

# TEKNIKAVSNITT

## VATTENBURNA KLIMATSYSTEM 2007



## VARFÖR SKAPA ETT BRA INOMHUSKLIMAT?

### Upplevelse av inomhusklimat

Människans klimatupplevelse är en samverkan av flera faktorer som påverkar vår termiska komfort:

- Aktivitetsnivån, kroppens värmeproduktion
- Klädedräktens värmemotstånd
- Omgivande lufttemperatur
- Omgivande ytors temperatur
- Luftens relativa hastighet
- Luftens relativa fuktighet

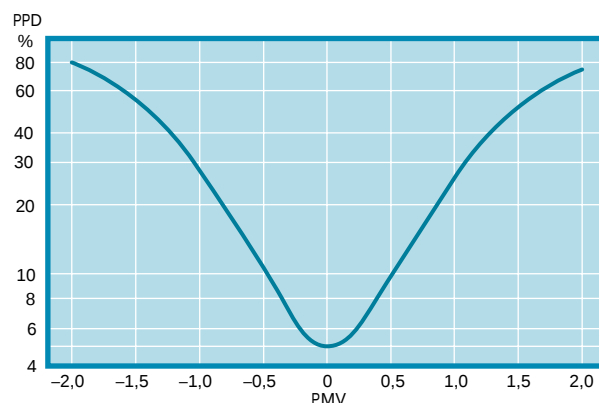
Enligt professor P O Fanger har man det ideala inomhusklimatet då människan upplever termisk komfort, d.v.s. när en person är termiskt neutral. Ett av de problem man emellertid alltid ställs inför då man med hjälp av en klimatanläggning ska skapa ett bra klimat är att människor upplever klimatet olika. Hur bra man än lyckas kommer ändå ca 5% att vara missnöjda. Andelen missnöjda ökar sedan för varje grads avvikelse från den för genomsnittsmänniskan mest ideala temperaturen.

**Figur 1** visar andelen missnöjda när temperaturen avviker från den genomsnittligt ideala temperaturen.

### Prestationsförmåga

Det vi uppfattar som idealiskt inneklimate är alltså individuellt från person till person och studier visar att prestationsförmågan följer människans uppfattning. David Wyon gjorde vid sin tid på Statens Institut för Byggforskning ett antal studier på människor i olika arbetssituationer.

**Figur 2** visar att avvikelsen från idealtemperaturen är betydelsefull. Redan vid ett par graders avvikelse från det ideala, kan man mäta en nedgång i effektivitet. Det betyder att det går att göra en kalkyl för vad en investering i inneklimate kan betyda och på så sätt motivera att inte bara upplevelsen är positiv utan även effektiviteten.



**Figur 1.** Förväntad andel missnöjda (PPD = Predicted Percentage Dissatisfied) som funktion av den termiska komfortupplevelsen (PMV = Predicted Mean Vote).

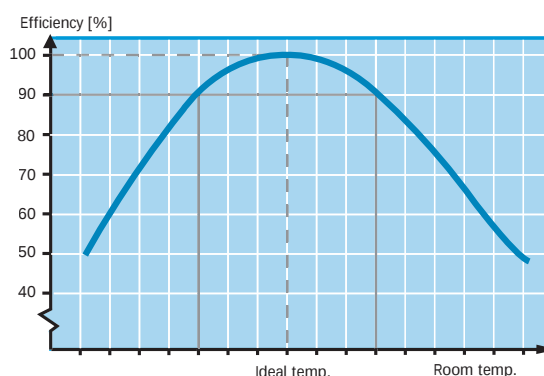
-2 = svalt

-1 = något svalt

±0 = neutralt

+1 = något varmt

+2 = varmt



**Figur 2.** Effektivitet som funktion av avvikelse från idealtemperatur.

## Värme- och kylbehov i ett normalt kontorsrum

Här följer ett exempel som illustrerar värmebalansen i ett kontorsrum. Rummet har fönster med s.k. energiglas U-värde ca  $1,3 \text{ W/m}^2, \text{K}$ . **Figur 3** visar hur förhållandet mellan värme och kylbehov förändras i rummet av de skilda värmekällorna man normalt har i ett kontorsrum idag.

Personen avger ca 100 W. När belysningen tänds tillkommer ytterligare 120 W. Då både person, belysning, terminal och sol tas med uppgår belastningen till ca 650 W i rummet. Vid en utetemperatur av  $-18^\circ\text{C}$  är värmeförlusterna genom yttervägg, fönster etc. för rummet ca. 180 resp. 300 W beroende på hur rummet är placerat i byggnaden. Det högre värdet avser ett hörnrum. Rummets kylbehov är alltså i nästan samtliga fall större än rummets värmebehov även när det är  $-18^\circ\text{C}$  kallt.

## Är komfortkyla motiverat för att skapa en bra arbetsmiljö?

Ja, det hävdar vi på Swegon med följande exempel.

Förutsättningar:

|                                    |                                                                                   |
|------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| Arbetsmiljö:                       | Kontor                                                                            |
| Prestationsförmåga:                | 100% upp till $25^\circ\text{C}$ , däröver reduktion med 10% per $^\circ\text{C}$ |
| Byggnad:                           | Tung konstruktion med betongbjälklag och tegelfasad                               |
| Ventilation med luftburen kyla :   | 4 l/s $\text{m}^2$ med nattdrift under sommaren                                   |
| Ventilation med vattenburen kyla : | 1,5 l/s $\text{m}^2$ med nattdrift under sommaren                                 |
| Fläktverkningsgrad:                | 50%                                                                               |
| Kylbehov:                          | $35 \text{ W/m}^2$                                                                |
| Lönekostnad:                       | 350 SEK per timme och anställd inkl. förlorat täckningsbidrag                     |
| Ekvivalent drifttid:               | 700 h/år                                                                          |
| Elpris:                            | 0,8 SEK/kWh                                                                       |

## Kostnad till följd av produktionsbortfallet

Kostnad till följd av produktionsbortfallet blir 6160 SEK per år och anställd. Om varje anställd antas uppta  $20 \text{ m}^2$  inkl. sekundära ytor, ger det en kostnad på ca 310 SEK per  $\text{m}^2$  och år.

Detta skall ställas mot investeringen och den årliga driftkostnaden.

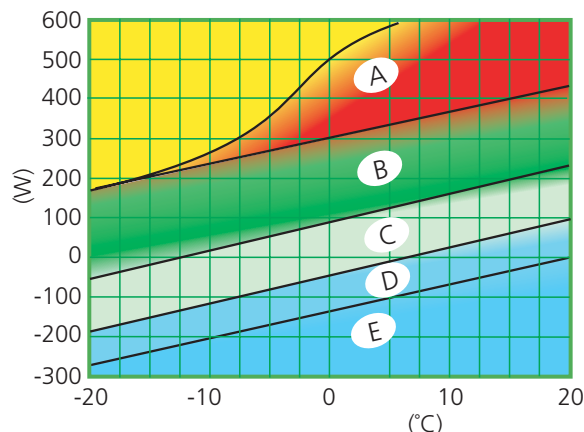
## Investeringskostnad för komfortkylanläggning

Den normala marginalkostnaden för investering i en komfortkylanläggning uppgår till 700-800 SEK /  $\text{m}^2$  kontorsyta.

Utan alltför avancerade återbetalningskalkyler blir alltså återbetalningstiden ca 3 år för investeringen i ett för de anställda bra rumsklimat.

## Driftkostnad

Merdriftkostnaden med komfortkyla blir ca 9 SEK/ $\text{m}^2$  år. Besparing för lägre luftflöde med komfortkyla blir ca 31 SEK/ $\text{m}^2$  år. Flödesreduceringen med 2,5 l/s  $\text{m}^2$  minskar alltså driftkostnaden för fläktar så att den med god marginal täcker kylanläggningens driftkostnad.



**Figur 3.** Värmebalans i ett normalt kontorsrum.

A = Sol  
B = PC  
C = Belysning 120 W  
D = Person 100 W  
E = Transmission

## VÄRMEÖVERFÖRING

Människans värmeutbyte med omgivningen sker i huvudsak på tre sätt, nämligen som:

- värmeavgivning genom strålning till omgivande ytor eller till fri rymd.
- värmeavgivning genom konvektion till omgivande luft.
- värmeavgivning genom avdunstning av vätska, vilken sker i huvudsak genom att vi svettas.

Även en fjärde form av värmeutbyte kan förekomma genom ledning till fasta eller flytande föremål i direkt kontakt med kroppsytan. I normala fall är dock denna del så liten att den är helt försumbar.

### Strålningsvärme

Strålningsvärme avges ständigt från varmare till kallare ytor och ökar med temperaturskillnaden mellan dessa. Strålningsvärmeutbytet är sammanfattningsvis beroende av följande faktorer:

- ytornas storlek och placering = rymdvinkelförhållande till varandra
- ytornas skilda temperaturer
- ytornas beskaffenhet som bestämmer emissions- och absorptionstalen, d.v.s. förmåga att avge resp. mottaga strålningsvärme

Man skiljer på två typer av strålningsvärme:

- *Högtemperaturstrålning* från kroppar med temperaturer över ca +500°C
- *Lågtemperaturstrålning* från kroppar med temperatur under ca +250°C

Ovanstående temperaturgränser är endast ungefärliga angivelser.

Eftersom rumsytor och konventionella värmare har, relativt sett, låga temperaturer, sker människans värmeutbyte med omgivande ytor inomhus i form av långvågig lågtemperaturstrålning. Vid lågtemperaturstrålning har ytornas struktur och kulör praktiskt sett ingen betydelse för dess förmåga att avge resp. uppta värmestrålning med undantag för rena obehandlade metallytor. Exempel på lågtemperaturstrålkällor är panelradiatorer och tak- resp. golvvärmesystem.

Vid beräkningar av rumsklimat inom temperaturintervallet – 50 till + 100°C utgörs värmeutbytet mellan rummets ytor av osynlig långvågig lågtemperaturstrålning. Man kan också helt försumma strålningsutbyte genom emission och absorption från resp. till rumsluften. Vid rumsvärmebalansberäkningar skall således endast hänsyn tas till lågtemperaturstrålning mellan rummets olika ytor, väggar, golv, tak, möbler, värmare etc. samt den från solen eventuellt inkommande högtemperaturstrålning.

Värmeutbytet via strålning mellan rumsskilda ytor uttrycks vanligen med nedanstående ekvation.

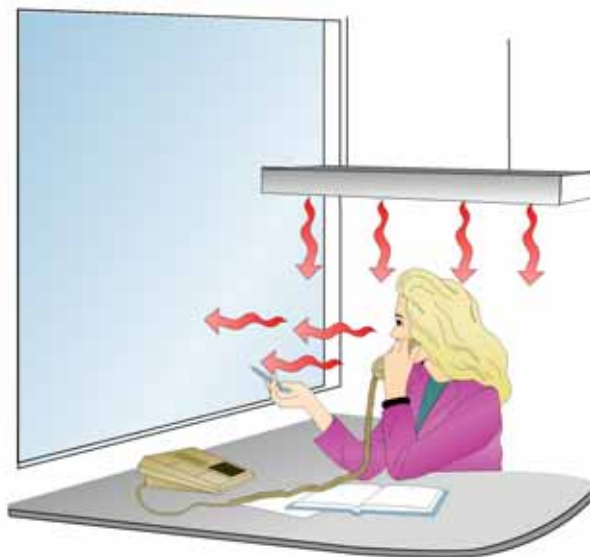
$$P_s = \alpha_s \cdot A_1 \cdot (t_1 - t_m) [W]$$

$P_s$  = utbyte av värmeeffekt i W mellan ytan  $A_1$  i m<sup>2</sup> som har temperaturen  $t_1$  med samtliga övriga rumsytor vilka tillsammans har en medelyttemperatur  $t_m$   
 $\alpha_s$  = värmeövergångstal för strålning i W/m<sup>2</sup> K

Med god noggrannhet, (avvikelse mindre än ca 2,5 %) kan  $\alpha_s$  inom temperaturintervallet 0 till + 100°C för  $t_1$  och  $t_m$  tecknas.

$$\alpha_s = \varepsilon_0 \cdot (4,38 + 0,034 \cdot (t_1 + t_m)) [W/m^2 K]$$

$\varepsilon_0$  = emissionstalet



**Figur 4.** Strålningsutbyte sker mellan alla ytor som har olika temperatur oberoende av riktning.

## Konvektion

Om en yta är varmare än rumsluften avger den värme till rumsluften. På samma sätt avger rumsluften värme till en yta som är kallare än rumsluften. Denna form av värmeöverföring kallas konvektion och indelas i:

- Egenkonvektion
- Forcerad konvektion

Egenkonvektion erhålls av skillnader i densitet i olika skikt av luften vilket skapats av temperaturskillnaden mellan luften och olika kroppar som luften strömmar mot eller kring. Luften närmast kroppsyta får en annan temperatur än luften utanför dess gränsskikt vilket härigenom ger de skilda skikten olika densitet och skilda typer av strömningar uppstår med avseende till kropparnas form, temperaturavvikelse och belägenhet.

Forcerad konvektion erhålls vid exempelvis påblåsning med hjälp av en fläkt, d.v.s. fläkten bestämmer luftens strömning. I detta fall drivs luften kring kroppars ytor av andra krafter än skillnader i densitet.

Sammanfattningsvis påverkas den konvektiva värmeöverföringen av luftens strömning utefter kroppsyta, ytans storlek och temperaturskillnaden mellan kropp och luft.

Värmeutbytet per ytenhet ökar med ökad hastighet på luften, minskad storlek på ytan och ökad temperaturskillnad mellan kroppsyta och luften.

## Induktion

Induktion är en form av forcerad konvektion som uppstår när en luftstråle med hög hastighet passerar stillastående luft som då dras med luftstrålen. Luftstrålen växer då i volym.

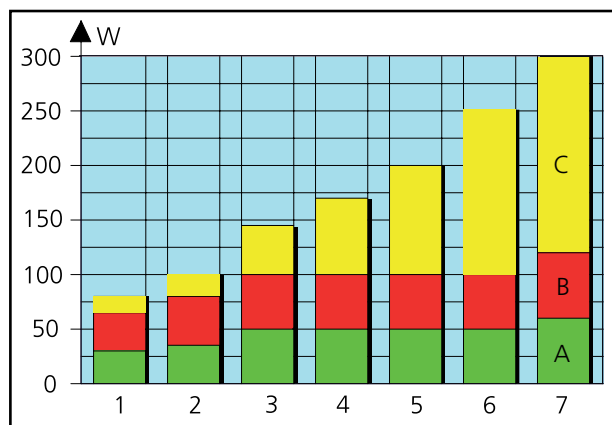
Induktionsprincipen utnyttjas i såväl aktiva klimatbafflar (klimatbafflar med integrerad tilluft) som i induktionsapparater, se avsnitt **KYLNING AV LOKALER**.

## Avdunstning

Då vätska övergår till gasform åtgår ångbildningsvärme. När en människa svettas tas denna ångbildningsvärme till stor del från kroppsyta som därmed kyla. Människan avger värme genom avdunstning. Värmeutbytet genom avdunstning och konvektion sker även via andningen.

Värmeavgivningen till följd av avdunstning beror av rumsluftens relativa fuktighet. Vid normala rumstemperaturer mellan ca +18°C till +25°C och normal relativ fuktighet ca 20-50% är denna påverkan dock ringa.

Om inte fuktnivån hålls på en bra nivå, max 45% vid 25°C, utan stiger uppåt 60% RH och och däröver blir hudytan fuktig. När detta inträffar försvåras ångbildningen. Det är därför viktigt att klimatanläggningen är dimensionerad för att hålla en inte alltför hög fukthalt i byggnaden. Detta görs genom att det centrala tilluftsaggregatet och komfortkylanläggningen förses med tillräcklig kylkapacitet för att kunna avfukta tilluften innan den tillförs lokalerna, se vidare avsnittet **Kondensskydd**.



**Figur 5.** Värmeavgivning från kroppen vid olika typer av arbete.

A = Konvektion (grön)

B = Strålning (röd)

C = Evaporativ avgivning (gul) 1 = Total vila

2 = Lätt kontorsarbete

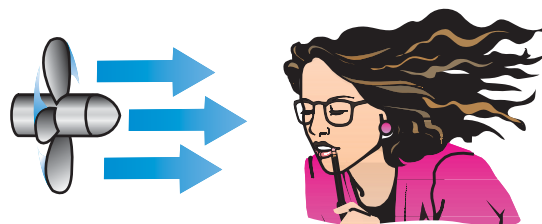
3 = Normalt kontorsarbete

4 = Dataarbete

5 = Lätt kroppsarbete

6 = Lugn promenad

7 = Måleriarbete



**Figur 6.** Forcerad konvektion.

## KLIMATBEGREPP

### Temperatur

Lufttemperaturen är den parameter som är lättast att förstå och där de flesta har egna erfarenheter av människors olikheter.

### Operativ temperatur

Den operativa temperaturen är ett ungefärligt medelvärde av omgivande rumsytors temperatur och rumslufttemperatur. Temperaturupplevelsen påverkas således i lika hög grad av omgivande ytors temperatur som av rumsluften. Eftersom olika rumsytors såsom fönster, ytterväggar, innerväggar, golv och tak etc. har varierande temperatur och orientering inom rummet, kan den operativa temperaturen också variera för olika riktningar.

### Riktad operativ temperatur

Man kan förnimma strålningen som uppkommer vid ett kallt fönster samtidigt som man upplever en något högre temperatur mot rummets innerytor. Orsaken till detta fenomen är att strålningsvärmeutbytet till det kalla fönstret är väsentligt större än in mot rummet.

Om skillnaden i riktad operativ temperatur på detta sätt blir stor, kommer vi att få en nedkylning lokalt av de kroppsytor som vetter mot fönstret. Denna lokala värmebrist upplevs som drag. Orsaken till dragförnimmelser behöver således inte bero på för stora luftrörelser, utan kan även orsakas av att lokala delar av vår kropp utsätts för ett stort strålningsvärmeutbyte till en kall rumsyta.

### Temperaturstrålningsasymmetri

Det är välkänt att det kan vara obehagligt att under längre tid uppehålla sig nära en kall yta, t ex ett stort fönster av sämre kvalitet, eller en varm yta som t ex en varm radiator. Detta förhållande har närmare undersökts vid Laboratoriet för Värme- och Klimat teknik vid Danmarks tekniske Højskole. Där har man i klimatkammare utsatt försökspersoner för olika ojämnheter i det termiska strålningsfältet.

Man har kommit fram till de gränser där 5% av försökspersonerna upplever termisk diskomfort; detta dock när de är i värmebalans med omgivningen, dvs. då komfortekvationen är uppfylld. Dessa gränser framgår av **Figur 7-10**.

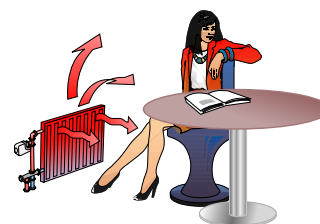
Strålningsasymmetri definieras som skillnaden mellan den plana strålningstemperaturen  $t_{pd}$  på de båda motsatta sidorna av ett tvärsnitt av personens fysiska centrum. Figuren visar de värden av  $\Delta t_{pr}$  som i typiska situationer kommer att medföra att 5% kommer att uppleva termisk diskomfort på grund av det sneda strålningsfältet. Lufttemperaturen beräknas vara lika med ytemperaturen i rummets övriga ytor.

Det framgår att människor kan acceptera stora ojämnheter i form av kall strålning ovanifrån och varm strålning från sidan. Man är mindre tolerant gentemot kall strålning från sidan och ytterst litet tolerant då det gäller varm strålning från taket.



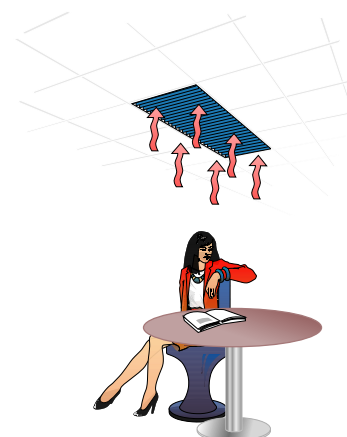
**Figur 7.** Kall yta på sidan.

$$\Delta t_{pr} < 10K$$



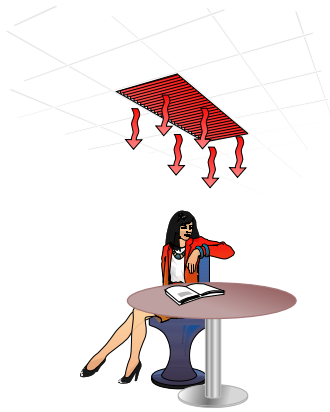
**Figur 8.** Varm yta på sidan.

$$\Delta t_{pr} < 23K$$



**Figur 9.** Kall yta över huvud.

$$\Delta t_{pr} < 14K$$



**Figur 10.** Varm yta över huvud.

$$\Delta t_{pr} < 5K$$

### Luftfuktighet

Luftens fuktighet är den parameter som normalt inverkar på komfortupplevelsen minst. Det kan ibland till och med vara så att andra parametrar som luftföroreningar förknippas med luftfuktigheten.

Om kylanläggningens kapacitet att avfukta tilluften är otillräcklig kan luftens fuktighet bli en besvärande faktor sommartid.

### Klädsel

Klädseln är enkel att förstå men inte desto mindre komplex att hantera. En normalsituation en sommardag är att kvinnor är lättare klädda än män, t.ex. kjol och tunn blus i jämförelse med männens byxor och skjorta och att det är en tillräckligt stark parameter i sig att motivera olika temperaturnivå i lokalen. Sommarsituationen kan alltså direkt bli konfliktfylld i ett kontorslandskap där många arbetar tillsammans.

### Aktivitetsnivå

Aktivitetsnivå, eller förenklat, vilka arbetsuppgifter man har är också en i högsta grad betydande parameter. Ett mer rörligt arbete kräver lägre temperatur än ett stillasittande och att kombinera flera aktivitetsnivåer i en och samma lokal kan därför vara direkt olämpligt.

### Lufthastighet

Att lufthastigheten har en inverkan på upplevelsen av inneklimatet är känt, men kanske inte hur det förhåller sig med samspillet mellan lufttemperatur och lufthastighet. En enkel liknelse kan göras med att en varm sommardag sträcka ut armerna genom sidorutan och låta sig svalkas av fartvinden. Upplevelsen blir inte lika trevlig om man gör om samma experiment på vintern när det är  $-10^{\circ}\text{C}$  i luften. Man kan därmed förstå att det inte är enbart hastigheten på luften som är intressant utan även temperaturen. ISO 7730 påvisar detta genom något som kallas dragindex (Dr-index), ett relationstal som är sammansatt av:

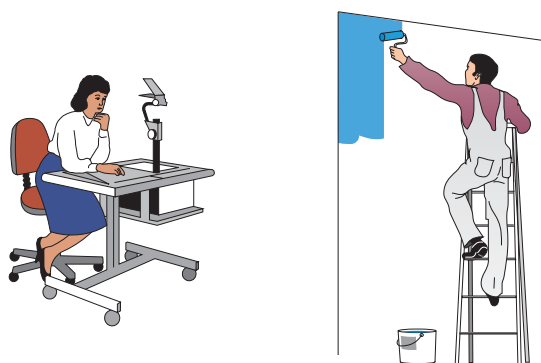
- Lufthastighet
- Turbulensintensitet
- Lufttemperatur

Genom att mäta lufttemperatur och lufthastighet över en tidsperiod (och beräkna turbulensintensiteten, som är ett mått på hur mycket lufthastigheten varierar under mätsekvensen, hur "orolig" luften är) kan Dr-index beräknas för t.ex. en given position i ett rum. Resultatet blir att ju kallare det är i ett rum desto lägre lufthastighet kan tolereras och vice versa kan en högre lufthastighet accepteras om temperaturen är högre.

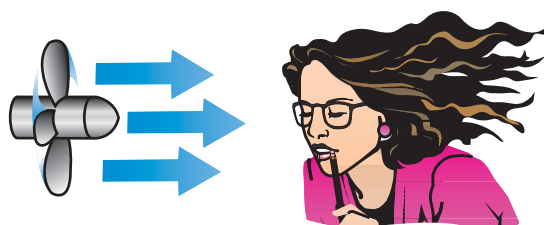
Ovanstående är anledningen till att man ofta har olika krav på maximalhastigheter sommar och vinter. Vintertid vill man inte gärna att lufthastigheten där personer vistas skall överstiga  $0,15\text{ m/s}$ . Motsvarande hastighet på sommaren bör inte överstiga  $0,25\text{ m/s}$ .



**Figur 11.** Klädseln har stor betydelse för hur man upplever klimatet.



**Figur 12.** Människans upplevelse av inomhusklimat påverkas i alla högsta grad av vilken aktivitet som bedrivs. Ju högre aktivitet desto lägre temperatur önskas.



**Figur 13.** Lufthastigheten har inverkan på upplevelsen av inomhusklimatet.

### Luftkvalitet

Osäkerheten är större när det gäller människors upplevelser av luftkvaliteten än för termiskt klimat. Danska studier visar att antalet otillfredsställda brukare är ca 14% om alla utsätts för en koldioxidhalt på 800 ppm. En koldioxidhalt på 1000 ppm har också blivit en allmänt använd kravnivå för luftföroreningar, men det är viktigt att veta att detta endast gäller människogenererade luftföroreningar. Koldioxidhalten är därför inte lämplig som spårparameter för andra typer av föroreningar som t.ex. avgas från byggmaterial.

Det förekommer ibland att man får en känsla av dålig luftkvalitet när problemet i själva verket är för hög temperatur.

### Belysning

Med stigande ålder ökar människans behov av ljus. Vid sextio års ålder behöver t.ex. en människa dubbla belysningsstyrkan jämfört med en tjugooråring. Kravnivåer för bakgrundsbelysning från t.ex. takarmaturer sätts därför vanligen till 500 lux inom läsfältet samtidigt som platsbelysningen anpassas till brukarens individuella krav.



**Figur 14.** Luftkvaliteten påverkas av många faktorer, såsom emissioner från byggmaterial, avseendring från människor, etc. Rökning är ett exempel på förorening som påverkar luftkvaliteten negativt.



**Figur 15.** Belysning.

## KOMFORTKYLA

Det värmeöverskott som måste bortföras från byggnaden för att hålla inomhustemperaturen lägre än en förutbestämd högsta tillåten temperatur, kallas kylbehov. De klimatsystem som används för att aktivt kyla byggnader, kan generellt delas upp i tre typer.

- System med luftburen kyla
- System med vattenburen kyla
- Kombinerade system (kyla tillförs med både luft och vatten)

Det är viktigt att skilja på det sensibla kyleffektbehovet och den totala kyleffekten inklusive våt kylning. Sensibel kyleffekt avser effekten som utgörs av temperaturskillnaden mellan önskad temperatur och den temperatur man skulle ha utan komfortkyla. Den totala kyleffekten skall även inkludera det latent kylbehovet som inkluderar våt kylning. Härmed avses den entalpidifferens som måste åstadkommas för att tilluften ska bli avfuktad i ventilationsaggregatets och/eller en fläktluftkylares kylbatteri, se **Figur 16**. Om man inkluderar det latent kylbehovet ökar i allmänhet det totala dimensionerande kylbehovet med över 100%.

### System med luftburen kyla

I dessa system bestäms det dimensionerande luftflödet av kylbehovet. Det är således de termiska kraven, inte kraven på luftkvalitet, som är dimensionerade.

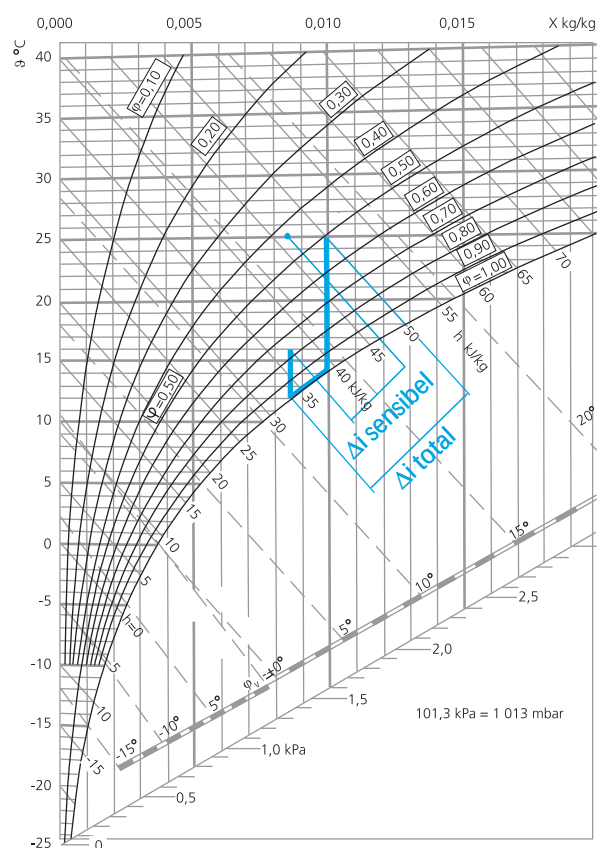
I befintliga byggnader är det normalt både svårt och kostsamt att byta kanalsystem. Om man inte kan transportera tillräckligt stora luftflöden i de befintliga kanalerna för att tillgodose kylbehoven, installerar man vid ombyggnad vanligen vattenburna kylsystem. Kylsystemet måste kunna ta hand om variationen i kylbehov, både över dygnet och över året. De två grundtyperna av system med luftburen kyla är konstantflödessystem eller system med variabelt flöde (kombinationer av de två metoderna förekommer också).

### System med konstant luftflöde – CAV-system

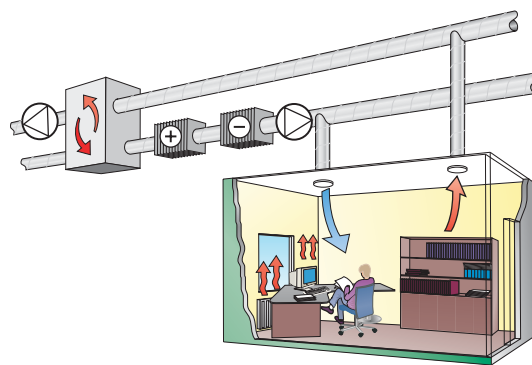
CAV-systemen (Constant Air Volume) kännetecknas av att luftflödet är konstant. Rummen med de största kylbehoven bestämmer normalt dimensioneringen av den tilluftstemperatur som bereds i det centrala luftbehandlingsaggregatet. I vissa rum, t.ex. konferensrum, kan tilluften eventuellt behöva eftervärmas. Detta görs för att ett rum inte ska upplevas som kallt när ingen har vistats i det på en viss tid.

Även om ett CAV-system tillför luft med konstant flöde används ibland tvåhastighetsmotorer till fläktarna, där man reglerar ner varvtalet när kylbehovet i byggnaden så tillåter. Luftflödet minskar då proportionellt lika mycket som varvtalet.

Tilluftstemperaturen i ett CAV-system kan vara konstant eller varieras i förhållande till utetemperaturen. Där temperaturstyrningen sker centralt eller med konstant tilluftstemperatur görs vintertid en korrigering till rätt rumstemperatur i de enskilda rummen, t.ex. med radiatorer.



**Figur 16.** Summan av latent och sensibel kyleffekt ger dimensionerande kyleffekt.



**Figur 17.** Princip för CAV-system.

### System med variabelt luftflöde – VAV-system

I de s.k. VAV-systemen (Variable Air Volume) varierar luftflödet som tillförs varje rum efter behov, men temperaturen på tilluften hålls konstant, dvs. tilluftstemperaturen ändras inte med att lasten ändras. Däremot sker normalt en årstidsstyrning av tilluftstemperaturen, som en funktion av utetemperaturen.

Luftflödet till varje rum regleras med spjäll i någon form av terminalapparat i direkt anslutning till rummet, medan centrala till- och frånluftsfläktar kontrolleras med hjälp av ledskenereglering eller varvtalsstyrda fläktmotorer, vanligtvis frekvensstyrda.

Styrningen sker normalt genom att hålla ett konstant statiskt tryck med givare i tilluftssystemets bortesta grenkanaler. Flödet varierar från max. den varmaste dagen ner till ca 20% av max. under årets kallaste dagar, då luften endast har som uppgift att tillgodose kraven på luftkvalitet.

### System med vattenburen kyla

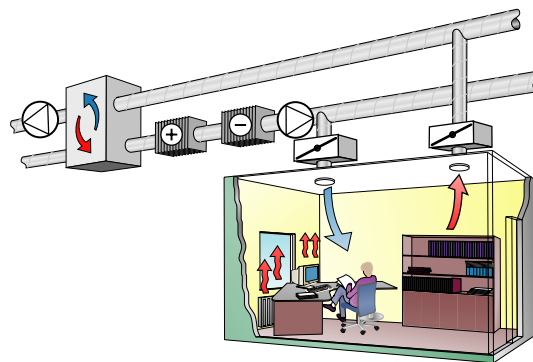
Dessa typer av system förser de enskilda rummen med vattenburen kyla. Det luftsystem som finns används enbart för att tillgodose kraven på luftkvalitet.

I en ombyggnads- eller renoveringssituation föredras ofta denna typ av kylsystem. Vid installation av systemet finns det vanligen plats i befintliga undertak att placera de rör som krävs för distribution av kallt vatten i byggnaden.

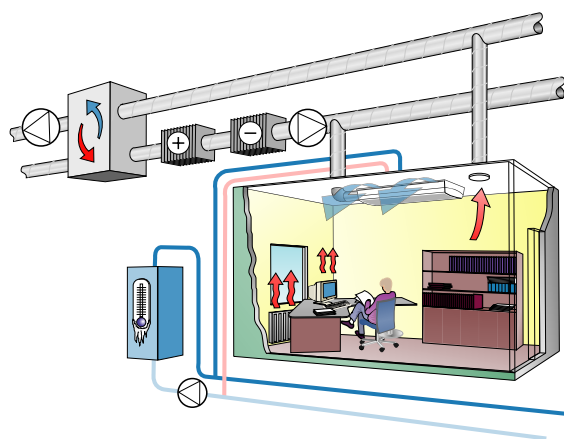
### Kombinerade system

Luftburen och vattenburen kyla kan kombineras på en mängd olika sätt. Ett tillfälle då systemen måste kombineras är då det luftburna systemet inte har tillräcklig kylkapacitet.

Det finns även möjligheter att kombinera luftburna system på så vis att man för vissa delar av en byggnad, eller för vissa rum, använder sig av ett VAV-system (genom att utnyttja s.k. VAV-enheter där luftflödet kan styras), för att i övriga delar av byggnaden ha ett CAV-system.



Figur 18. Princip för VAV-system.



Figur 19. Princip för vattenburen kyla.

### Konventionell eldriven kompressorkyla

Köldalstring med kompressorkylmaskin är det "klassiska" sättet att producera kyla. När maskinkyla för komfortändamål diskuteras är detta vad som normalt avses.

Med en kompressordriven kylmaskin har man stor flexibilitet vad gäller sättet att tillföra byggnaden kyla. Som nämnts tidigare är det möjligt att leverera kyla från kylmaskinen antingen till kylbatteriet i ett luftbehandlingsaggregat eller till kylutrustning placerad direkt i rummen, exempelvis kylbafflar eller fläktkonvektorer.

### Evaporativ kyla

Vid evaporativ kylning av luft utnyttjas att luftens temperatur sänks genom att fukta luften med hjälp av vattenavdunstning från en våt yta som luften passerar. Kylning är möjlig så länge luften inte är mättad på vattenånga. Den lägsta temperatur luften kan få med denna typ av kylning är begränsad av luftens våta temperatur, vilken ibland även kallas luftens kylgräns.

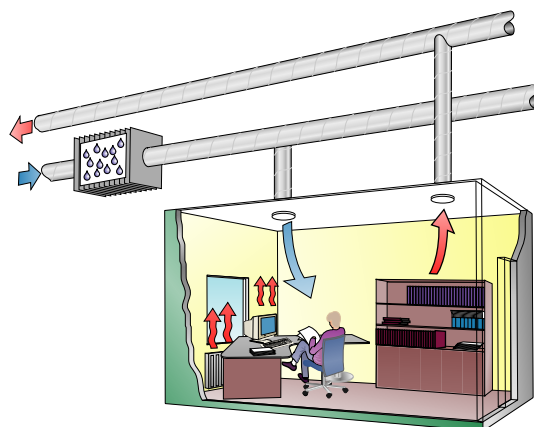
Med direkt evaporativ kylning avses en process där tilluften fuktas och temperaturen sänks. Samtidigt ökas tilluftens fuktinnehåll. Med indirekt evaporativ kylning sker en fuktning av frånluften, varigenom frånluftens temperatur sänks. Därefter sker en värmeväxling (ej fuktöverförande) mellan från- och tilluft där värme ur tilluften kan föras över till frånluften.

Möjligheten att kyla bestäms till stor del av uteluftens aktuella tillstånd. Ju mer fukt (ju högre värde på  $t_{våt}$ ) den innehåller desto sämre blir dess förmåga att kyla. Metoden anses därför ha begränsad användning i kontor och andra kommersiella lokaler.

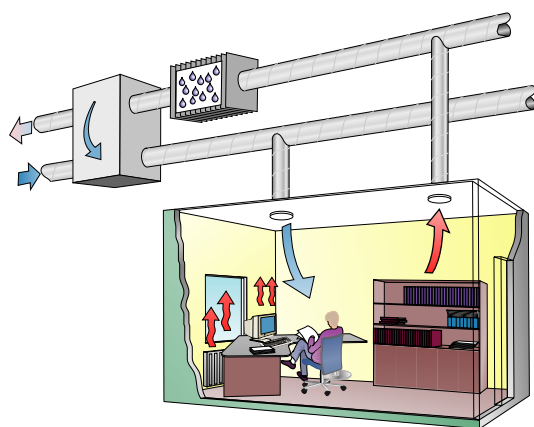
### Sorptiv kyla

För att kunna sänka tilluftens temperatur så långt som möjligt, är det fördelaktigt att ha torrast tänkbara luft när uppfuktningen påbörjas. I den sorptiva kylprocessen är fuktningen från den evaporativa processen kompletterad med en torkning av tilluften innan den fuktas, se **Figur 22**.

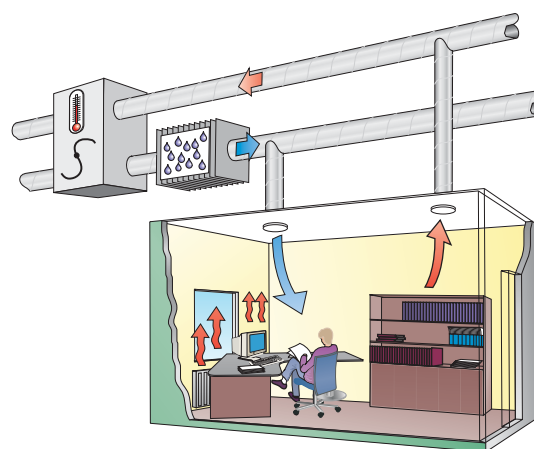
Ett sorptionskylaggregat består alltså av en avfuktardel som torkar luften och en del som kyler luften (den evaporativa delen). Tilluften avfuktas med en fuktupptagande rotor. På frånluftssidan drivs det upptagna vattnet ur rotorn. Till detta åtgår värme. Således måste ett sorptivt kylaggregat även tillföras värme.



Figur 20. Princip för direkt evaporativ kyla.



Figur 21. Princip för indirekt evaporativ kyla.



Figur 22. Princip för sorptiv kyla.

## Fjärrkyla

Det blir allt vanligare att energiföretag erbjuder sina kunder s.k. fjärrkyla. Beroende på det enskilda energiföretagets förutsättningar i fråga om produktionsmöjligheter och kundunderlagets utformning och täthet, produceras och distribueras kyla på olika sätt i olika orter. Produktionsenheter kan i ett fjärrkylsystem bestå av allt från s.k. "frikyla" (t.ex. kallt sjövattnen som direkt kan utnyttjas för kyländamål), över kompressorkylmaskiner, till värmedrivna kylmaskiner (absorptionskylmaskiner).

Det är relativt vanligt att utnyttja kyla från befintliga värmepumpar som redan används för att leverera värme till fjärrvärmennätet. Till ett fjärrkylanät var det tidigare vanligast att kunder med relativt stora kylbehov anslöts. Det kunde t.ex. vara ett sjukhusområde eller ett affärscentrum. Det blir dock allt vanligare att även enskilda fastigheter erbjuds möjlighet att ansluta sig.

Till kunden levereras "kallt vatten" i en undercentral, i princip på samma sätt som i en abonnentcentral för fjärrvärme. Därifrån distribueras sedan sekundärvatten till den eller de byggnader som skall kylas enligt **Figur 23**.

På samma sätt som för fjärrvärme är det viktigt att känna till förutsättningarna som ställs upp från leverantören av fjärrkyla. Det är vanligt att leverantören ställer följande krav:

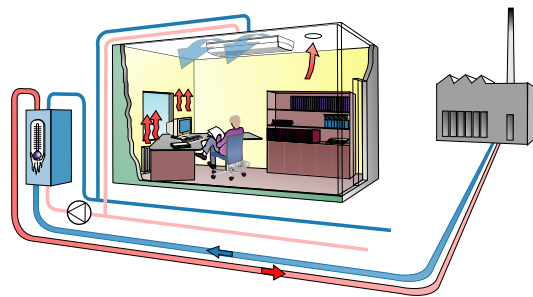
- Temperaturer: exempelvis  $t_{\text{fram}} - t_{\text{retur}} = 6-16$  alt.  $7-17$ , dvs.  $\Delta t = 10$  K.
- Flödestaxa: som ökar i de fall temperaturdifferensen minskar i förhållande till den avtalade.

## Frikylning

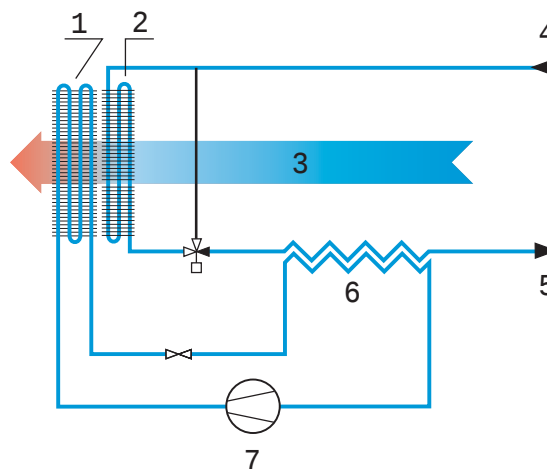
För vattenburna kylsystem finns möjligheten att utnyttja s.k. frikylning. Här måste någon form av värmeväxlare mot uteluften installeras. Det görs oftast integrerat i komfortkylaggregatet, se **Figur 24**. En värmeväxlare kopplas in mellan vätskekylaggregatets köldmedie- och köldbärarekretsar.

I samband med att frikylning utnyttjas vid användning av vattenburen kyla är det vanligt att man vid en förutbestämd utetemperatur låter allt vatten kylas mot uteluften. Vid temperaturer lägre än denna temperatur används således inte kylmaskinen. Den utetemperatur vid vilken omkoppling sker ligger normalt kring  $10^{\circ}\text{C}$ .

Det är också vanligt att man utför frikyla genom installation av värmeväxlare och växelventiler mellan husets köldbärarsystem från vätskekylaggregatet och kylmedelsystemet, från kylanläggningens kylmedelkylare.



**Figur 23.** Princip för fjärrkyla.



**Figur 24.** Kylmaskin med s.k. frikylfunktion.

1. Kondensor
2. VVX för köldbärare
3. Uteluft
4. Köldbärare retur
5. Köldbärare framledning
6. Förångare
7. Kompressor

## KYLNING AV LOKALER

Rummet kan kylas på ett antal olika sätt. Nedan redogörs översiktligt för hur kylbafflar, kylpaneler, komfortmoduler, fläktkonvektorer och induktionsapparater fungerar och vad som kännetecknar respektive system.

### Kylbafflar

En kylbaffel avger sin kyleffekt i huvudsak genom konvektion, dvs. cirkulerande rumsluft som strömmar genom kylbatteriet, se **Figur 25**.

Kylbaffeln kan också kombineras med tilluftsanslutning för att samtidigt fungera som tilluftsdon och i många fall, tack vare den s.k. induktionseffekten, höja kyleffekten i baffeln, se avsnittet **Induktionsapparater**. Swegon kallar den här typen för "aktiva" klimatbafflar eftersom man kan utnyttja funktionen både för kylning och värmning av lokaler.

Kylbaffelns effekt regleras oftast on/off med en styrventil, som ibland styr flera kylbafflar beroende på önskad kyleffekt och flexibilitet.

Kylbafflar arbetar efter principen "torr" kylning (över daggpunkten). Köldbärarens tillloppstemperatur skall alltid vara högre än daggpunktstemperaturen för luften i rummet, se avsnittet **Kondensskydd**.

### Utmärkande egenskaper för aktiva klimatbafflar

- Kostnadseffektiv lösning med tilluft och rumskylning i samma enhet
- Relativt hög kyleffekt
- Viktigt att tilluften är avfuktad så att kondensutfällning och reducerad kapacitet undviks
- Kan även användas för uppvärmning som alternativ till radiatorer

### Kylpaneler

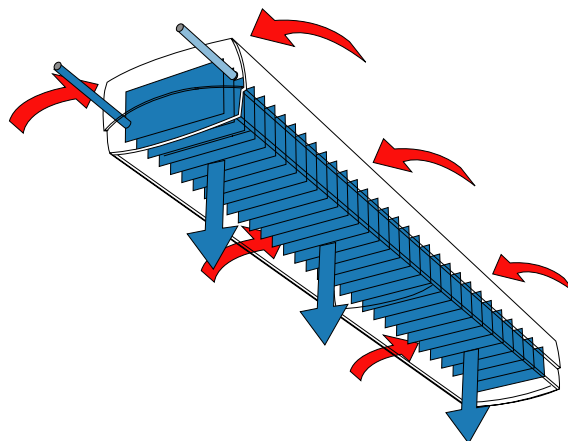
En horisontell undertempererad yta som hängs i tak kallas kylpanel, se **Figur 26**. Kallt vatten passerar i rör anslutna till en aluminiumplåt i kylpanelen. Värmen transporteras från plåten till det kalla vattnet. Kylpanelen kyler då dels den varma rumsluften och dels upptar värme från rummet genom lågtemperaturstrålning. Kan monteras dikt mot tak, frihängande eller integrerat i undertak. Fungerar huvudsakligen som strålningskylare.

Kylpanelernas effekt regleras oftast on/off med en styrventil, som ibland styr flera kylpaneler beroende på önskad kyleffekt och flexibilitet.

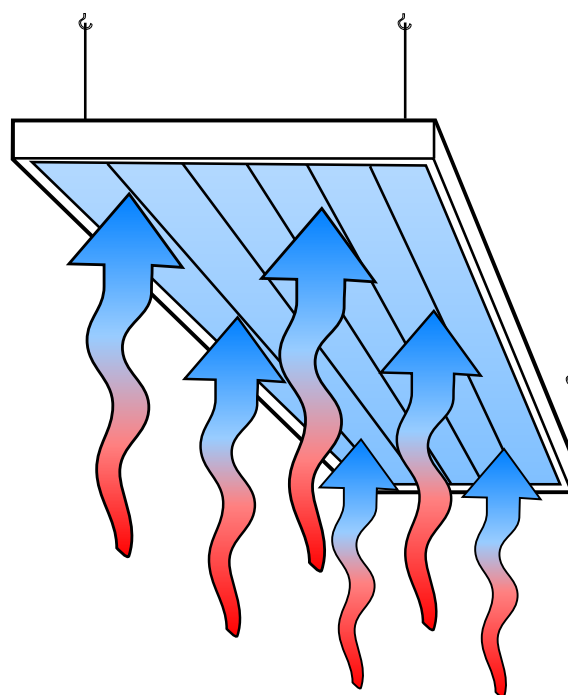
Kylpaneler arbetar efter principen "torr" kylning (ovan daggpunkten). Köldbärarens tillloppstemperatur skall alltid vara högre än daggpunktstemperaturen för luften i rummet, se avsnittet Kondensskydd nedan.

### Utmärkande egenskaper för kylpaneler

- Diskret lösning
- Ger kylning i form av strålning
- Kyleffekten begränsad till ca 100 W/m<sup>2</sup>



Figur 25. Princip för kylbaffel.



Figur 26. Princip för kylpanel.

### Fläktkonvektorer

En enhet via vilken både värme och kyla tillförs rummet (dock ej samtidigt). En principskiss visas i **Figur 27**.

En fläktkonvektor är utrustad med en fläkt som cirkulerar rumsluft genom aggregatet. I aggregatet värms eller kyls luften i ett kombinerat värme- och kylbatteri med två separata vattenslingor. Batteriet tillförs varmt eller kallt vatten från en central anläggning i byggnaden. Fläktkonvektorer är den av rums kylarna som har störst kylkapacitet, men har också högst ljudnivå.

#### Utmärkande egenskaper för fläktkonvektorer

- Hög kyleffekt
- Kan hantera våt kylning om dräneringssystem finns
- Relativt hög ljudnivå (vid höga effektuttag)
- Höga drifts- och underhållskostnader (för t.ex. filter- och fläktbyte, rengöring av dräneringssystem)

### Induktionsapparater

En enhet via vilken både värme och kyla tillförs rummet (dock ej samtidigt). En principskiss av en induktionsapparat visas i **Figur 28**.

När induktionsapparat används tillförs ventilationsluften rummet via induktionsapparaten. Ventilationsluften strömmar genom ett munstycke med hög hastighet vilket får till följd att rumsluft "rycks med" genom ett kombinerat värme- och kylbatteri med två separata vattenslingor. På detta sätt är det möjligt att värma eller kyla rummet genom en och samma enhet utan att använda fläkt.

#### Utmärkande egenskaper för induktionsapparater

- Relativt höga kyleffekter
- Innehåller funktion för tilluft
- Viktigt att tilluften är avfuktad så att kondensutfällning och reducerad kapacitet undviks
- Låga drifts- och underhållskostnader

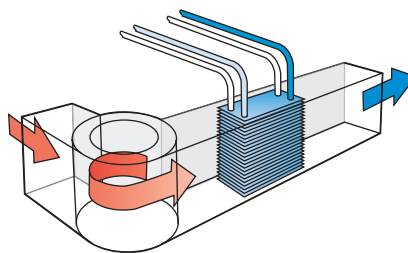
### Komfortmoduler

Komfortmodulen är en helt ny typ av produkt som kan beskrivas som en hybrid mellan en klimatbaffel, ett tilluftsdon och en radiator.

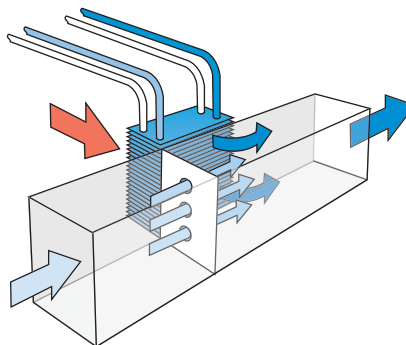
Komfortmodulen kombinerar klimatbaffelns höga kylkapacitet vid låga primärluftsmängder med tilluftsdonets förmåga att snabbt blanda den kylda luften med rumsluften. Detta skapar möjligheter att tillföra stora kyleffekter med en betydligt mindre enhet än med en klimatbaffel. Samma funktion skapar samtidigt bättre förutsättningar att värma lokaler från taket. En principskiss av en komfortmodul visas i **Figur 29**.

#### Utmärkande egenskaper för komfortmoduler

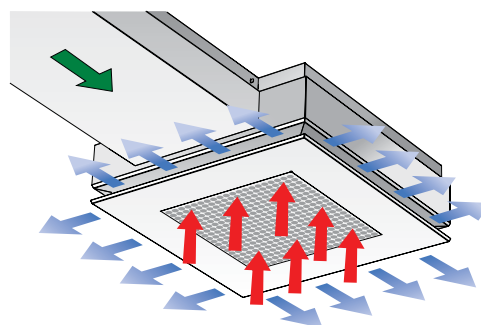
- Små byggmått ger större utrymme för andra installationer i taket
- Fyrvägs luftdistribution ger stor inblandningszon och hög komfort
- Tempererar och ventilerar lokaler för hög komfort oavsett årstid (ventilation, kyla och värme)
- Inga rörliga delar, ger låga underhållskostnader
- Stor flexibilitet under hela dess livslängd



Figur 27. Princip för fläktkonvektor.



Figur 28. Princip för induktionsapparat.



Figur 29. Princip för komfortmodul.

## PROJEKTERING

**Dimensioneringsnyckel**

Dimensionerande data:

- Kylbehov (använd lämpligen Swegons klimatberäkningsprogram ProClim)
- Värmebehov (använd lämpligen Swegons klimatberäkningsprogram ProClim)
- Luftflödesbehov (använd lämpligen Swegons donberäkningsprogram ProAir)

Övriga dimensioneringspåverkande faktorer:

- Maximalt tillåtna luftrörelser i vistelsezonen (använd lämpligen Swegons donberäkningsprogram ProAir)
- Ljudkrav (använd lämpligen Swegons ljudberäkningsprogram ProAc)
- Krav på riktad operativ temperatur (använd lämpligen Swegons klimatberäkningsprogram ProClim)

**Beräkningsgång**

1) Beräkna tilluftens kyleffekt [W].

$P_l = q_l \cdot 1,2 \cdot \Delta t_l$  där  $q_l$  är tilluftflödet [l/s]

$\Delta t_l$  är temperaturdifferensen mellan rumstemperaturen och tilluften [K]

Hjälptabeller för primärluftens kylkapacitet finns också redovisat med produktens kylkapaciteter, se respektive avsnitt.

2) Vattnets kyleffektbehov fås genom att reducera totalt kylbehov med tilluftens kyleffekt. Om produkten endast innehåller kylfunktion, gå till pkt. 3a. Om produkten innehåller tilluft, gå till pkt. 3b.

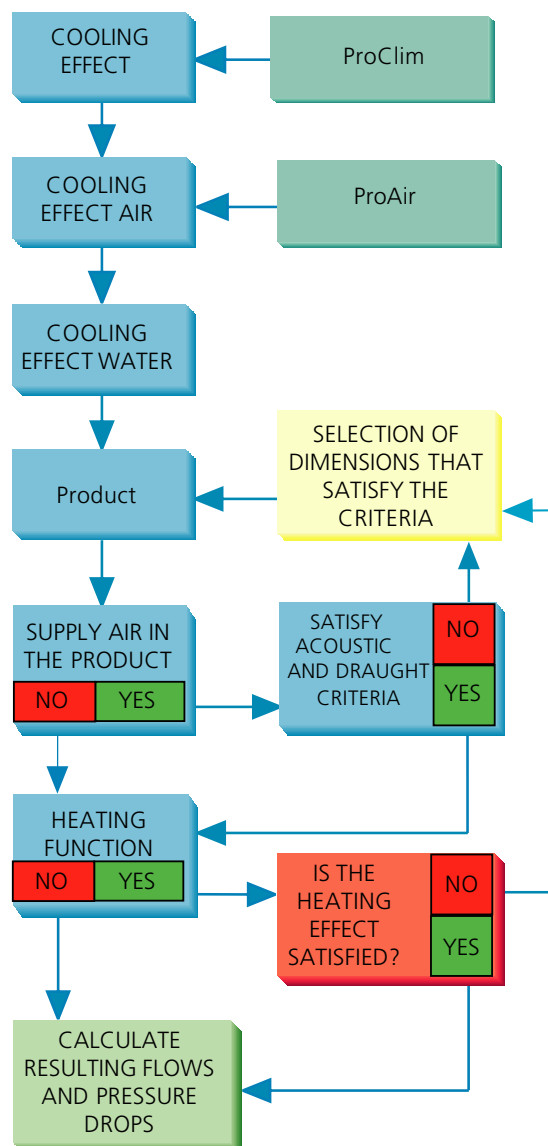
3a) Gå in i tabellerna som redovisar kyleffekt per kylbaffel som funktion av medeltemperaturdifferensen och välj ut lämplig kylbaffel med kylkapacitet motsvarande beräkning enligt pkt. 2, eller det antal kylbafflar som behövs om en inte är tillräckligt.

3b) Gå in i tabellerna som redovisar kyleffekt per takapparat som funktion av medeltemperaturdifferensen. Välj dyskonfiguration som matchar önskad luftmängd. Välj en takapparat med önskat luftflöde eller interpolera mellan närliggande luftflöden. Kontrollera att ljudnivån inte blir för hög och att funktionslängderna kan accepteras.

4) Ur diagrammet "Vattenflöde - kyleffekt" erhålls vattenflödet vid valt  $\Delta t$  på kylvattenet.

5) Tryckfall på kylvattenkretsen i produkten beräknas sedan med hjälp av formeln  $\Delta p_k = (q_k/k_{pk})^2$  där  $k_{pk}$  redovisas i samma tabell som kylkapaciteten.

6) Värme. Gör på motsvarande sätt som i pkt. 3-5 ovan.



Figur 30. Dimensioneringsnyckel.

## Systemuppbyggnad

### Kylsystem

Kylsystemet bör utformas med inomhusplacerad förångare. Avledningen av överskottsvärme görs antingen med utomhusplacerad kondensor eller via brinesystem och kylmedelskylare placerad utomhus.

Om man i stället väljer utomhusplacerat kylaggregat, dvs. förångaren placerad utomhus, rekommenderas mellanväxlare placerad inomhus. Detta för att undvika fryspunktssänkande medel (brine) i kylvattenkretsen. Det är två faktorer som gör att brine bör undvikas i kylvattenkretsen. Tryckfallet ökar med 15-25% beroende på brinelösningens sammansättning. Vidare reduceras kyleffekten med ca 15% beroende på att värmeövergångstalet blir lägre på vattensidan.

Vanligast förekommande är system med tubpanneförångare i vilken kylmaskinens köldmedium tar upp energi från kylvatten som cirkulerar i byggnaden. Av miljöskäl är denna lösning att föredra trots verkningsgradsförsämringen i växlaren.

### Reglering av slutapparater

Kylbafflar och fasadapparater kopplas nästan uteslutande med 2-vägsventiler. Fördelarna jämfört med trevägskoppling är lägre kostnad samt enklare att dimensionera och justera in. För att förhindra höga tryck vid låg belastning placeras överströmningsventiler ut på några ställen i systemet. Att tryckreglerade pumpar idag kan installeras till rimlig kostnad medverkar också till att 2-vägssystem är att föredra.

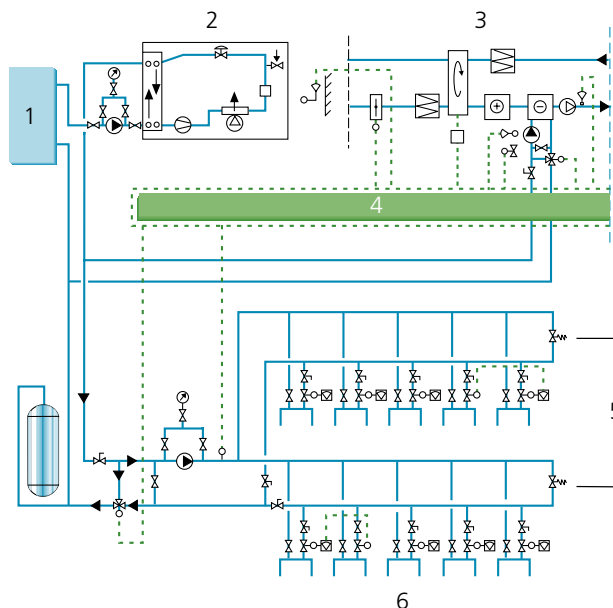
### Kondensskydd

Varma sensommandagar kan luftfuktigheten ibland bli hög. Ju högre fuktinnehållet i luften är desto högre blir gränstemperaturen (daggpunktstemperaturen) för kondens på ytor. I ett mollierdiagram (fukt-entalpi-diagram) kan man utläsa detta förhållande, se **Figur 34**. Vid exempelvis 25°C och 50% relativ fuktighet är daggpunkten 14°C (gäller vid normalt atmosfärtryck 101 kPa), dvs. det börjar kondensera på en yta vars temperatur är 14°C eller lägre. Under sensommandagar kan daggpunktstemperaturen ibland stiga till 15°C, och i extrema fall, efter en regnskur, uppåt 17°C.

För att undvika problem med kondens bör man därför alltid säkerställa att systemet förhindrar kondens vid slutapparater. Det görs bäst genom att tilluften alltid förkyls för säkerställande av utkondensering i tilluftsaggregatets kylbatteri.

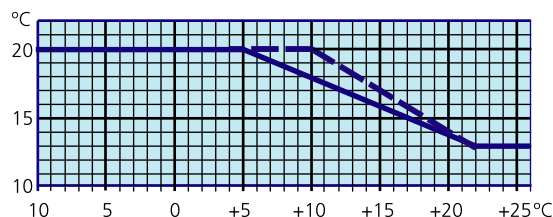
En annan möjlighet är att använda en givare som mäter den relativa fuktigheten i frånluften, se **Figur 33**. Shuntgruppsventilen styrs att hålla vattentemperaturen över daggpunktstemperaturen.

För att säkerställa torkning av luften vid hög utetemperatur och hög relativ fuktighet skall tilluftstemperaturen utkompenseras enligt **Figur 32**. Ingreppspunkten +5°C kan variera något från anläggning till anläggning. Se streckad alternativ kurva. Det är dock väsentligt att vid utetemperaturer omkring +22°C och däröver nå en avfuktning efter luftbehandlingsaggregatet så att tilluftens daggpunktstemperatur är lägre eller lika med tilloppstemperaturen på kyltakens köldbärare.

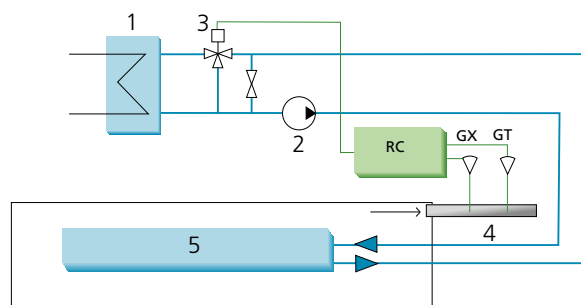


**Figur 31.** Systemförslag.

- 1 = Vattentank
- 2 = Vattenkylare
- 3 = Luftbehandlingsaggregat
- 4 = Reglercentral
- 5 = Differenstrycksventil
- 6 = Kylbafflar



**Figur 32.** Tilluftskompensation med avseende på uteluftens temperatur.



**Figur 33.** Kondensskyddsreglering via shuntgrupp.

- 1 = Förångare/kondensor
- 2 = Cirkulationspump
- 3 = Shunt
- 4 = Frånluftkanal
- 5 = Kylbaffel
- RC = Regulator
- GX = Fuktgivare
- GT = Temperaturgivare

### Projektering av kondensskydd

Här ges förslag till lämplig uppbyggnad av rörsystem med tillhörande styr- och injusteringsventiler för att få en samverkan mellan luftbehandlings torkning av tilluften genom kondensation och köldbärartemperaturen till kyltakssidan för att motverka kondens på kyltaken.

Systemet har dimensionerats för tillståndet DUT = +25°C och RH = 50% vilket motsvarar en daggpunkt på +14°C. Köldbärarsidans dimensionerande temperatur till kyltak sätts till +13°C i tillopp och +17°C i retur, se **Figur 34**.

På luftbehandlingssidan dimensioneras kylbatteriet för +8°C i tillloppstemperatur och +13°C i returtemperatur. Detta är temperaturer som ger goda förutsättningar även vid fjärrkyla. Här har antagits en anläggning på 1000 m<sup>2</sup> med ett tilluftflöde av 1,5 l/s m<sup>2</sup>.

Vid fjärrkyla bör man beakta att leverantörerna ställer krav på en returtemperatur av lägst +16°C. Vid dimensioneringen skall då även hänsyn tas till förlust på minst en grad i värmväxlaren för fjärrkyla. Det innebär att returtemperaturen från slutapparaten skall vara som lägst +17°C.

Som framgår av mollierdiagrammets kurva för ovan dimensionerande data erhålls en entalpidifferens  $\Delta i$  av 16 kJ/kg.

$$P_{TL} = q_{TL} \cdot \rho_{TL} \cdot \Delta i \quad [\text{kW}]$$

$$P_{TL} = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 16 = 28,8 \text{ kW}$$

$P_{TL}$  = erforderlig effekt för kylning av tilluften med tillhörande kondensutfällning vid DUT

$\rho_{TL}$  = tilluftens densitet i kg/m<sup>3</sup>

$q_{TL}$  = tilluftens flöde i m<sup>3</sup>/s

Ovanstående ger ett dimensionerande köldbärarflöde  $q_w$  vid  $\Delta t_w = 5 \text{ K}$  (+8°C till +13°C), och  $P_{TL} = 28,8 \text{ kW}$ .

$$q_w = P_{TL} / (\Delta t_w \cdot c_p) = 1,72 \text{ l/s}$$

$$q_w = 28,8 / (5 \cdot 4,187) = 1,72 \text{ l/s}$$

$\rho_w$  = vattnets densitet i kg/m<sup>3</sup>

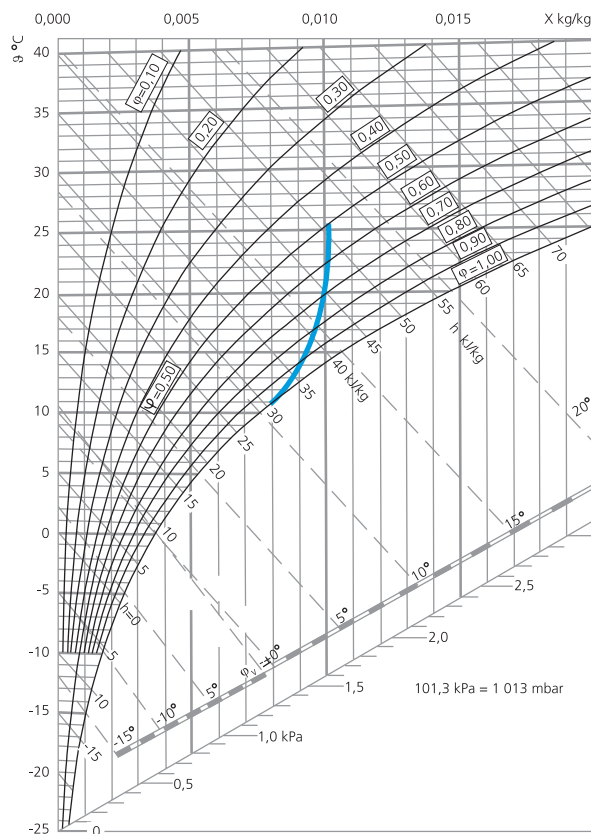
$c_p$  = vattnets specifika värme i kJ/kg °C

$$4,187 = \rho_w \cdot c_p / 1000$$

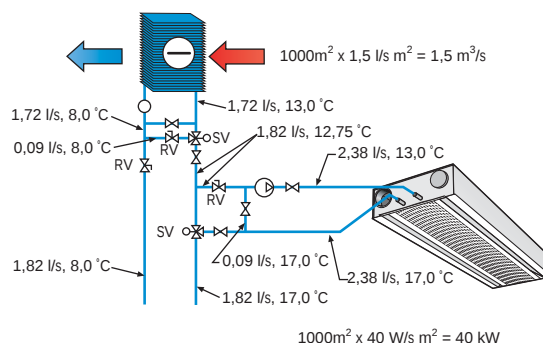
På motsvarande sätt erhålls för kyltaksdelen 1000 m<sup>2</sup> · 40 W/m<sup>2</sup> = 40 kW i erforderlig kyleffekt.

$$q_{wk} = 40 / (4 \cdot 4,187) = 1,38 \text{ l/s}$$

Prova förbigångsflödet 0,09 l/s till trevägsventilen SV1 förbi luftkylaren. Med hjälp av de skilda flödena och dess temperaturer beräknas sedan blandningstemperaturerna i rörsystemets skilda delar. Av de framräknade blandningstemperaturerna framgår att de samspelar väl i dimensionerande fall. Injusteringsventilerna skall mätas med styrventilens port helt öppen mot respektive injusteringsventil då det för RV-ventilen fastställda flödet injusteras till beräknat värde. Av **Figur 35** framgår resulterande flöden och temperaturer.



**Figur 34.** Kondensskydd. Tillståndsförändring för tilluften.



**Figur 35.** Kondensskydd. Systemprincip med flöden och temperaturer.

### **Temperaturer**

Nedanstående temperaturer ska ses som rekommendation. Avvikelser kan givetvis förekomma.

### **Rekommenderade temperaturer**

Framledningstemperatur kyla:  $>13^{\circ}\text{C}$  (se avsnitt **Kondensskydd**)

Temperaturhöjning kyla: 2-4K

Tilluftstemperatur vid kyl drift: se **Figur 32**

### **Rumsreglering**

Reglering av rumstemperaturen sker normalt individuellt i varje rum via en rumsenhet med temperaturvred. Rumsenheten styr kyl- och (i förekommande fall) värmeventil i sekvens så att värme och kyla inte tillförs rummet samtidigt om byggnaden är ny.

I äldre byggnader med sämre isoleringsförmåga är det inte givet att kylning och värmning skall ske i sekvens. Här rekommenderas att den riktade operativa temperativa temperaturen kontrolleras. Det kan visa sig att man har behov av värme vid fasad samtidigt som det råder kylbehov i de inre klimatzonerna.

## PROJEKTERING MED SWEGONS KLIMATBAFFLAR

Principen för Swegons klimatbafflar är att primärluften såväl skapar omblandningen i lokalen som genom induktion cirkulerar rumsluften genom de inbyggda flänsbatterierna och på så sätt undertempererar rumsluften. Beroende på hur lokalen ser ut, värmelasternas placering och hur takapparaterna placeras, kan olika strömningsbilder skapas.

### Korridor - fasad

Det här är ett installationsalternativ för modulkontor. Produkten kan placeras valfritt antingen centriskt mitt i rummet eller utmed den ena mellanväggen. Centrisk placering är det konventionella alternativet som passar alla bafflar, såväl med som utan tilluft och/eller värme. Placering utmed mellanvägg kan göras med produkter med och utan tilluft. I tilluftfallet kan det vara lämpligt med en asymmetrisk inblåsning av tilluften.

*Fördelar:* Enkel anslutning av vatten och luft till korridor.

### Bakkant

Bakkantslösningen passar i modulkontor och storkontor. Beroende på tilluftmängder väljs symmetrisk eller asymmetrisk luftinblåsning. Med tanke på att största delen av värmelasterna normalt finns närmast fasaden samverkar en nedåtriktad luftinblåsning med värmelasten med för hög lufthastighet utmed golvet som följd. Minst 50 % av tilluften bör därför riktas mot fasad och kontrolleras med hjälp av ADC. Produkter med strålningsvärme bör normalt undvikas i bakkant. För att erhålla liten strålningsasymmetri rekommenderas i stället radiator eller strålningsvärme vid yttervägg.

*Fördelar:* Enkel anslutning av vatten och luft till korridor.

### Framkant

Framkantslösningen passar i modulkontor och inte minst i storkontor. Placeringen lämpar sig mycket bra för produkter med kyl-, tilluft- och värmefunktion. Med höga dystryck och luftflöden vid placering nära fasaden är det lämpligt med asymmetrisk inblåsning. Med en placering närmare mitten av rummet fungerar likformig inblåsning bäst.

*Fördelar:* Samtliga klimatfunktioner i en enhet ger enkelhet i projektering och installation. Ger i storkontor vanligtvis möjlighet till längre avstånd mellan produkterna än vid montage i riktning korridor - fasad, vilket kan öka möjligheten till högre kylkapaciteter. Genom att lämna ett utrymme mellan kortsidorna på enheterna skapas stor flexibilitet att uppföra eller flytta mellanväggar utan att störa komforten i rummet.

### Cellkontor

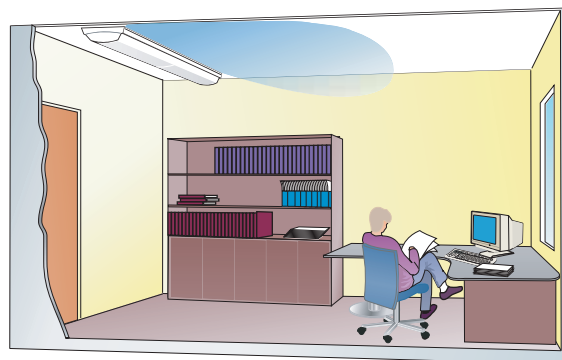
I ett cellkontor har man alltid en lång inblandningszon innan den undertempererade luften som lämnar takapparaten når personer i vistelsezonen.

Från klimatbaffelns läge kan luften följa tak, vägg och del av golvet och under hela denna sträcka blanda in rumsluft och höja temperaturen i cirkulationsluften, för att på så sätt klimatisera lokalen utan risk för drag. Tack vare den långa inblandningszonen kan också luftmängd och impuls variera inom ett

stort område utan att dragrisken i vistelsezonen blir för hög, varför dyskonfiguration inte nödvändigtvis behöver ändras vid en förändring av luftflödet.



Figur 36. Korridor-fasadororienterad klimatbaffel i cellkontor.



Figur 37. Bakkantsplacerad klimatbaffel i cellkontor.



Figur 38. Framkantsplacerad klimatbaffel i cellkontor.

## Storrum

Storrum kan vara butikslokaler eller kontorslandskap. I ett storrum är förhållandena för klimatbafflar annorlunda än i cellkontor. Här finns vanligtvis inte väggytor som den undertempererade luften kan strömma utmed annat än fasaden, se **Figur 39**, varför ADC alltid rekommenderas och då i synnerhet med korridor - fasadorienterade installationer med motblåsande enheter. Framkantsplacering kan också rekommenderas, se avsnittet ovan.

Med omblandande system sker ett utbyte i vertikal led mellan rumsluft och undertempererad tilluft och genom de krav på flexibilitet avseende fri möblering, mellanväggsplacering etc. som i allmänhet finns för moderna kontorslandskap, måste

systemet från början projekteras på ett sådant sätt att inte risk för drag föreligger. I Swegon beräkningsprogram för klimatbafflar, ProSelect, finns alla nödvändiga data som behövs för att kunna genomföra en projektering.

*Fördelar:* Produkter med tilluft ger god inblåsning och omblandning utan buller och drag.

*Att tänka på:* Passiva kylbafflar bör orienteras i konvektionsströmmarnas riktning, annars riskeras reducerad kapacitet. På motsvarande sätt bör också tilluftdon placeras så att de blåser utmed kylbafflarna. Alltid ADC på aktiva enheter.



**Figur 39.** Placering av klimatbafflar i storrum.

## PROJEKTERING MED SWEGONS KOMFORTMODULER

### Intro

Komfortmoduler är en hybrid mellan en traditionell kylbaffel, ett dysdon och en radiator och kombinerar följande egenskaper:

- Kylbaffelns höga kyl- respektive värmekapacitet vid låga luftflöden
- Dysdonets snabba inblandning av tillförd luft med rumsluften
- Radiatorns värmekapacitet

Denna unika kombination ger helt nya möjligheter.

Genom att sprida den tillförda luften i fyra riktningar (se **Figur 40**) skapas en stor inblandningszon. Detta gör att man kan tillföra höga kyleffekter med en produkt som kräver mindre utrymme i taket.

### Cellkontor

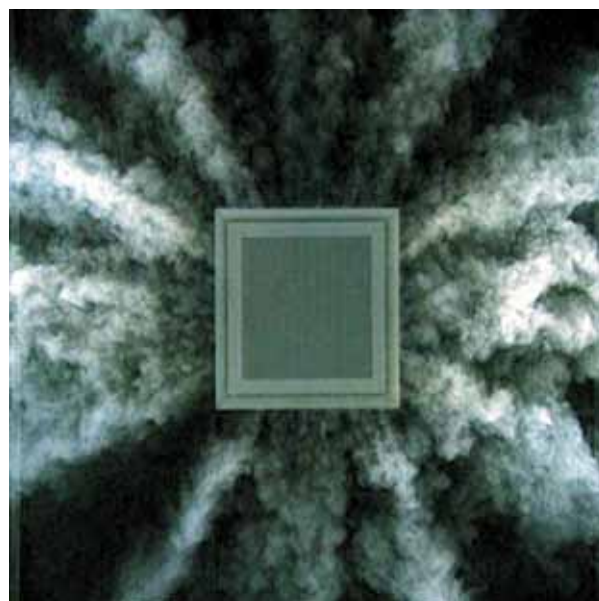
En komfortmodul kan placeras var som helst i ett cellkontor utan att ge upphov till drag. Genom att ställa in luftflödets riktning beroende på enhetens placering kan man optimera komforten i rummet från fall till fall. Ett bra exempel på detta är en bakkantsplacerad komfortmodul i frihängande utförande (se **Figur 41**). Med 4-vägs inblåsning utnyttjas korridorväggen, taket och mellanväggarna för att blanda den tillförda luften med rumsluften. Till skillnad mot en traditionell tvåvägsinblåsning ger detta lägre lufthastigheter, framförallt i golvnivå.

**Fördelar:** Samma produkt ger optimal komfort oavsett placering i rummet.

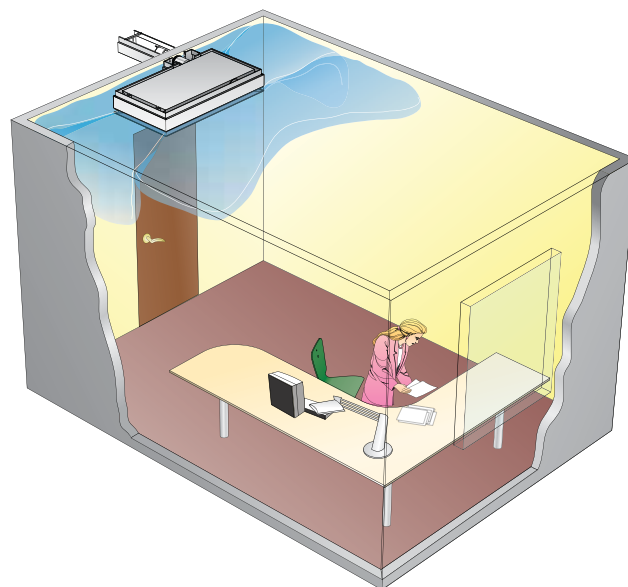
### Storrum

I storrum kommer komfortmodulernas 4-vägsinblåsning verkligen till sin rätt. Genom att utnyttja den inbyggda ADC (Anti Draught Control) inställd till "Fan-shape" (**Figur 40**) skapas en helt runtomblåsande spridningsbild. Till skillnad från klimatbafflarnas tendens att lokalt ge något högre lufthastigheter i storrum ger komfortmodulerna en jämnare fördelning i hela lokalen. Detta gör att risken för eventuellt drag blir mindre och komforten bättre. Eftersom produktens livslängd normalt är längre än intervallerna mellan ombyggnad eller renovering av lokalerna ställs höga krav på flexibla system. Med hjälp av den inbyggda dysregleringen och ADC finns stora möjligheter att behålla befintlig installation även då förutsättningarna förändras.

**Fördelar:** Mycket jämn fördelning av lufthastighet i lokalen. Stor flexibilitet med avseende på luftflödesförändringar och eventuellt förändrade förutsättningar.



**Figur 40.** 4-vägsspridning med ADC i Fan-shape.

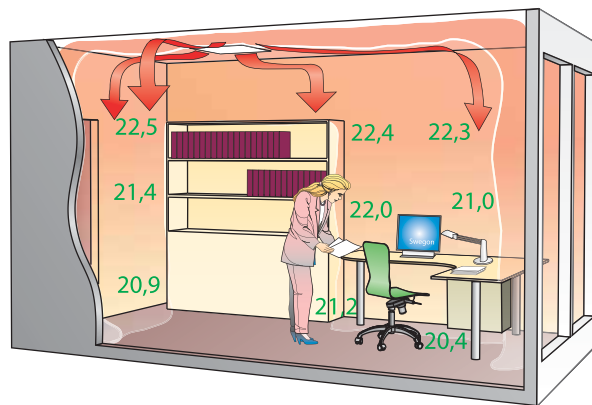


**Figur 41.** Bakkantsplacerad komfortmodul i cellkontor.

### Värmefunktion

Vid nybyggnation idag utförs fasaderna med mycket låga U-värden samtidigt som kvaliteten på fönster har förbättrats avsevärt den senaste tiden. Det betyder högre ytemperatur på fönstrets insida med mindre kallstrålning som följd och ett minimum av kallras. En allt bättre fasad minskar också värmebehovet på vintern vilket betyder att värme sällan behöver tillföras lokalen när rummet används. Interna värmelaster är oftast tillräckliga för att värma lokalen under dagtid. Med mindre kallstrålning minskar alltså behovet av traditionella radiatorer för att höja den operativa temperaturen.

Eftersom komfortmodulerna blandar in den tillförda luften snabbare än en klimatbaffel minskar också temperaturskillnaden snabbare. Detta i kombination med den förbättrade byggtekniken gör det möjligt att värma upp lokaler med komfortmoduler på ett bättre sätt än med traditionella klimatbafflar. Det är faktiskt möjligt även i många ROT-projekt att värma lokalerna med komfortmoduler. Med hjälp av Swegons mjukvara ProClim kan man bland annat beräkna den operativa temperaturen på ett mycket effektivt sätt. ProClim finns tillgängligt på Swegons hemsida [www.swegon.se](http://www.swegon.se). För att ge en bild av hur det kan se ut i ett cellkontor uppvärmt med en komfortmodul finns utförliga fullskalerapporter att ta del av. **Figur 42** visar ett utdrag från ett simulerat vinterfall.



**Figur 42.** Illustration från fullskaleprov, uppvärmning med komfortmodul.

## PROJEKTERING MED SWEGONS FASADAPPARATER

### Fasadplacering

Som namnet antyder är produktens huvudsakliga placering utmed fasad. Swegons fasadsystem PRIMO innehåller alltid funktionerna kylning, värmning och ventilation. Systemet ger mycket god komfort vid såväl kyl- som värmedrift.

**Fördelar:** Komplet system inklusive styrutrustning. Passar vid låga takhöjder. Litet underhåll och låga servicekostnader. Ger flexibla rumslösningar där mellanväggar kan flyttas utan att störa komforten i rummet.

### Nedsänkta i golv

Kan även placeras liggande nedsänkt i installationsgolv när det förekommer.

**Fördelar:** Komplet system inklusive styrutrustning. Möjliggör lösningar med fönster som går ner till golv (så kallade glasfasader) utan att installationen påverkar helhetsintrycket.

### Takplacering

Ytterligare ett alternativ är placering i takets fram- eller bak-kant. Ett vanligt installationsexempel är i ett hotellrum. Här är normalt halldelen försedd med undertak för att övergå i ett rum utan undertak. I utrymmet ovanför hallens undertak kan en liggande fasadapparat installeras. Denna förser rummet med ventilation, kyla och värme.

**Fördelar:** Komplet system inklusive styrutrustning.

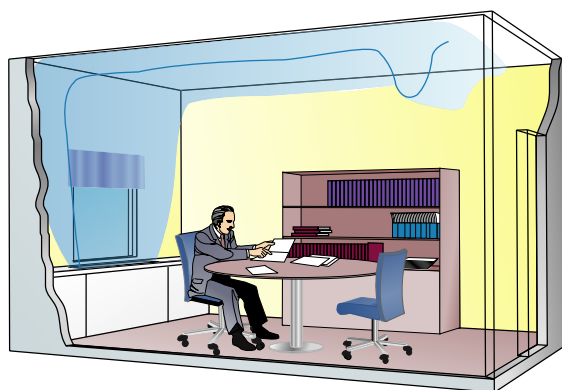
### Rekommenderade gränsvärden

Under varje produktavsnitt finns rekommenderade gränsvärden för produkten angivna. På vattensidan anges gränser för arbetstryck och tryck vid provtryckning av färdig installation. Angivna tryck avser batteriernas arbets- och provtryck. I de allra flesta fall är det kopplingar och ventiler som begränsar systemets totaltryck.

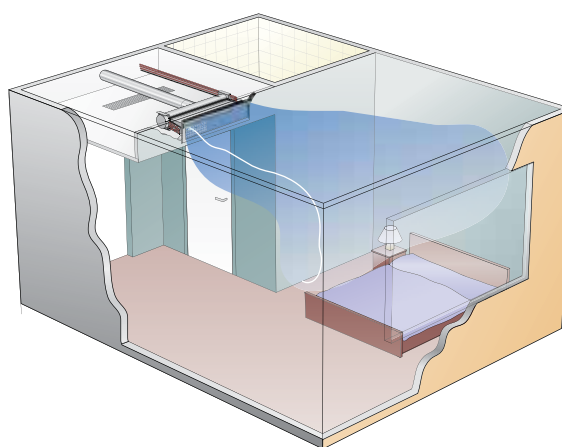
För kyl- och värmevattenslinga finns minsta vattenflöde angivet. Med detta avses det minsta flöde som krävs för att säkra medtryckning av luft i slingan. Lägsta framledningstemperatur avgörs av daggpunktstemperaturen och skall alltid dimensioneras så att systemet arbetar utan kondens, se även avsnittet Kondensskydd.

Högsta framledningstemperatur anger den högsta temperatur som rekommenderas vid kontinuerlig drift. Observera att stora och hastiga temperaturvariationer, framför allt i strålningsstak men även till viss del i klimatbafflar med flänsbatterier, kan ge knäppljud pga. längdutvidgning i detaljer. Höga framledningstemperaturer (60-80°C) får endast förekomma då uppvärmningsbehovet är stort och skall alltid följa utomhustemperaturen så att framledningstemperaturen sänks i takt med att uppvärmningsbehovet blir mindre. Detta är även att föredra ur energisynpunkt eftersom förlusterna i rørsystemen då blir lägre.

Högtemperatursystem där styrningen av rumstemperaturen bygger på att produkter kontinuerligt värms upp och kyles ned bör undvikas.



Figur 43. Fasadapparater placerade under fönster i cellkontor.



Figur 44. Takplacerad fasadapparat i hotellrum.

## Fullskaleförsök i labmiljö

Vid Swegons fabriker i Tomelilla, Arvika och Kvänum finns välutrustade ventilationstekniska laboratorier. I samband med utveckling och framtagning av nya produkter sker ett omfattande utvecklingsarbete för att klargöra funktion och prestanda hos produkterna. En viktig del av detta arbete är fullskaleprover där inneklimatet kan simuleras. Syftet med dessa tester är att ta reda på praktiska gränser för användandet av produkterna och vilka rekommendationer som behövs för att bistå kunder med råd och vägledning genom projekteringsfasen.

För att kunna genomföra en simulering i labmiljö krävs en uppställning och möblering som är så lika den aktuella lokalen som möjligt.

För att uppnå rätt nivå på värme- respektive kylbehov bör en klimatberäkning alltid ligga till grund för dimensionering av klimatsystemet. Ett lämpligt sätt är att använda sig av Swegons beräkningsprogram ProClim (se [www.swegon.se](http://www.swegon.se)) eller ta hjälp av något av våra säljkontor.

När förutsättningarna för lokalerna är bestämda, planeras ett test vid något av företagets laboratorier via något säljkontor. Möjligheten finns sedan att övervaka provet och själv ta del av vilket resultat som kan uppnås.

Som ett alternativ till fullskaleprov kan Swegon också erbjuda avancerade datorsimuleringar (CFD). Det kan vara särskilt intressant i de fall det inte är praktiskt genomförbart att fysiskt bygga upp den aktuella lokalen. Som exempel på detta kan nämnas sporthallar, konserthallar och andra stora utrymmen. CFD-simulering ger en bra uppfattning av händelseförloppen i en lokal och kan enkelt visualiseras med olika färgskalor.

## Dyskonfiguration

Kapacitetsdata för takapparater presenteras vanligtvis för olika dyskonfigurationer. Konfigurationerna ger respektive produkt anpassade k-faktorer så att man kan optimera luftflöden, dystryck och flödesriktning till varje typ av lokal och produktplacering. För klimatbafflar används i de flesta fall symmetrisk tvåvägsinblåsning (50-50%) men kan också konfigureras till exempelvis asymmetrisk tvåvägsinblåsning med större luftflöde åt vänster eller höger (75-25%). Valda konfigurationer kan ändras i senare skede genom ompluggning av dysor.

Komfortmoduler är också försedda med dysor men med ett förenklat handhavande. Genom ett enkelt ingrepp kan man ändra enheternas dysinställning för mer eller mindre luftmängd individuellt på alla fyra sidor. Detta gör att man under produktens hela livslängd har alla möjligheter att anpassa luftmängd och luftmängdens riktning efter rådande behov.

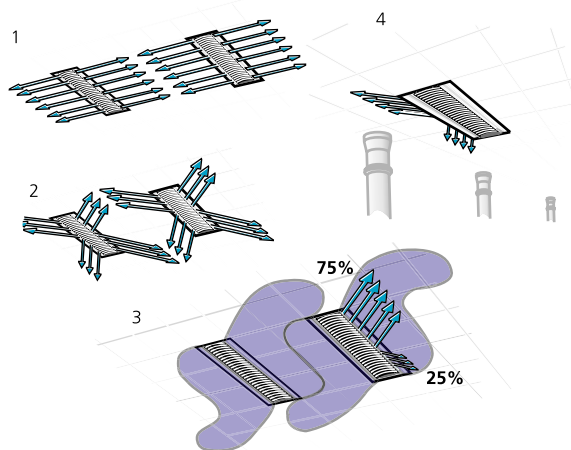
## Luftriktare ADC

De olika takapparaternas spridningsbilder finns presenterade i beräkningsprogrammet ProSelect. Avsikten är här att kunna ge underlag för att bestämma avstånd till vägg eller annat hinder, samt avstånd mellan motblåsande enheter. Angivna avstånd mellan enheter och till väggar är referensparametrar som baseras på omfattande laboratiemätningar och mångårig erfarenhet.

Med hjälp av ADC, Anti Draught Control, kan såväl spridningsbild som inträngningsdjup individuellt förändras på varje takapparat vilket bidrar till att göra dem mycket flexibla. Antalet inställningskombinationer är mycket stort och de vanligaste spridningsbilderna finns i respektive produktdatablad. För att beräkna rekommenderade minsta avstånd mellan enheter och till väggar används med fördel Swegons dimensioneringsprogram ProSelect.

## Vridbara tilluftsdysor

Swegons klimatbafflar ska kunna erbjuda en optimal tillförsel av primärluft och undertempererad cirkulationsluft med låga luftförluster i vistelsezonen, oavsett önskad primärluftmängd. Därför kan vissa produkter förses med inbyggda tilluftsdysor. Luftfördelningen är sedan varierbar på så vis att tilluftsdysorna är vridbara. Denna typ av tilluftsdysor är av samma utförande som de i Swegons dysdon. Tilluftsdysorna används med fördel i lokaler där man behöver mer tilluft än en normal klimatbaffel kan hantera, t.ex. i konferensrum.



Figur 45. Exempel på ADC med olika inställningar.

### BSA infälld i undertak

För att BSA ska få rätt cirkulationsluftflöde är det viktigt att cirkulationsluftöppningar ordnas i undertaket. För varje löpmetert klimatbaffel erfordras cirkulationsluftöppningar med en nettoarea på minst  $0,1 \text{ m}^2$  i undertaket.

Om möjligt skall cirkulationsluftöppningarna placeras vid enhetens kortsidor. Där detta ej är möjligt placeras cirkulationsluftöppningar på ett avstånd (L) av minst halva rekommenderade avståndet mellan två enheter, se **Figur 46**.

### Avstånd mellan klimatbafflar

Detaljerade rekommendationer om rätt avstånd mellan enheter erhålls med hjälp av dimensioneringsprogrammet ProSelect som finns tillgängligt på [www.swegon.se](http://www.swegon.se).

### Skötsel

Swegons takapparater, kylbafflar, komfortmoduler och fasadapparater kännetecknas bland annat av att de inte innehåller några rörliga delar. De kräver därför inte något annat underhåll än rengöring. Intervallet för rengöring varierar med typ av produkt, produktens placering och arten av verksamhet i lokalen, men kan vid normala driftsförhållanden sättas till 5 år för kylbafflar, takapparater och komfortmoduler samt 2 år för fasadapparater. I lokaler där större mängder damm kan anses förekomma kan tätare intervaller vara aktuella. Detta gäller t.ex. hotellrum.

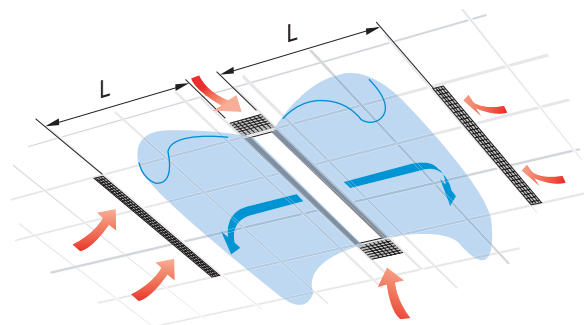
Lackerade ytor rengörs med mild tvållösning. Använd aldrig lösningsmedel då detta kan skada den lackerade ytan.

Luftkanal (i förekommande fall) är rensbar genom renslock i luftkanalen.

Batterier rengörs med dammsugarmunstycke som förs över batteriets utvändiga yta. För vissa produkter kan man dammsuga ut dammet genom den perforerade underdelen utan att behöva demontera underplåten.

Batterier monterade ovan undertak kräver generellt sällan rengöring på grund av de mycket låga lufthastigheter cirkulationsluften ger upphov till.

Besiktning av upphängningsdetaljer och synliga lödpunkter skall göras i samband med rengöring. Om något sitter löst eller man finner vattendroppar på lödpunkter måste enheten ses över och eventuella felaktigheter åtgärdas.



**Figur 46.** Rekommenderade placeringar av cirkulationsluftöppningar i undertaket till BSA.

## RIKTLINJER

### Testmetoder för vattenburna klimatsystem

För att kunna jämföra olika leverantörers produkter är det önskvärt att det finns teststandarder. Då först blir produktdata likvärdigt, jämförbara och entydiga.

De standarder som varit gällande i Europa har varit Nordtest-metoden NT VVS 078 "Ceiling Cooling Systems" och den s.k. V-metoden V-skrift 1996:1. I Tyskland har samtidigt använts en DIN-standard som tagits fram för plana kyltak men som också använts för passiva kylbafflar (kylbafflar utan tilluft).

### Nordtest och V-skrift

Nordtest och V-metoden är relativt lika. V-metoden är en något reviderad version av Nordtestmetoden och togs fram av Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut och Föreningen Ventilation Klimat Miljö (idag Svensk Ventilation) tillsammans med några leverantörer i Sverige och Finland. Den huvudsakliga skillnaden mellan de två metoderna är vid vilket vattenflöde produkterna ska testas. I Nordtestmetoden är vattenflödet fixt och relaterat till vilken rördimension värmeväxlaren har, dvs. alla produkter testas vid samma vattenflöde oavsett kylkapacitet.

Syftet med V-metoden var att produkterna skulle testas vid ett driftsfall mer likt verkligheten, och då valdes att styra mot det vattenflöde som ger en temperaturskillnad på två grader genom värmeväxlaren. Det betyder att om två produkter har olika kylkapacitet ska de testas vid olika vattenflöde.

Testrummet består av två rum, enligt **Figur 47**, där värme tillförs den inre testkammaren indirekt via golv och väggar. Värmen balanseras under mätsekvensen uttagen kylkapacitet på testobjektet så att testkammarens temperatur ligger konstant.

### DIN 4715

I den tyska DIN 4715 ser testrummet annorlunda ut, se **Figur 48**. Här består testkammaren av ett rum som är isolerat. Inne i testkammaren balanseras testobjektets kylkapacitet med hjälp av "dummies" (personsimulatorer) som avger värme direkt i rummet.

### EN-standarder

I och med att kylbaffelns utbredning i övriga Europa påbörjades 1996 ett arbete för att ta fram gemensamma europeiska teststandarder. Swegon har sedan starten varit en aktiv part i detta Europagemensamma arbete som nu är på väg att avslutas med tre nya standarder. Idag finns en ny standard för plana kyltak, EN 14240, en för passiva kylbafflar, EN 14518 samt en draft (preliminär standard) för aktiva kylbafflar, prEN 15116. Båda testrumstyperna (**Figur 47-48**) kan även i fortsättningen användas för att testa kylbafflar enligt de nya EN-standarderna.

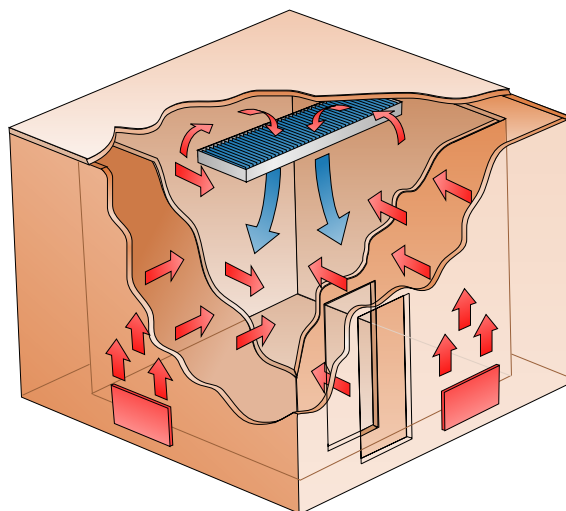
Inom EuroVent pågår också ett arbete för att certifiera kylbafflar och det genomförs sannolikt under 2007. De leverantörer som deltar i detta arbete, däribland Swegon, kommer då att referera till de nya EN-standarderna för kapacitetsdata för kyla.

### Att tänka på

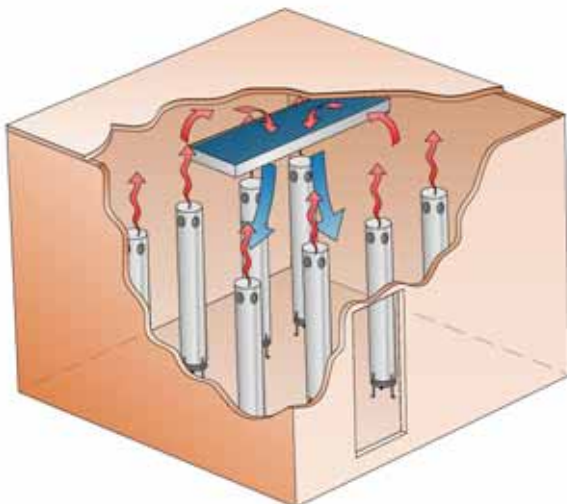
Oavsett vilken standard det refereras till finns en bakomliggande testmetod för att ta fram produktdata. De nya EN-standarderna liknar mycket de gamla och skillnaden är framför allt hur testrummets referenstemperatur mäts. Tidigare räknades den i ett plan 1,1 m över golv medan de nya standarderna för kylbafflar alltid refererar till temperaturen "on coil", dvs. en temperatur nära kylbaffeln. Tidigare har diskuterats mycket om kylbafflar ger ett fullt omblandande system eller om det är varmare uppe vid taket. Med "on coil" som referens blir den diskussionen ointressant.

För aktiva kylbafflar kommer sannolikt inte produktdata att ändras. Passiva kylbafflar, baserade på egenkonvektion, kan däremot komma att påverkas eftersom testningen sker utan tilluft och man då får en stratifiering i testrummet. Denna stratifiering har det tidigare inte tagits hänsyn till.

Observera att aktuella standarders testmetoder inte nödvändigtvis stämmer överens med de driftsfall som kan vara aktuella vid projekteringen av ett klimatsystem. I standarderna är kylvatten projekterat för 2 graders temperaturskillnad på tur och retur, medan de flesta anläggningar projekterar för 3-4 graders skillnad. För att finna rätt kylprestanda måste därför kylkapaciteten räknas om för aktuellt kylvattenflöde. I Swegons dokumentation är alla kapacitetsdata baserade på ett fixt vattenflöde för att enkelt kunna korrigera önskat vattenflöde. Dessa korrigeringskurvor finns alltid i anslutning till respektive produktdata. För enkelhets skull rekommenderas Swegons beräkningsprogram för produkter med vattenkyla: ProSelect, BeamSelect och ProPipe, som automatiskt korregerar kylkapaciteterna till aktuellt önskat vattenflöde.



**Figur 47.** V-metoden.



**Figur 48.** DIN 4715.