ingen kyla kan man i förväg beräkna hur varmt det kommer att bli inomhus.

Hur ser man i allmänhet på valet av kyla eller inte med de resultat man fått från beräkningarna?

– Det är viktigt att man först ställer krav på hur mycket inomhus-temperaturen kan variera under sommaren innan man tar ställning till om man ska ha kyla eller inte. I normala kontorsbyggnader behövs kyla, oavsett solinstrålning, på grund av de höga interna värmelasterna: persontäthet, datorer, belysning med mera.

Planeringen av kylanläggningens uppbyggnad är viktig för att kylenergiförbrukningen ska minimeras. Det är även viktigt att utreda möjligheter för frikyla via uteluft, borrhål, sjö-vatten et cetera. Alternativt kan även evaporativ kyla användas.

Man kanske inte alltid behöver kyla datautrustningen så mycket som man gör idag (exempelvis rumstemperaturkrav i serverrum +18–22°C). Vissa datakonsulter menar att livslängden på utrustningen påverkas vid normal rumstemperatur +23–25°C.

Normalt byts utrustningen ut ändå efter ett par år när modernare utrustning kommer.

En annan viktig sak, särskilt om man inte har någon kyla alls, är att väderorientera luftintaget mot norr och inte i närhet av svarta tak. Det kan man spara mycket effekt på.

Vi projekterar många hus där man klarar kylbehovet med enbart luft därför att man varit noga med att få ner onödig värmeförsel. Ibland behöver man inte ens öka luftflödet när det är varmt. Sedan kan man jobba med variabelt flöde där vi ofta använder ganska enkla lösningar med två spjäll, ett för hygienflöde och ett ON/OFF för forceringsflöde när det är varmt. Idag finns avancerade lösningar för detta med spjäll som automatiskt reglerar flödet i rummet beroende på temperatur men en sådan lösning blir ganska dyr. Risken med avancerad styrning är att den går sönder och kostar mycket pengar inte minst på sikt.

Tips och råd till konstruktören

Specificera komfortkrav

Komfortkravet måste vara fastställt för att kunna beräkna kyleffekterna. Gör beställaren uppmärksam på hur ett snävt temperaturintervall påverkar behovet av kyla.

Utnyttja temperaturzoner

Byggnadens olika temperaturzoner som trapphus, korridorer, allmänna utrymmen, entréer, med mera kan utnyttjas för att jämna ut temperaturer.

Effektiva solskydd

Solskydd i utsatta delar är nödvändigt för att få ett bra termiskt klimat. Gör beställaren uppmärksam på risken för höga temperaturer och kyleffekt om inte solskydd används.

Använd byggnadsstommen

Räkna med temperaturintervall enligt komfortkrav och ta hänsyn till byggnadsstommens påverkan på kyleffekten.

Räkna med effektiva ljusarmaturer

Använd effektiva ljusarmaturer med närvarostyrning så långt som möjligt vid beräkning av effektbehov.

Jämför systemlösningar

Det är viktigt att konsulten jämför olika systemlösningar med hjälp av LCC-kalkyler för slutgiltigt val av teknik.

Det finns ett antal beräkningsprogram till stöd för detta som exempelvis IDA, Teknosim och VIP+. Det viktigaste är att beräkningen tar hänsyn till byggnadens termiska dynamik och att relevanta indata används med avseende på drifttider, internlastar med mera.

Använd frikyla

Konsulten måste förvissa sig om att kylbehovet inte kan lösas på annat sätt än genom installation av en kylanläggning, helt eller delvis. Om kyla behövs ska man i första hand utnyttja frikyla från uteluft, sjövattnen eller grundvattnen. Om produktion av kyla ändå behövs ska man i första hand utnyttja miljövänlig produktion med exempelvis evaporativ kyla.

Sektionera installationer

Konsulten ska också ta hänsyn till utrymmen för eventuella kanaler och rördragningar. Det är viktigt att tidigt utreda behovet av sektionering så att installationer kan anpassas för olika verksamheter och temperaturkrav. Man måste också se till att temperaturer i systemet hålls så höga som möjligt.

Ta fram en bruksanvisning

Ta fram underlag för utbildning och anvisningar till driftpersonal och till brukaren.

Användbara webbplatser

American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE)	www.ashrae.org
Arbetsmiljöverket	www.av.se
Beställargruppen för lokaler	www.belok.se
Boverket	www.boverket.se
De svenska miljömålen	www.miljomal.nu
Energi- och Miljötekniska Föreningen (EMTF)	www.emtf.se
Fastighetswiki	www.fastighetswiki.se
Keepcool	www.cceeta.pt/ www.keepcool.info
Lunds Tekniska Högskola	www.ebd.lth.se
Utveckling av Fastighetsföretagande i Offentlig Sektor (UFOS)	www.offentligfastigheter.se
Solskyddsförbundet	www.solskyddsforbundet.se
Statens energimyndighet	www.energimyndigheten.se
Svensk Fjärrvärme	www.svenskfjarrvarme.se
Sveriges Energirådgivare	www.energiradgivarna.com
Swedish Standards Institute	www.sis.se

Ordlista

Clo-värde är ett mått på en viss uppsättning kläder där värdet 0 är detsamma som helt naken och 2 helt påklädd med varma ytterkläder.

Ekvivalent temperatur avser ett sammanvägt värde av luftens temperatur, termisk strålning och luftrörelser.

Frikyla avser möjligheten att tillföra kyla (egentligen bortföra värme) utan någon form av kylproduktion exempelvis genom kall uteluft. Fläktar och pumpar kan ingå i begreppet.

Hållbar sommarkomfort är ett sätt att uppnå bra inomhuskomfort under sommaren med minimal energianvändning och utan material eller ämnen med negativ miljöpåverkan.

International Energy Agency – IEA bildades 1974 som ett samarbete mellan OECD-länder för att snabbt och effektivt kunna hantera och reducera sitt beroende av olja.

Komfortkyla avser produktion av kyla för termisk komfort inomhus.

Konvektion är rörelser i gas eller vätska som transporterar värme från eller till en kropp eller ett föremål.

Met-värde är ett mått på människans aktivitet baserat på metabolism det vill säga ämnesomsättningen.

Operativ temperatur är medelvärdet av lufttemperaturen och medelstrålningstemperaturen från omgivande ytor.

Passiva lösningar för bättre komfort avser åtgärder utan tekniska lösningar som exempelvis placering av arbetsplatser och värmealstrande apparater.

PMV – Predicted Mean Vote är ett så kallat klimatindex som beskriver hur det termiska klimatet upplevs.

PPD – Predicted Percentage of Dissatisfied är en metod att förutsäga andel missnöjda med det termiska klimatet baserat på PMV

Processkyla avser produktion av kyla för teknisk utrustning och särskild verksamhet som laboratorier och operationssalar.

Relativ luftfuktighet är andel vattenånga i förhållande till den maximalt möjliga mängden vattenånga vid aktuell temperatur.

Strålningstemperatur påverkas av omgivande varma eller kalla ytor.

Temperaturgradient är detsamma som temperaturskillnader i olika delar av rummet exempelvis mellan golv och tak.

Termisk komfort påverkas av det termiska klimatet och faktorer som vi kan påverka själva exempelvis klädsel, vätskebalans och aktivitet.

Termisk strålning uppstår mellan två kroppar eller föremål med olika temperatur på grund av så kallad värmetransport mellan föremålen.

Termiskt klimat påverkas av fysikaliska parametrar som lufttemperatur, luftfuktighet, ytors temperatur etc.

Varaktighetsdiagram konstrueras genom att sortera temperaturer på en ort eller i en lokal i stigande eller ibland även fallande ordning och rita temperaturerna som funktion i en tidsaxel vanligen årets 8760 timmar.

Vistelsezon innebär som regel den del av lokalen där människor normalt uppehåller sig. Enligt Boverket definieras vistelsezonen som den yta i rummet som begränsas av två horisontella plan a) på 0,1 meter höjd över golv b) på 2,0 meter höjd över golv samt vertikala plan 0,6 meter från yttervägg eller annan yttre begränsning, dock vid fönster och dörr 1,0 meter.

Bilaga I

Överenskommelse om termiskt klimat

Förutsättningar för överenskommelse mellan förvaltare och hyresgäst om klimatkrav för olika typer av verksamhet och hur dessa ska upprätthållas

VERKSAMHET	VÄRDE	KOMMENTAR
KONTORSRUM	EX	
Vilken lägsta operativa temperatur kan accepteras under vintern?	21°C	Se avsnitt 3.1 "Termiskt klimat"
Vilken lägsta operativa temperatur kan accepteras under sommaren?	20°C	
Vilket temperaturintervall önskas vid normala förhållanden med max utomhus-temperatur 27°C?	23–26°C	Bra komfort under sommaren förutsätter lättare sommarklädsel
Hur många timmar av arbetstiden kan temperaturen överstiga valt intervall för ett normalår?	80 timmar	

Finns det tydliga anvisningar om hur solskydd som markiser, persienner, gardiner med mera ska användas?	Ja	Se avsnitt 3.3 <i>"Använd effektiva solskydd"</i>
Kan fönster öppnas när det är kallare ute än inne förutsatt att luften inne inte torkas eller befuktas?	Ja	
Interna värmelaster (W/m ²) från belysning, apparater och personer överstiger inte:	15 W/m ²	Se avsnitt 3.5 <i>"Minimera värmeförsel från belysning och apparater"</i>
Är det möjligt att placera teknisk utrustning som servrar, kopieringsmaskiner med mera i särskilt utrymme med stängd dörr?	Ja	Se avsnitt 2.3 <i>"Behovet av processkyla"</i>
Stängs datorer och annan utrustning som inte används av?	Ja	

Om anläggningen måste kompletteras för att uppnå överenskommet termiskt klimat ska lösning väljas enligt 10-punktslistan som presenteras i kapitel 2 *"Hur gör man?"*.



Utveckling av fastighetsföretagande i offentlig sektor (U.F.O.S)

Ta det kallt

– *Strategier för komfortkyla*

Många offentliga lokaler saknar lösningar för att få bra komfort under sommaren, för hög temperatur är en av de vanligaste klagomålen när det gäller inomhusklimatet. Det är viktigt att möta den ökade efterfrågan på komfortkyla på ett genomtänkt och strategiskt sätt. Denna skrift redovisar strategier samt konkreta tips och råd för att på ett klokt sätt arbeta med komfortkyla.

Fler exemplar av denna skrift kan beställas på tfn 020-31 32 30, fax 020-31 32 40 eller på U.F.O.S webbplats, www.offentligfastigheter.se

ISBN 978-91-7164-425-1