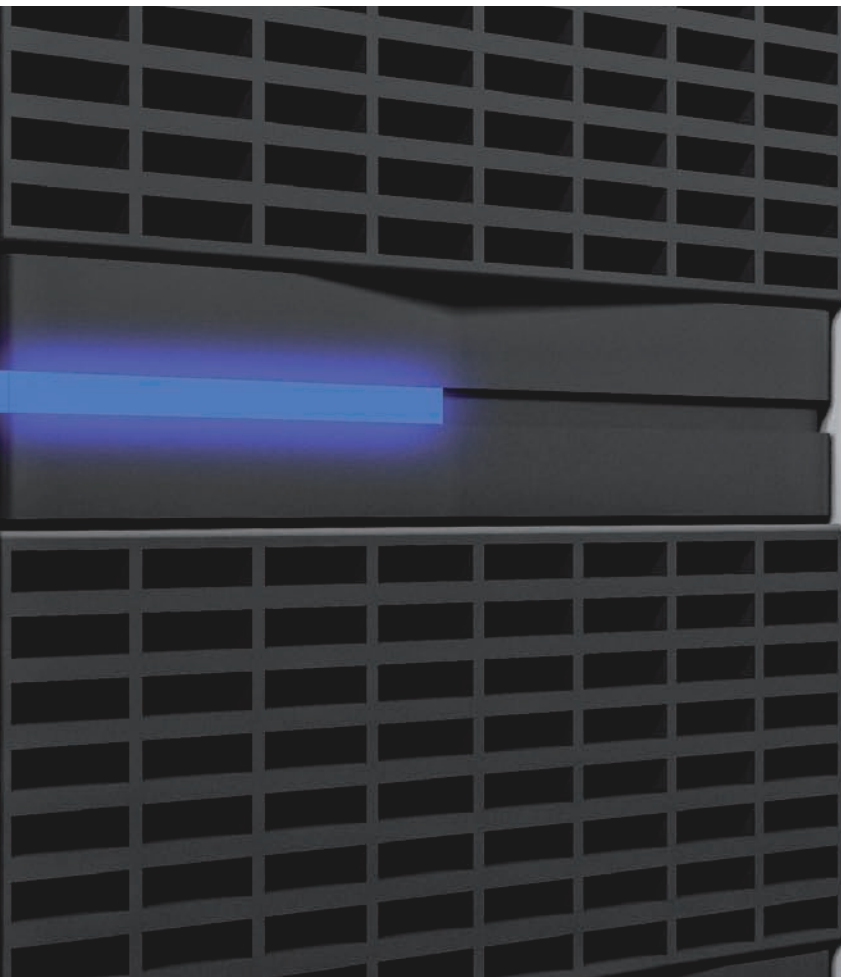


# TEKNISK HANDBOK



Beskrivning för utformning  
av luftkonditioneringsaggre-  
gat till datacenter

# INNEHÅLLSFÖRTECKNING



Introduktion	6
Belastningskapacitet	8
Miljöförhållanden	10
Placering av utrustning och luftfördelning	12
Luftkylningssystem för datahallar	16
Rörledningar för köldbärarsystem	18
Automatiska kontrollmetoder	20

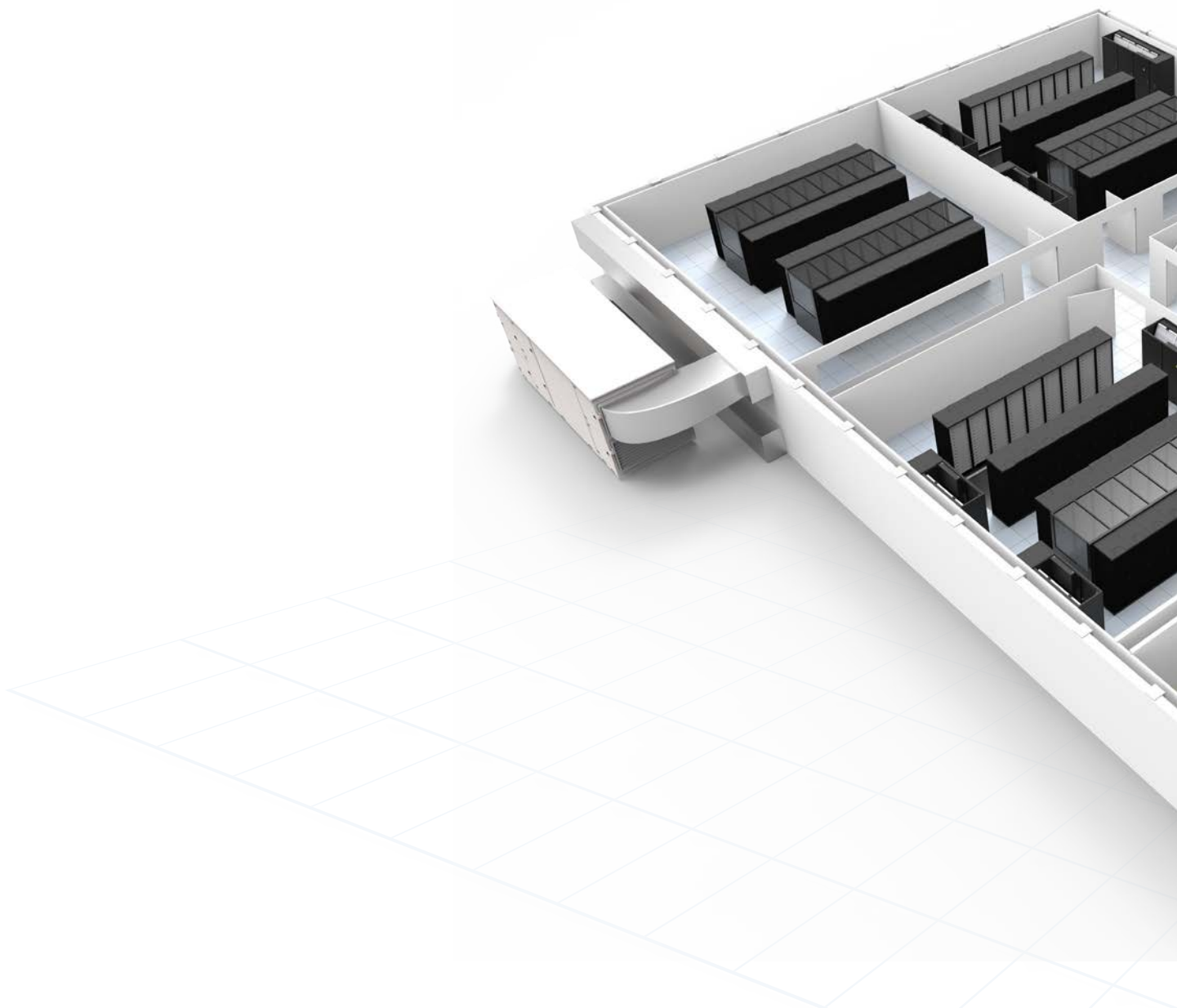


Definition av PUE/pPUE	22
TIER klassificering	24
Energispartips för datacenter	26
Hållbarhet för datacenter	34
Slutsatser	36
Referenser	37

# INTRODUKTION

Moderna datacenter och anläggningar för telekommunikation skiljer sig avsevärt från de flesta andra anläggningar i dessa avseenden:

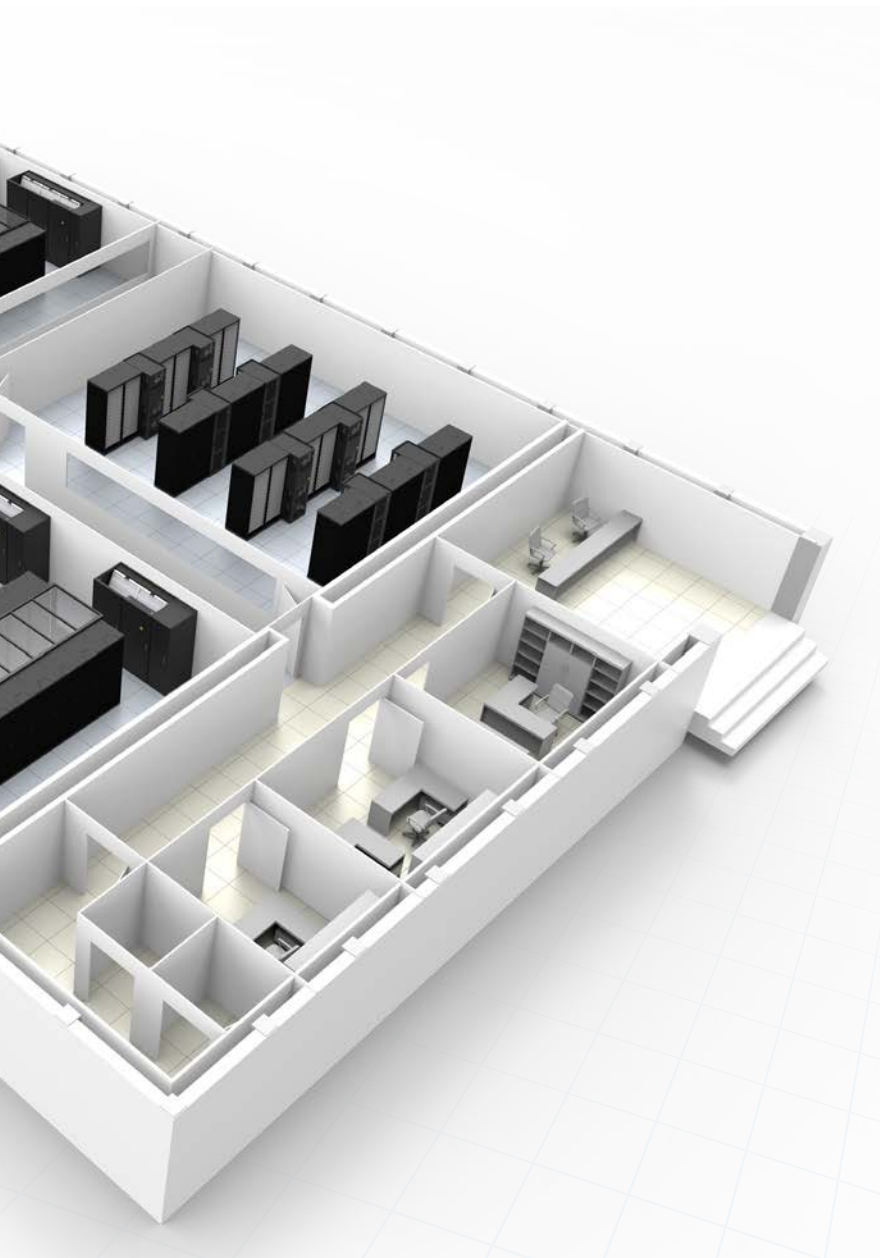
- De flesta anläggningar drivs av personer; dessa anläggningar drivs av mjukvaruprogram.
- Belastningen är mer flyktig och övergående eftersom programvarutillägg och förändringar kan ske mycket snabbt.
- Hårdvaran är huvudutrustningen, och utrustningens uppgradering mäts snarare i månader än i år. Detta resulterar i att hårdvarans uppgradering/livscykel kommer i ofas med anläggningens effekt/kylning.
- Datacenter har ofta en ansluten belastningstäthet för effekt/kyla som är 10 gånger eller mer än en normal kontorsbyggnad.



Om man jämför ett modernt datacenter med de som byggdes för 15-20 år sedan kommer man att märka att utrustningens belastning har ökat betydligt, och ökar ständigt, medans de miljöförhållanden som krävs är mycket mindre krävande. Detta innebär mycket goda förutsättningar för energieffektiva lösningar.

Dessa faktorer kommer att behandlas mer ingående i följande avsnitt.

Det är i varje fall tillrådligt att de HVAC-system som försörjer datahallarna drivs oberoende från alla andra system i byggnaden.



# BELASTNINGSKAPACITET

Vid infrastrukturplanering av strömförsörjning och kylning av datahallar karakteriseras de två vanligaste metoderna för maximal belastning av  $W/m^2$  och  $kW$  per rack. Många inom datakomindustrin menar att  $kW/rack$  är att föredra framför  $W/m^2$ .

I början av ett projekt finns det ofta inte tillräcklig information gällande mängden rack. Professionella bedömare är kritiska till valet av vilken maxbelastningsenhet som ska användas.

Det är lika viktigt är att karaktärisera minimibelastningen som belastningsvariationer. Tidssteget för belastningsvariationer kan vara mycket kort (t.ex., sekunder, minuter) eller mycket lång. Det är viktigt att erhålla eller utveckla en detaljerad belastningsprofil som ger utrymme för framtida ändringar och möjligheter.

Diagrammet i figur 1, som utarbetats av ASHRAE 2005, är fortfarande giltigt: med belastning avses den elektroniska utrustningens avtryck, som fortfarande tenderar att öka, även om ökningstakten är avtagande.

Observera att effekttätheten hänvisar till utrustningens avtryck uttryckt i  $ft^2$ . Värdet i  $m^2$  är ungefär 10 gånger större.

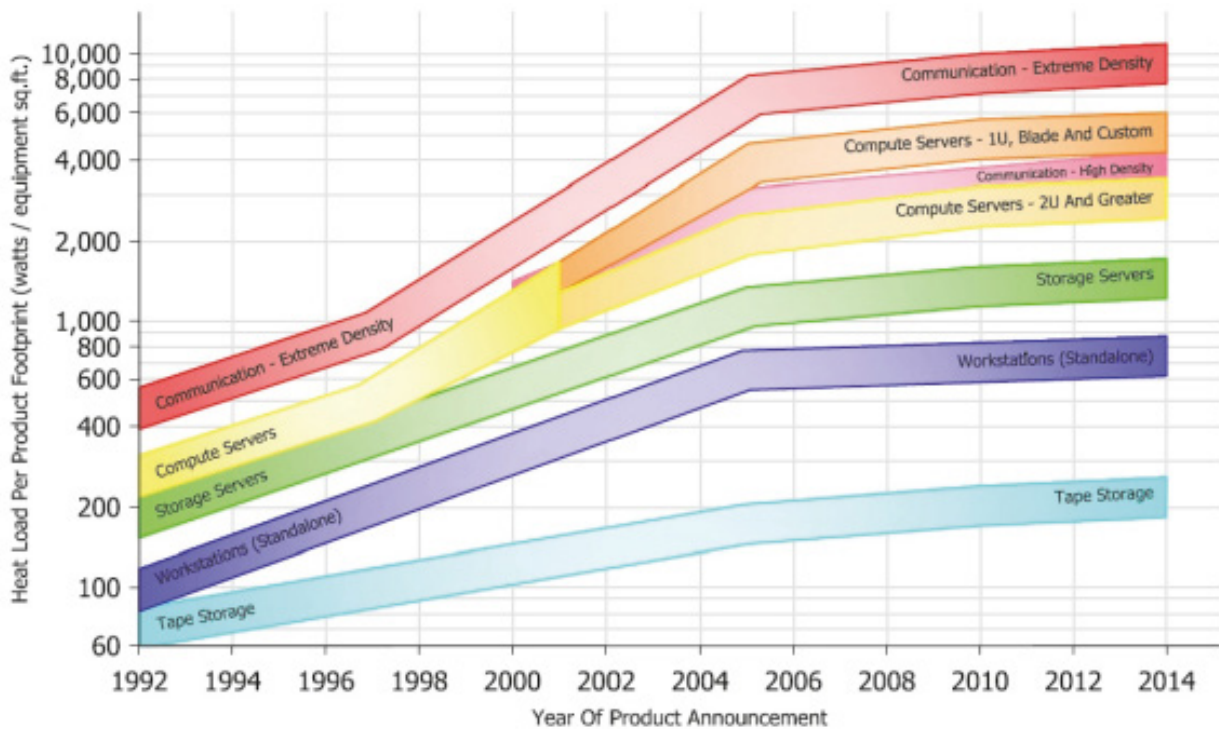


Fig. 1 Datacomutrustning Belastningstrend (ASHRAE)

Den huvudsakliga värmekällan i datahallar är själva datacomutrustningen. Denna värme kan vara mycket koncentrerad, ojämnt fördelad, och variabel. Utrustning som genererar stora mängder värme konfigureras normalt med interna fläktar och luftpassager som transporterar kylluft, som vanligen dras in utifrån, genom en särskild del av utrustningen.

Information om utrustningens värmeavgivning bör erhållas från tillverkaren. Nominella villkor för data- och kommunikationsutrustning bör inte användas för termiska utformningssyften, eftersom de har orealistiskt höga utformningsvärden och ett överdimensionerat kylsystem.

En indikativ klassificering av datacentrets effekttäthet ges i tabell 1.

Beskrivning	Värmebelastning per rack kW	Effekttäthet (W/m <sup>2</sup> )	Normalt kylmedium	Kylsystem
Låg densitet	1 - 7	500 - 900	Luft	CRAC eller CRAH-enheter Alla luftsysten
Medel densitet	8 - 10 10 - 14	900 - 1500	Luft	Inkapslade varma eller kalla korridorer CRAC eller CRAH-enheter Alla luftsysten
Hög densitet	15 - 24	5000+	CW/Kylmedel/ Koldioxid	Inkapslade varma eller kalla korridorer Inkapsling eller vätskekylning i rader
Hög densitet plus	25+	8000+	CW/Kylmedel/ Koldioxid	Skåp/bakdörr vätskekylning

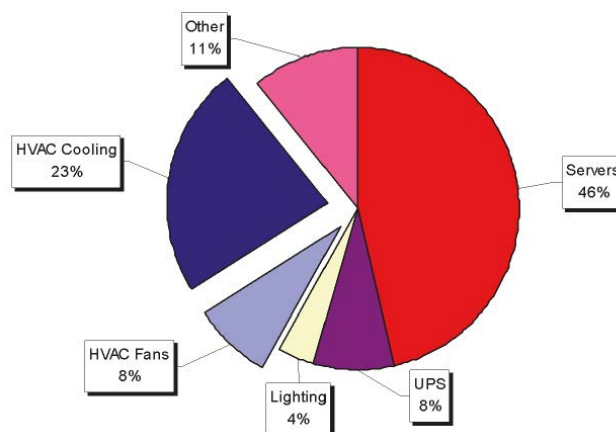
CRAC = Computer Room Air Conditioning - CRAH = Computer Room Air handling - CW = Chilled Water

**Tabell 1 Indikativ effekttäthet datacenter**

Datacenter och telefonväxlar utgör en verklig utmaning vid utformning av kylsystem, både med tanke på det mest lämpliga valet och ur energi- och effektivitetssynpunkt. Det sistnämnda är extra viktigt, eftersom den mängd energi som kylsystemet kräver kan utgöra så mycket som 50 % av den totala mängd som används av datacentret, såsom visas i figur 2.

Dessutom är nedkylningen nödvändig för att kunna säkerställa en tillförlitlig drift. Även vid måttlig effekttäthet kan temperaturgradienten efter ett stopp (mätt som ett genomsnitt efter 20 minuter) ligga på så mycket som 1,5 K/min.

### Average Data Center Power Allocation



**Fig. 2 Genomsnittlig effektförbrukning i ett typiskt datacenter (ASHRAE)**

# MILJÖFÖRHÅLLANDEN

Fram till för några år sedan var det vanligt att utforma HVAC-system för databehandlingscentraler med inomhusförhållanden på 22° C och 50 % relativ fuktighet. Ny utveckling och ny forskning på utrustningen, huvudsakligen från ASHRAE, har lett till att vi idag, mycket stor utsträckning, kan tänja på dessa föreskrifter. ASHRAE har definierat fyra olika klassers datacenter, enligt följande:

- Klass A1: Datacenter med hårt styrda miljöparametrar (daggpunkt, temperatur och relativ luftfuktighet) som är kritiska ur operativ synvinkel, vanligtvis hallar med företagsserverar och lagringsprodukter.
- Klass A2/A3/A4: informationstekniska utrymmen med viss kontroll av miljöparametrar (daggpunkt, temperatur och relativ luftfuktighet), olika typer av produkter som vanligtvis utformats för denna miljö är volymserverar, lagringsprodukter, persondatorer och arbetsstationer. Bland dessa 3 klasser har A2 de hårdaste kraven på temperatur och fuktighet och A4 de bredaste miljökraven. Klasserna A3 och A4 har tillkommit främst för anläggningar som önskar undvika tilläggskostnader för kompressorbaserad kylning. De nya klasserna kan ge ytterligare några timmars besparing utöver klasserna A1 och A2, men det finns ingen garanti för att drift av klasserna A1 och A2 faktiskt resulterar i en lägre energiförbrukning. Ventilationsfläkten, både i ITE och på anläggningen, kan öka den totala energiförbrukningen till en högre nivå än vid luftavkyllning. En av de viktigaste orsakerna till det klimatskal som rekommenderades tidigare var att dess övre gräns var typisk för IT-minimerad fläktenergi. Dessutom ökar högre temperaturer läckaget av CMOS-baserad elektronik, delvis (eller i extrema miljöer, helt) kompenseras de av de energibesparingar som uppnås genom kompressorbaserad kylning.
- Klass B: en kontorsmiljö med gott om tolerans för temperaturkontroll, huvudsakligen med datorer och deras kringutrustning.
- Klass C: en kommersiell eller lätt industriell miljö med skydd mot väderpåverkan och ett enkelt uppvärmnings- eller kylsystem.

Enbart klasserna A1 till A4 behandlas i detta dokument, eftersom de är de mest kritiska och relevanta för Tecnaïr LV:s produktion.

Man måste vidare skilja mellan rekommenderade och tillåtna miljöförhållanden:

- **Rekommenderade förhållanden:** är de som bör användas för HVAC-utrustning, och inom vilka databehandlingsutrustningen fungerar med maximal tillförlitlighet.
- **Tillåtna förhållanden:** är de med vilka IT-tillverkarna testar sin utrustning för att kontrollera att den kan fungera inom dessa gränser. Detta är inte en förklaring om utrustningens tillförlitlighet, utan av funktionaliteten på ITE (Information Technology Equipment).

För klasserna A1, A2, A3 och A4 specificerar ASHRAE följande intervall för rekommenderad temperatur och fuktighet på ITE-utrustningens intag (samma som lufttillförsel från CRAC) vid drift av datacenter:

- Lägsta sluttemperatur: 18° C.
- Högsta sluttemperatur: 27°C.
- Lägsta fuktpunkt: 5.5°C daggpunkt.
- Högsta fuktpunkt: 60 % relativ fuktighet och 15°C daggpunkt.
- DeltaT mellan serverns inlopp och utlopp: normalt ca 11 K, så att lufttemperaturen som återcirkuleras till CRAC-enheterna ligger på ca 38° C (kontrolleras med utrustningens tillverkare).

Rekommenderade och tillåtna miljöförhållanden för alla utrustningsklasser återges i figur 3.



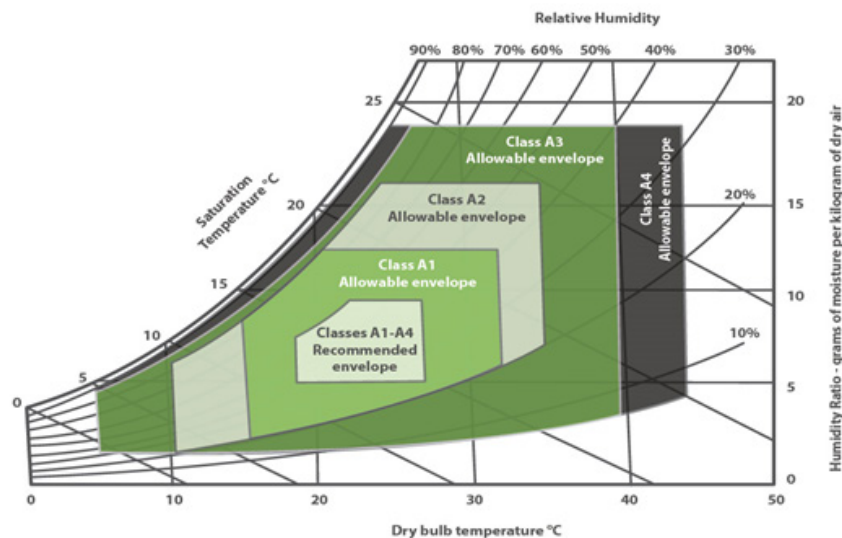


Fig. 3 Miljöklasser för datacenter (ASHRAE)

De rekommenderade driftförhållandena som anges ovan är baserade med hänsyn till den elektroniska hårdvarans tillförlitlighet:

1. Höga nivåer av relativ fuktighet har visat sig ha en negativ inverkan på elektroniska komponenter. Exempel på feltillstånd som förvärras av hög relativ luftfuktighet inkluderar ledningsfel, hygroskopiskt damm, fel på bandmedia och överdrivet slitage och korrosion. Den rekommenderade övre gränsen för relativ luftfuktighet är satt för att begränsa dessa effekter.
1. Elektroniska enheter är känsliga för skador genom elektrostatisk urladdning, medan bandprodukter och bandmedia kan påverkas negativt i lokaler med en låg relativ luftfuktighet. Den rekommenderade nedre gränsen för relativ luftfuktighet är satt för att begränsa dessa effekter.
2. Hög temperatur påverkar tillförlitligheten och livslängden på elektronisk utrustning. Den rekommenderade övre temperaturgränsen är satt för att begränsa dessa temperaturrelaterade effekter.
3. Ju lägre temperaturen i den lokal som rymmer elektronisk utrustning är, desto mer energi krävs av HVAC-utrustningen. Den rekommenderade lägsta temperaturgränsen är satt för att begränsa extrem överkylning.

Den högre tillåtna luftinloppstemperaturen till servern enligt ovanstående villkor är gynnsam för HVAC-utrustningens energiförbrukning, eftersom den förbättrar kylutrustningens effektivitet, och gör det möjligt att utöka drifttimmarna för fria kylningsenheter och tekniker. En viktig faktor att ta i beaktande gällande serverns optimala luftinloppstemperatur, är att de varvatsreglerade fläktar som sitter monterade inuti servern vanligen kontrolleras internt i förhållande till serverns temperatur.

Drift av datacenter med luftinloppsförhållanden som överskrider de rekommenderade gränserna som anges ovan, kan medföra att varvatsreglerade fläktar fungerar vid högre hastigheter och drar mer ström. Till exempel, ett datablad för en Dell Power Edge-bladsriver indikerar att en ökning med 30 % av varvtalet på serverns fläkt, ökar luftinloppstemperaturen från 25°C till 32°C. Denna ökning i luftinloppstemperatur resulterar i att serverfläkten mer än fördubblar sin effekt genom att tillämpa varvatsförhållandet där fläkteffekten ökar i kubik med fläktvarvtalet. Effekten av en ökning på serverfläktens luftinloppstemperatur bör således noga konfronteras mot potentiella kylsystem för datacenter ur energibesparingssynpunkt.

Datacenter överkontrollerar ofta den relativa luftfuktigheten, vilket inte resulterar i några verkliga operativa fördelar utan snarare ökar energiförbrukningen. Täta luftfuktighetskontroller är en praxis som förts över från stordators- och bandlagringsepoken, och kontrollerna kan i allmänhet glesas ut, och för många lokaler även helt elimineras. Faktum är att ovanstående villkor innebär att en relativ luftfuktighet på 25-30 % och kan accepteras med högre temperaturer. Om luftfuktighetskontrollen dessutom inte är centraliserad, kan det hända att intilliggande enheter som betjänar samma utrymme tar ut varandra för att nå upp till luftfuktighetens börvärde, vilket leder till att en enhet befuktas medan den andra enheten avfuktas. Användning av fuktsensorer kan även bidra till problem om sensorerna inte regelbundet kalibreras om. Av denna anledning, om det är nödvändigt att utföra en luftfuktighetskontroll, är det bättre att utföra kontrollen via en central luftbehandlingsenhet, och enbart mäta kylningen på de lokala enheterna.

# PLACERING AV UTRUSTNING OCH LUFTFÖRDELNING

IT-utrustning kan kylas med luft eller vätska.

Vätskekylning förutsätter tillförsel av ett kylmedel (köldmedium, kallvatten eller glykollösning) direkt till IT-utrustningen, och behandlas inte i denna handbok.

Luftkylning är den vanligaste kylmetoden för elektronisk utrustning i datahallar. Nuvarande riktlinjer rekommenderar att elektronisk utrustning installeras i konfigurationer med varma/kalla korridorer, vilket illustreras i figur 4. Den elektroniska utrustningen placeras med intagen mot den kalla korridoren, luften sugas in på den elektroniska utrustningens inloppssida, och släpps ut från utrustningens baksida till en varm korridor

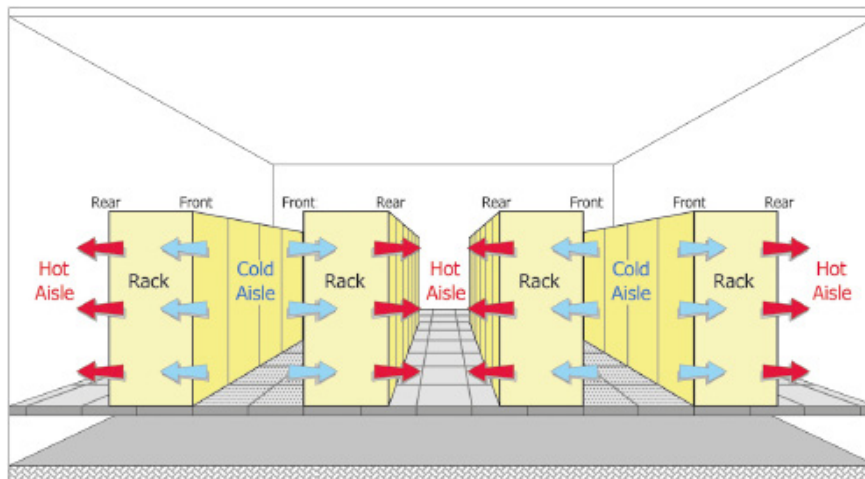


Fig. 4 Typisk konfiguration för varm korridor/kall korridor (ASHRAE)

Luften tillförs via golvsplitsar, ovanifrån, eller via lokala luftfördelningssystem. Utrustningen är placerad så att luftintagen på de olika raderna är vända mot varandra.

Lufttillförsel via golvsplitsar är de vanligaste, och kräver att golvet höjs upp med minst 600 mm (figur 5).

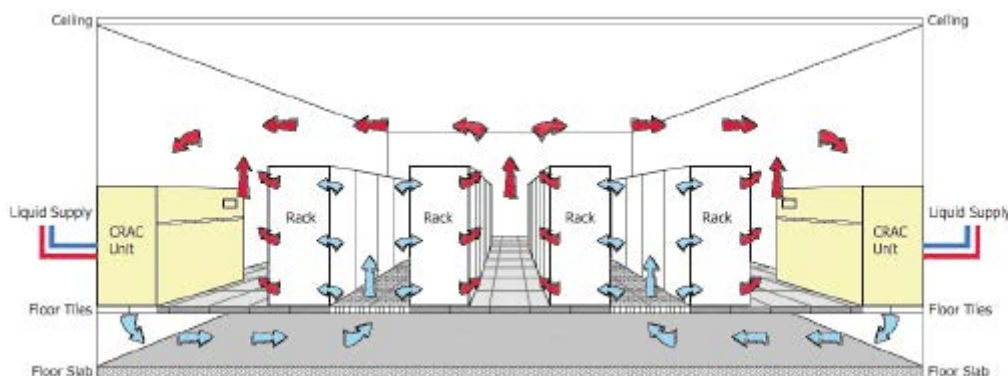
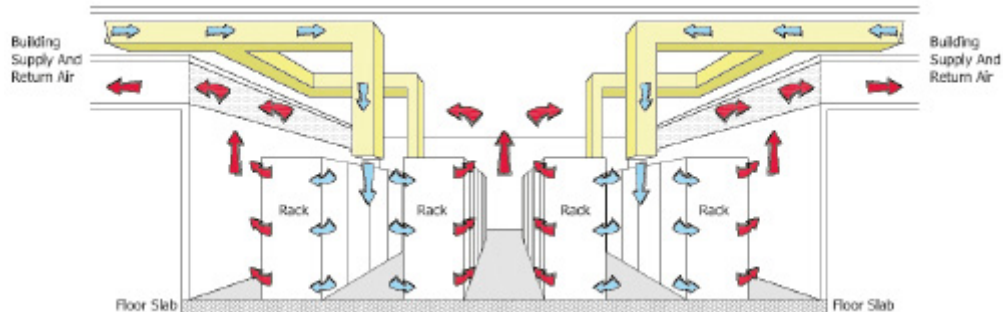


Fig. 5 Lufttillförsel via golvsplitsar uppställning (ASHRAE)

Den huvudsakliga fördelen är konfigurationsflexibiliteten för datorutrustningen ovanför det upphöjda golvet. Om golvet flödesdynamik är korrekt inställd, kan luften i teorin levereras till lokalens alla delar genom att man helt enkelt byter ut en solid golvplatta med en ventilerad golvplatta. De ventilerade golvplattorna ligger i de kalla korridorerna, så att den kylda luften kan sugas in genom rackets framsida (via den elektroniska utrustningen) och därefter tömmas ut på rackets baksida i de varma korridorerna. Tryckskillnader i det upphöjda golvet fördelningskammare kan generera en ojämn fördelning av luftflödet genom de ventilerade golvplattorna, vilket leder till att det skapas lokala föreningspunkter på anläggningen.

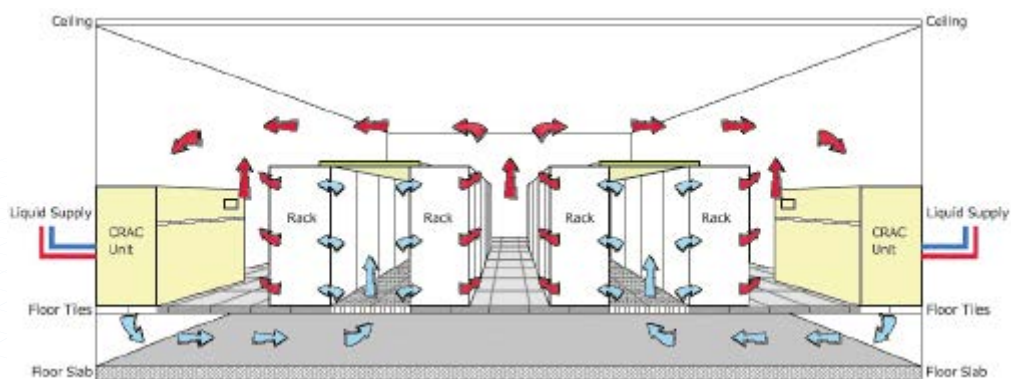
Oh-system (figur 6) använder luftdiffusorer eller galler som levererar kall luft, producerade i förpackade modulära enheter med vertikala utlopp till de kalla korridorerna.



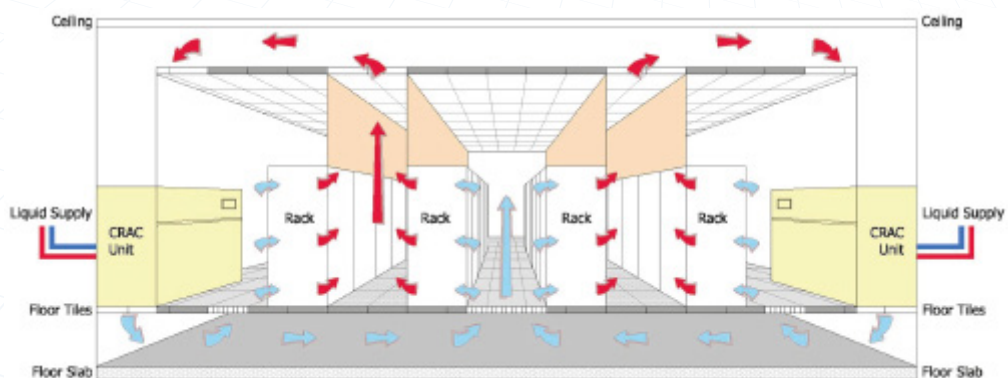
**Fig. 6 Tak-luftfördelning uppställning (ASHRAE)**

Matarfläktens statiska tryck är högre än trycket i lufttillförseln via golvslitsar, vilket är ofördelaktigt ur energisynpunkt, och flexibilitet i händelse av ändringar i utrustning eller uppställning är inte så positivt. Omvänt ger ett högre statiskt tryck ett stadigare flöde och kräver mindre utrymme för luftfördelning. Detta innebär att formgivaren kan utforma ett mindre upphöjt golv (enbart för kablar), eller utesluta det helt och hållet, vilket kan vara fördelaktigt vid renovering av befintliga byggnader med höjdskillnader mellan golven.

En risk med båda lösningarna, men speciellt för lufttillförseln via golvslitsar, är att varm utloppsluft blandas med kall inloppsluft innan den når den elektroniska utrustningen, vilket påverkar dess kylförmåga menligt. För att förhindra detta är det möjligt att dela upp de två flödena genom att kapsla in det kalla matarflödet (figur 7a) eller de varma utloppsflödet (figur 7b).



**Fig. 7a Kapsling av kalla korridorer uppställning (ASHRAE)**



**Fig. 7b Kapsling av varma korridorer uppställning (ASHRAE)**

Vilken lösning som är att föredra är en bedömningsfråga bland formgivare. En nytorkomen vitbok har analyserat båda lösningarnas olika fördelar och dragit slutsatsen att inkapsling av varm korridor (HACS i tabellen) är definitivt att föredra framför inkapsling av kall korridor (CACs), av de skäl som sammanfattas i tabell 2.

Egenskap	CACS	HACS	KOMMENTAR
Möjlighet att ställa in arbetsmiljötemperaturen på 24°C (standard inomhustemperatur)	NEJ	JA	Med HACS kan kylningsbörvärdet ställas in på ett högre värde med fortfarande bibehålla arbetsmiljötemperaturen på 24 °C, och utnyttja värmeväxlare under vissa driftstimmar. En ökning av CACS kylningsbörvärden resulterar i obekvämt höga temperaturer på datacentret. Detta främjar en negativ uppfattning när någon går in i ett hett datacenter
Dra nytta av potentiella värmeväxlare	NEJ	JA	Antalet driftstimmar med värmeväxlare för CACS är begränsat av den maximala arbetsmiljötemperaturen i en varm korridor (arbetsmiljö) och av temperaturgränserna för IT-utrustning som inte står i rack.
Tillåten temperatur för utrustning som inte står i rack	NEJ	JA	Med CACS kan resten av datacentret bli varmt, eftersom de kalla korridorerna är inkapslade. Kringliggande IT-utrustning (dvs. bandbibliotek) utanför det inneslutna området måste utvärderas för drift vid höga temperaturer. Risken för att kringliggande IT-utrustning överhettas ökar när kallt luftläckage minskar.
Enkel användning med rumskylning	JA	NEJ	CACS föredras vid installation i ett datacenter med upphöjda golv, rumskylning med återcirkulering (drar in den varma luften som återcirkuleras från rummet). HACS utan kanaliserad kylning eller ett nedsänkt innertak kräver särskilda kanalsystem för återcirkulering.
Ny utformning av datacenter	NEJ	JA	Kostnaden för att bygga ett nytt datacenter med CACS eller HACS är nästan identisk. Genom att använda HACS för ett nytt datacenter kommer man att förbättra den totala effektiviteten, arbetsmiljön och den totala driftskostnaden.

**Tabell 2 Jämförelse av varm korridor-kall korridor inkapsling**

Det är viktigt att hålla i beräkningen att inkapsling av varma/kalla korridorer kan medföra ytterligare komplexitet eller kostnad för att tillgodose lokala brandföreskrifter. Råd och godkännande av den lokala brandkåren bör alltid eftersträvas.



# LUFTKYLNINGSSYSTEM FÖR DATAHALLAR

Datahallar kan konditioneras med ett brett utbud av olika system, inklusive perimetral installation av luftkonditioneringsaggregat för datarum (Figur 8a), radinstallerade luftkonditioneringsaggregat (Figur 8b) och centrala luftbehandlingssystem. Luftbehandlings- och kylsystem kan installeras antingen inuti eller utanför datahallen.



*Fig. 8a Datacenter luftkonditionering (CRAC) för lufttillförsel via golvlitsar*



*Fig. 8b Datacenter luftkonditionering (CRAC) för installation i rader*

Datarumsenheter är den populäraste lösningen vid kylning av datahallar. Enheter för direkt expansion kallas ofta för CRAC (Computer Room Air Conditioners), medan enheter med kallvatten kallas för CRAH (Computer Room Air Handlers). CRAC och CRAH enheter är specifikt utformade för datahallsapplikationer. De bör byggas och testas i enlighet med kraven i den senaste revisionen av ANSI/ASHRAE Standard 127, Method of Testing for Rating Computer and Data Processing Room Unitary Air-Conditioners.

De finns tillgängliga i flera olika sorters systemkonfigurationer, inklusive köldbärare, luftkyld för direkt expansion, vattenkyld för direkt expansion och glykolkyld för direkt expansion. Enheter för direkt expansion (DX) har vanligtvis flera köldmediekompressorer med separata kylkretsar, luftfilter, luftfuktare, och integrerade kontrollsystem med fjärrövervakningspaneler och gränssnitt. Värmeåtervinning är tillval. CRAC-enheter kan även utrustas med förkylning och tillhörande kylmedelkylare för att möjliggöra drift med köldbärare på platser där klimatförhållandena gör denna metod mer ekonomisk.

Fördelarna och nackdelarna med direkt expansion och kallvatten sammanfattas i följande tabell:

System för direkt expansion		Kallvattensystem	
Fördelar	Nackdelar	Fördelar	Nackdelar
Enhetlig utrustning kan dimensioneras efter belastning och effektivitet	Opraktisk för stora datacenter	Storskaliga system kan producera kyla med den lägsta EER	Opraktisk för små datacenter
Framsteg inom kompressorteknologin har förbättrat energieffektiviteten för mindre system	Ökat underhåll på grund av flera kompressorer, fläktar och kontroller	Värmeväxlare på vattensidan kan tillämpas för energibesparing vid kallt klimat	Vinterupplägg och frostskyddskostnaderna kan motverka energibesparingen
Effektiviteten ökar för luftkylda system för direkt expansion (DX) i kallare klimat	Kan ha högre energiförbrukning än kallvattensystem, särskilt vid större kylkapacitet	Underhållet minimeras till datacentrets golv	Vattenkylaggregat kräver uppbyggnad av infrastruktur

**Tabell 3** *Fördelar och nackdelar med DX och köldbärarsystem (ASHRAE)*

Oavsett lösning, DX eller köldbärare, bör enheterna dimensioneras för lufttillförsel till IT-utrustningen vid en temperatur mellan 18 och 27 °C som anges i avsnitt 3. Beroende på serverns typ och belastning, kan den lufttemperatur som stiger över en server variera mellan 6 K till 15 K, där 11 K är ett klassiskt referensvärde.

Högre returtemperaturer utökar värmeväxlarens driftstimmar avsevärt och möjliggör för kontrollalgoritmen att minska lufttillförseln och således spara fläkteffekt. Om temperaturen i en varm korridor inte är tillräckligt hög, kan luften användas som en värmekälla i flera applikationer. Utöver energibesparing, stödjer denna konfiguration även högre effekttäthet bättre. Den betydande ökningen av värmeväxlarens driftstimmar, genom konfigurationen för varma/kalla korridorer, kan förbättra utrustningens tillförlitlighet i milda klimat genom att tillämpa kompressorsfri drift i datacentret när utomhustemperaturen är lägre än utrustningens högsta driftstemperatur i datacentret.

Utomhusluften bör behandlas och konditioneras för att avlägsna damm, salter och frätande gaser innan den introduceras i datahallen och/eller kommunikationscentralen. En studie har visat att en hög trycksättningsnivå kan öka anläggningens dammhalt i förhållande till en låg trycksättningsnivå, även med utomhusluftfilter med en nominell filtereffekt på 85% (F7) (Herrlin 1997). Detta kan leda till ett behov av förfilter och en hög filtereffekt på slutfiltren för utomhusluft, eller till att man överväger att bibehålla en lägre trycksättningsnivå för att minska föroreningar genom utomhusluftfiltren. Omgivande dammnivåer bör ligga till grund för val av filtreringseffekt. Ett potentiellt problem med en låg trycksättningsnivå är att infiltration kan uppstå vid hög vindhastighet, vilket leder till att luftfuktigheten påverkas negativt.

Det uppmätta utloppsluftflödet i datahallar är litet, eftersom det vanligen inte finns så många människor på plats, och det viktigaste är att hålla ett positivt tryck i rummen i förhållande till angränsande utrymmen. ASHRAE rekommenderar att datacenter hålls rena upp till ISO Klass 8 (ISO 14644) med en övre konfidensgräns på 95 % som krav (ASHRAE 2011a). ISO klass 8 renhetsnorm kan enkelt åstadkommas med hjälp av följande filtrering:

- Rumsluften kan filtreras kontinuerligt med G4 filter enligt rekommendation av ANSI/ASHRAE Standard 127 (2012).
- Utomhusluften som kommer in ett datacenter måste filtreras med G4 + F7 filter såsom föreskrivs i SS-EN 10339.

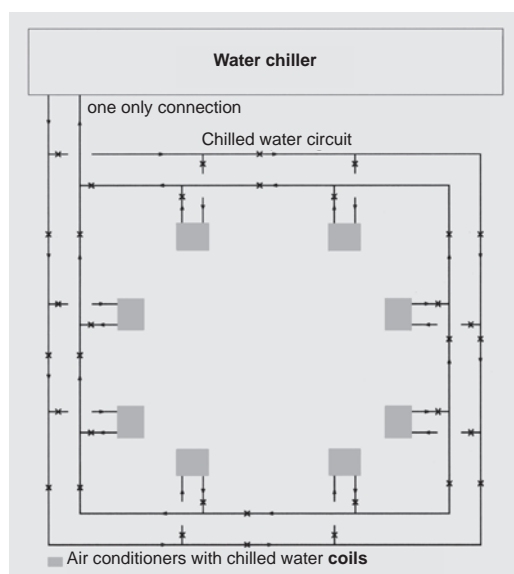
# RÖRLEDNINGAR FÖR KÖLDBÄRARSYSTEM

Köldbärarrörskretar för datacenter måste tillhandahålla nödvändig tillförlitlighet för kontinuitet, även vid omfattande underhåll på kretssystemet, utan att stänga av systemet. Det är dessutom möjligt att fastställa IT-utrustningens position i enlighet med datacentrets planerade uppställning.

Olika typer av kretssystem tillhandahåller olika lösningar som gör det möjligt att uppnå ett större eller mindre antal brytnivåer och funktionslägen.

En vanlig referensrets illustreras i figur 9, med endast en anslutning till vätskekylaggregatet. Detta är ett självbalanserande system, vilket ger kontinuitet, även när man bryter huvudledningarna för att utföra underhåll eller integrera ny IT-utrustning över tid.

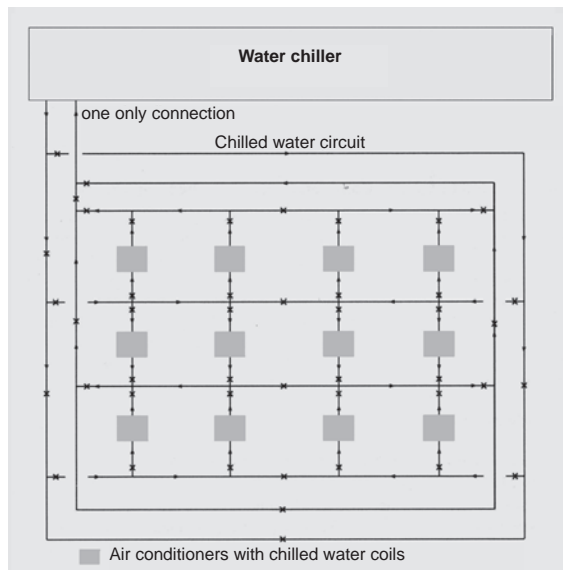
Det utgör en av de mest funktionella lösningarna när luftkonditioneringsenheterna arrangeras längs rummets omkrets.



**Fig. 9** Envägsrets med direkt matning (ASHRAE)

Figur 10 visar en version med högre funktionalitet jämfört med föregående krets, vilket gör det möjligt att fördela utrustningen över hela rummets yta. Dess särart ligger i dess övergripande förgreningar som möjliggör indirekt matning av anslutna enheter jämfört med huvudkretsen, i övrigt fungerar den som en vanlig ledning, för både köldbärarförsörjning och återcirkulering. Systemet möjliggör dessutom ett dubbelriktat köldbärarflöde inte bara i systemets huvudkrets, utan även genom de gemensamma köldbärarledningarna.

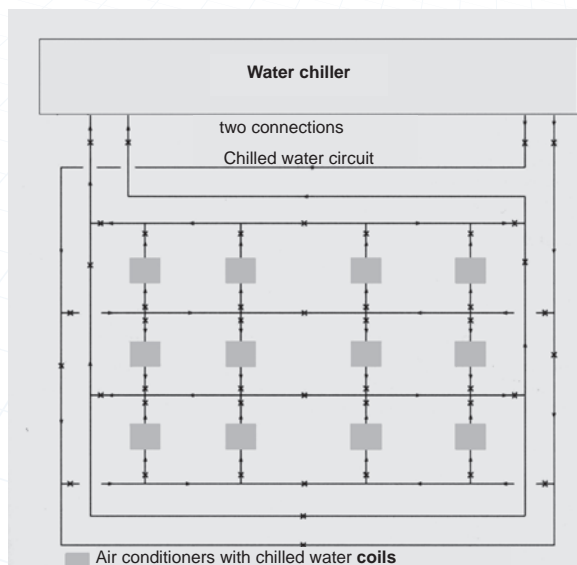




**Fig. 10 Envägskrets med förgrening (ASHRAE)**

En ännu mer avancerad variant av denna krets illustreras i figur 11. Den innehåller en dubbel strömförsörjning från två olika punkter, som kan vara två helt olika system, helt oberoende av varandra, som levererar köldbärare till kretsen. Denna krets säkerställer således en högre grad av tillförlitlighet jämfört med föregående, en dubbel redundans som behåller ovan nämnda fördelar och självbalanserande egenskaper. Givetvis har dock denna krets en högre kostnad och komplexitet jämfört med de tidigare.

Alla köldbärarledningar måste provtryckas - vanligen till 1 ½ gånger arbetstrycket, med ett minimum på 10 bar. Alla försiktighetsåtgärder måste vidtas för att förhindra skaderisker från vattenläckor. Det är därför nödvändigt att tillhandahålla läckagebehållare under luftkonditioneringens aggregat, som ansluts till en lämplig dränering. Det är även nödvändigt att installera vattendetektorer vid kritiska punkter, som styr en avstängningsventil som stryker köldbärarflödet. En annan möjlighet, som dock är estetiskt föga tilltalande, är dra köldbärarledningarna nära taket, på en väl synlig plats, så att eventuellt begynnande läckage omedelbart kan detekteras.



**Fig. 11 Tvåvägskrets med förgrening (ASHRAE)**

# AUTOMATISKA KONTROLLMETODER

## TEMPERATURMÄTNING

ASHRAE:s seriebok med termiska riktlinjer för databehandlingsmiljöer (2009a) och dess tillhörande vitbok (ASHRAE 2011b) ger tydliga riktlinjer om var temperaturen måste mätas: vid serverns inlopp. Dess tillverkare utformar ett internt kylsystem baserat på inloppstemperaturen. Det är således därför som tillämpningen av den temperatur som specificeras i vitboken är av avgörande betydelse för datacentrets resultat. Mot denna bakgrund är metodiken för temperaturmätningen enkel: Ju närmare serverns inlopp som temperaturen på luftflödet mäts, desto bättre.

Tyvärr är dock de vanligaste metoderna för temperaturmätning på datacenter, särskilt med utrustning för direkt expansion, att man mäter lufttemperaturen via en termostat på CRAC-enhetens returluft. Detta är det enklaste och billigaste alternativet, men det minst tilltalande ur designsynpunkt. Mätningen representerar inte någon temperatur som har någon verklig betydelse, utan kan enbart användas för uppskatta temperaturförhållandet mellan inlopps- och returluft.

Detta gäller särskilt för inkapslade kallkorridorer, när den luft som återcirkuleras till utrustningen har en mycket annorlunda temperatur än den som matas in. Eventuella ändringar av installerad utrustning, eller förändringar i rummets luftflöde kommer att variera detta förhållande, vilket gör det ännu svårare att göra en exakt uppskattning. Man bör eftersträva att ha en sensor i kallkorridoren, nära inloppet. Alternativt är temperaturmätning av lufttillförseln via golvsplitsar (eller överliggande), som dock inte är lika önskvärd som inloppsflödet, att föredra framför returtemperaturen.

Det är viktigt att förstå den effekt som rummets luftbehandlingssystem har för utrustningens inloppstemperatur, kontra temperaturen på lufttillförsel via golvsplitsar. Det specifika antalet temperaturgivare och placeringar samt kontrollsekvenserna bör nödvändigtvis platspecificeras för varje datahall och utvecklas i samarbete med alla berörda parter.



## LUFTFLÖDESKONTROLL

Den andra parametern för ett framgångsrikt kontrollsystem är utrymmets luftflödesvolym. Vid CRAC:s med fast varvtal är detta ett mindre problem i jämförelse med CRAC:s med ett variabelt varvtal, eftersom volymen kan variera beroende på inställningen av ett högt eller lågt fläktvarvtal och/eller starta och stoppa CRAC:s efter behov.

Vid varierande fläktvarvtal, är hastigheten ofta bunden till temperaturkontrollen, så att ventilerna för fläktens hastighets- och kylkontroll drivs tillsammans. Det finns fall där de flödes- och temperaturförändringar som krävs från CRAC går ihop, men det finns lika många fall som visar på motsatsen. En ideal kontrollstrategi skulle innebära att dessa två parametrar (flöde och temperatur) styrdes oberoende av varandra. Vederbörlig hänsyn måste tas till de tillåta intervall inom vilka CRAC uppvisar bästa prestanda, medan en optimal kontroll uppnås genom att separera dessa två parametrar.

Fläktvarvtalet kan kontrolleras via en rad olika ingångsparametrar. Eftersom varje datacenter har olika konfiguration bör kontrollparametrarna fastställas i enlighet med datacentrets konstruktion. I många fall kan det underliggande trycket fungera bra för att uppnå rätt luftflöde. Detta förfarande har emellertid möjliga risker om sensorn är belägen i ett område som är isolerat från den huvudsakliga golvdragningen, och en detaljerad analys och uppskattning bör således ligga till grund för denna strategi.

Alternativt kan en temperaturskillnad mellan den övre och nedre delen av racket visa sig vara fördelaktig för kontroll av fläktvarvtalet vid en optimal inställning. I ett system med inkapsling av varma- eller kalla korridorer kan en parametrisk skillnad (tryckskillnad, hastighet etc.) i inkapslingen även användas för att korrigera luftflödet.



# DEFINITION AV PUE/pPUE

PUE och pPUE är två index som är relaterade till energianvändningens effektivitet i ett datacenter.

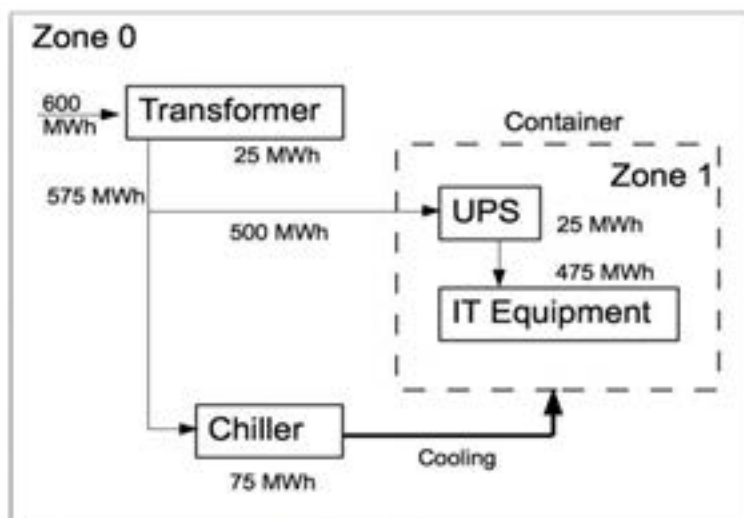
PUE står för Power Use Effectiveness (energiförbrukningseffektivitet), och avser förhållandet mellan den totala anläggningens energi och IT-utrustningens energi. Anläggningens totala energi avser den energi som specifikt försörjer datacentret (t.ex. energin uppmätt vid energimätning av ett särskilt datacenter eller energimätning av ett datacenter eller datarum i en kombinerad anläggning).

IT-utrustningens energi avser den energi som förbrukas av den utrustning som används för att hantera, bearbeta, lagra eller dirigera data i datahallen. Typiska värden för äldre anläggningar varierar mellan 2,0 och 2,5. Aktuell design eftersträvar PUE-värden som ligger under 1,4, men trenden går mot ännu lägre värden (så låga som 1.15÷1.20).

Ett PUE-värde på 2 innebär att dubbelt så mycket ström används i datacentret och dess infrastruktur som helhet, än vad som krävs av självaste IT-utrustningen. Bättre och mer effektiv IT-utrustning innebär att hela anläggningen blir mer energieffektiv, vilket i sin tur leder till minskade koldioxidutsläpp, eftersom alla utnyttjandefaktorer baseras på IT-utrustningens belastning.

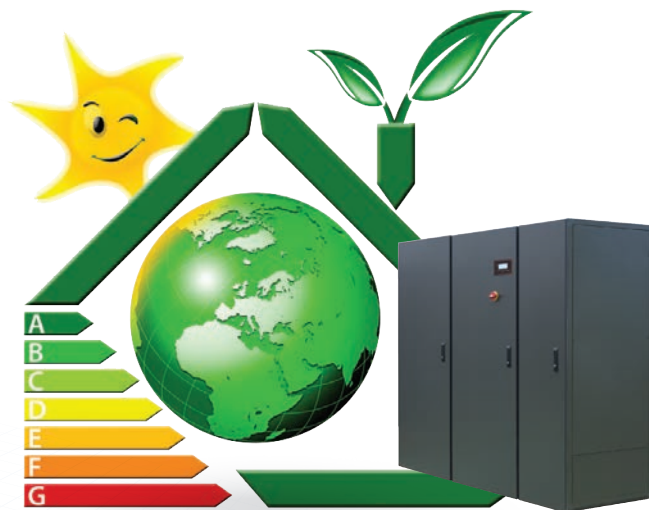
Partiell PUE (pPUE) innebär att en datacenter manager kan fokusera på energieffektiviteten i en viss del av ett datacenter eller en kombinerad anläggning. Detta kan vara nödvändigt eftersom vissa mätningar av totala data är oåtkomliga (på grund av ett leasing t.ex.). Partiell PUE är den totala energin inuti ett område som delas med IT-utrustningens energi innanför avgränsningen.

Figur 12 klargör skillnaden mellan dessa index.



- $PUE = 600/475 = 1.26$
- $pPUE \text{ of Container} = 500/475 = 1.05$

Fig. 12 Skillnad mellan PUE och pPUE (TheGreenGrid)



# TIER KLASSIFICERING

Standard Tier klassificeringssystem skapades av Uptime Institute i USA för att ständigt utvärdera prestandan för olika datacenters pålitlighet gällande anläggningens infrastruktur eller drifttid.

Tier (I-IV) är progressiva och varje Tier omfattar kraven för alla de lägre nivåerna.

**Tier I (Baskapacitet):** Ett datacenter klassat som Tier I tillhandahåller specifik infrastruktur med förmågan att stödja informationsteknik utöver en vanlig kontorsmiljö. Tier I infrastruktur omfattar ett avsett utrymme för IT-system, en avbrottsfri strömförsörjning (UPS) som filtrerar spänningstoppar och -bottnar, och tillfälliga driftstopp; en dedikerad kylutrustning som inte stängs av efter normal kontorstid och en motorgenerator som skyddar IT-funktionerna från utökade strömbrott (se fig. 13a).

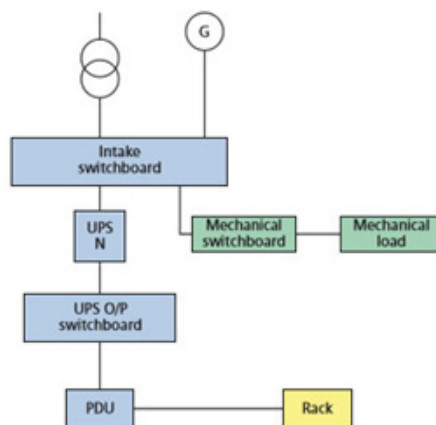


Fig. 13a Typisk Tier I typologi (CIBSE)

**Tier II (Redundanskapacitetskomponenter):** Tier II anläggningar omfattar parallella säkerhetskritiska effekt- och kylkomponenter som tillhandahåller olika underhållsmöjligheter och en ökad säkerhetsmarginal mot eventuella IT-störningar som kan uppstå vid utrustningsfel på anläggningens infrastruktur. De parallella komponenterna omfattar effekt- och kylutrustning såsom UPS-moduler, kylaggregat eller pumpar, och motorgeneratorer (se Fig. 13b).

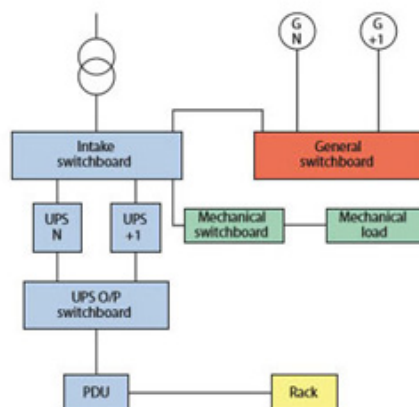
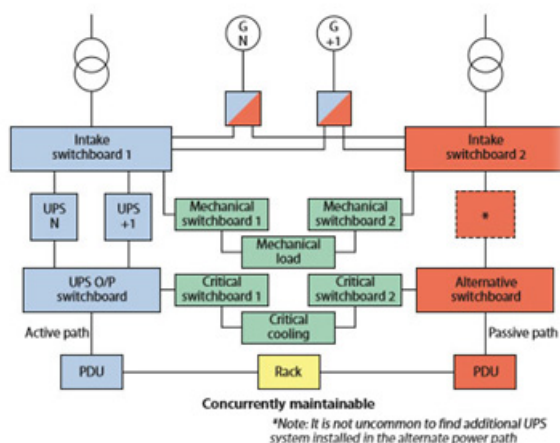


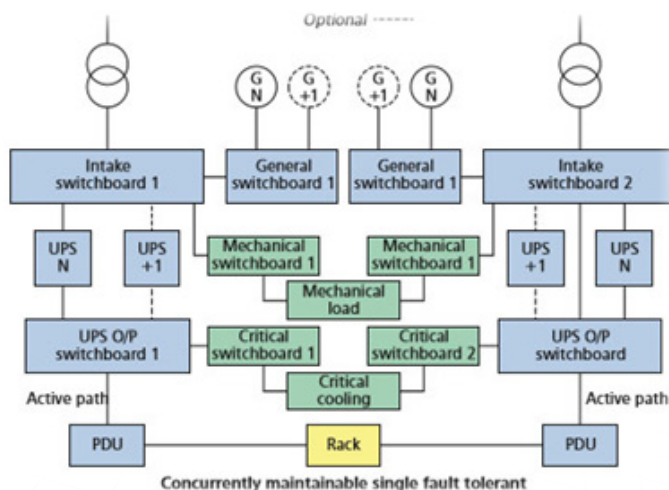
Fig. 13b Typisk Tier II typologi (CIBSE)

**Tier III (Simultant underhåll):** Ett datacenter klassat som Tier III kräver inga avstängningar för byte av utrustning, reservdelar och underhåll. En parallell leveransväg för strömförsörjning och kylning tillsätts till redundanta kritiska komponenter i Tier II så att varje komponent som behövs för att stödja databehandlingen, kan stängas ned och underhållas utan inverkan på dataprocessen (se fig. 13c).



*Fig. 13c Typisk Tier III typologi (CIBSE)*

**Tier IV (Feltolerans):** Tier IV infrastruktur bygger på Tier III, med tillägget feltolerans till infrastrukturens typologi på anläggningen. Feltolerans innebär att om enskilda fel i utrustningen eller distributionsavbrott inträffar, stoppas effekterna på kort sikt av IT-verksamheten (se fig. 13d).



*Fig. 13d Typisk Tier IV typologi (CIBSE)*

Kostnaderna för datacentrets infrastruktur och operativa komplexitet ökar med Tier-nivå, och det är upp till datacentrets ägare att avgöra vilken Tier-nivå som passar företagets specifika behov. En Tier IV-lösning är inte "bättre" än en Tier II-lösning. Datacentrets infrastruktur måste anpassas till rätt applikation, annars kan företaget antingen överinvestera eller ta alltför stora risker.

# ENERGISPARTIPS FÖR DATACENTER

Datacenter är mycket energislukande: effekttätheten i ett datacenter är upp till 100 gånger högre än i en kontorsbyggnad, och de drivs 24 timmar om dygnet, 7 dagar i veckan (ca tre gånger de årliga driftstimmarna för en typiskt kontorsbyggnad). Det är således mycket viktigt att anta konstruktionslösningar och välja mekanisk och elektrisk HVAC-utrustning som är mycket energieffektiv.

Några förslag för att rationalisera och minimera energiförbrukningen sammanfattas nedan. Vissa har en allmän giltighet, medan andra mer specifikt avses för utrustning för direkt expansion (DX) eller kallvatten.

Den första allmänna regeln som är giltig för alla HVAC-system, är att inte överdimensionera, utan anpassa systemet till den faktiska belastningen så mycket som möjligt. Modulära lösningar, som gör det möjligt att öka kylkapaciteten efter hand som utrustning läggs till, är naturligtvis att föredra.

Andra råd och förslag återges enligt följande.

## OPTIMERA TEMPERATUREN PÅ LUFTTILLFÖRSELN

Det är viktigt att använda den högsta tilluftstemperaturen av följande skäl:

- Det är möjligt att utöka de årliga driftstimmarna då direkta eller indirekta fria kylsystem kan användas.
- Om man använder DX-utrustning, kommer dess effektivitet att öka.
- Om man valt utrustning med kallvatten, kan den kylda vattentemperaturen vara högre, och följaktligen även EER-kylaggregatet. Var medveten om att detta kanske inte är möjligt om kallvattenanläggningen delas med andra användare.

En överdriven ökning av tilluftstemperaturen kan, som angetts tidigare i avsnitt 3, öka fläktens energiförbrukning på IT-utrustningen, vilket kan minska eventuella besparingar på CRAC-utrustningen. En optimal jämvikt måste uppnås.

## FÖRBÄTTRA CRAC-ENHETSKONTROLLER

Det rekommenderas att:

- Använda enhetens utlopps- eller serverns inloppstemperatur som börvärde vid enhetskontroller, istället för temperaturen på returluften. Detta för att eliminera påverkan av varierande lufttemperaturer på returluften (som kan orsakas av drift på intilliggande CRAC-enheter eller genom kort lufttillförsel) från tilluftstemperaturens kontrollenhet och för att möjliggöra en gradvis ökning av tilluftstemperaturen för att spara energi.
- Om fukthaltskontroller krävs (det finns många fall där det inte krävs), är det bättre att kontrollera fukthalten med en enda CRAC-enhet eller, ännu bättre, att använda ett separat aggregat med ersättningsluft. Det är i alla fall bättre att kontrollera luftens daggpunkt snarare än den relativa fuktigheten, eftersom daggpunktstemperaturen styr den absoluta fuktmängden i ett utrymme, medan den relativa luftfuktigheten varierar med temperaturen.
- Om CRAC-enheterna har varierande fläktvarvtal, bör fläktvarvtalet kontrolleras av det statiska trycket i den upphöjda golvytans fördelningskammare. Trycket måste vara konstant mellan 10 och 20 Pa. Detta innebär att man inte behöver lägga till fläktvarvtalet till temperaturens kontrollschema, och undviker störningar med andra kontrollinställningar, såsom kallvattenventilens position. Detta leder dessutom till att parallella enheter kan drivas på lägre hastigheter som ökar automatiskt om en annan enhet stängs av.
- Genomför en förberedande CFD-analys, som visar temperatur och luftflödesfördelning, i syfte att optimera enhetens storlek och placering. Statiska trycksensorer bör placeras på ett område med låg lufthastighet och, om de används för att kontrollera flera CRAC-enheter, bör de ligga centralt placerade mellan dessa enheter.



## SEPARERA VARMA OCH KALLA LUFTFLÖDEN

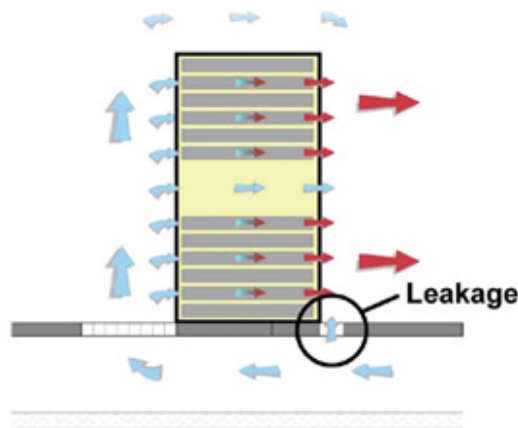
Det rekommenderas att separera tilluft och returluft. Detta kan åstadkommas enligt följande:

- Organisera IT-utrustningen så att den stödjer en varm korridor/kallkorridors-uppställning.
- Lokalisera golvdifusorer/galler (eller överliggande ventilationsgaller) enbart i kallkorridorer. Försegla eventuella monteringshål i golvplattorna.
- Använd blockeringspaneler i IT-utrustningens rader och rack. Blockeringspaneler begränsar kalluften från att tränga rakt igenom ett avsnitt av racket eller en del av den rad där IT-utrustning inte installerats. Dessutom hjälper de till att förhindra att IT-utrustningen drar in varmluft från utloppet till rackets intag.
- Kapslar in antingen en varm- eller kall korridor genom installation av skiljeväggar och tak. Inneslutningen eliminerar oönskad återcirkulation av luften från en varm korridor till en kall korridor och säkerställer att varm och kall luft inte blandas (se avsnitt 5).

## MINIMERAR LUFTLÄCKAGE FRÅN GOLVSLITSAR

Läckage från det upphöjda golvets luftfördelningskammare (se Figur 14) kan leda till att en otillräcklig mängd kyld luft levereras till IT-utrustningen. Detta kan i sin tur skapa oönskade luftförhållanden i retur-luftflödet som, i extrema fall, kan orsaka trycksättningsproblem.

Lämplig tillämpning och installation av det upphöjda golvsystemet är nödvändigt för att reducera mängden luftläckage. Tillämpningen bör omfatta själva materialen, därför om golvplattornas tillåtna fabrikstolerans är för hög, ökar även risken för potentiella glipor mellan golvplattorna.



*Fig. 14 Luftläckage genom det upphöjda golvet (ASHRAE)*

## ÖKA CRAC/CRAH-ENHETENS EFFEKTIVITET

Detta kan göras genom att välja enheter med effektiva energibesparingsfunktioner:

- Enheter med borstlösa EC-fläktmotorer (Figur 15). EC-fläktanvändning resulterar i nästan en 25-procentig ökning av motorns effektivitet jämfört med AC induktionsmotorer. Andra fördelar är att den integrerade elektroniken möjliggör en förenklad hastighetskontroll samt att drivanordningen eliminerar drivremsluster, slirningar och underhåll. EC-fläktmotorer kan även användas för ACC-seriens luftkylda kondensorer.



*Fig. 15 Borstlös EC-fläkt*

- Anta kompressorer för DX-enheter, med borstlös DC inverter (fig. 16). Fördelarna är följande:
  1. Bibehåller miljöförhållandena inom de kontrollerade områdena på en konstant nivå, samtidigt som man garanterar att börvärdet respekteras även under en partiell belastning.
  2. Anpassa enheternas kylkapacitet mellan 20 % och 100 % av den maximala kapaciteten.
  3. Minska den årliga energiförbrukningen för enheten med över 70 % (vid delbelastning).
  4. Uppnå ökad energieffektivitet (EER), eftersom den effekt som förbrukas av en BORSTLÖS DC inverterkompressor reduceras i proportion till minskningen av levererad kylkapacitet (till skillnad från andra system som inte minskar kompressorns varvtal).
  5. Öka anläggningarnas driftsäkerhet tack vare den innovativa kompressorns utformning som garanterar perfekt oljeretur vid låga hastigheter.
  6. Minska bullernivån.



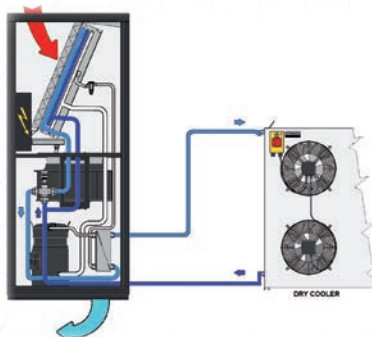
*Fig. 16 Borstlös kompressor*

- Använd elektroniska expansionsventiler för DX-enheter (Figur 17), vilket ger följande fördelar jämfört med konventionella termostatiska ventiler:
  1. Spara energi, under loppet av ett år, med upp till 25 %, genom att optimera kylsystemets prestanda.
  2. Visa kylcykelns driftförhållanden på displayen på ett enkelt och direkt sätt.
  3. Hantera det lägsta möjliga värdet för kylsystemets överhettning, optimera värmeöverföringen för avdunstningsspolen.
  4. Genom att låta kondensstemperaturen sjunka till 35°C, på vintern eller på natten, sker en markant minskning av kylsystemets kompressionsförhållande och strömförbrukning.



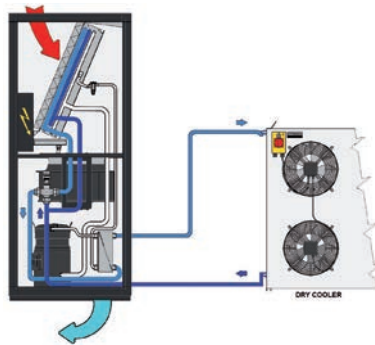
**Fig. 17 Elektronisk expansionsventil**

- Om luftfuktning erfordras och ingen primär luft finns, används ultraljudsluftfuktare snarare än elektrodluftfuktare, som också ger en direkt fri kyleffekt pga adiabatisk kylning. Kontrollera med enhetens tillverkare för en korrekt dimensionering.
- Tillhandahåll DX-enheter med fjärrkylare som kan arbeta med fritt kylningsläge, när luftförhållandena tillåter. Det finns olika funktionslägen för dessa enheter:
  1. Fri kylning när utomhustemperaturen är tillräckligt låg för att sänka temperaturen på det vatten som cirkulerar i batteriet, till ett värde som motsvarar den kylning som krävs av datacentret eller, i allmänhet, det utrymme som ska kylas. Detta är den högsta energibesparingslösningen eftersom kompressorerna konstant utesluts från drift (fig. 18a).



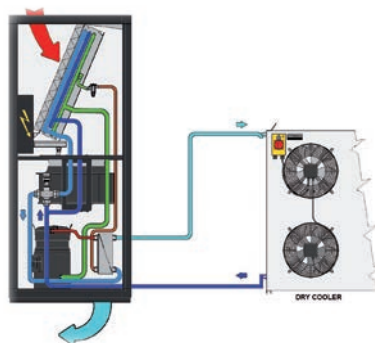
**Fig. 18a Drift i totalt fritt kylningsläge**

- Tillhandahåll DX-enheter med fjärrkylare som kan arbeta med frikylningsläge, när luftförhållandena tillåter. Det finns olika funktionslägen för dessa enheter:
1. Frikylning när utomhustemperaturen är tillräckligt låg för att sänka temperaturen på det vatten som cirkulerar i spolen, till ett värde som motsvarar den kylning som krävs av datacentret eller, i allmänhet, det utrymme som ska kylas. Detta är den högsta energibesparingslösningen eftersom kompressorerna konstant utesluts från drift (fig. 18a).



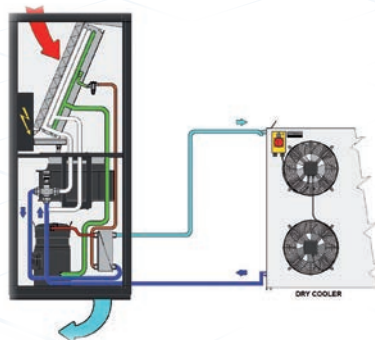
*Fig. 18a Drift i totalt fritt kylningsläge*

- Frikylning + mekanisk kylning. Om lufttemperaturen utomhus är högre än nödvändigt, aktiveras kompressorn/kompressorerna enbart för den tid som krävs för att nå upp till önskade förhållanden (fig. 18b). Detta är även en energibesparingslösning, även om den inte är lika optimal som den föregående.



*Fig. 18b Drift med delvis fritt kylningsläge*

- Mekanisk kylning utan frikylning. Detta inträffar när utomhusluftens temperatur är för hög för att producera tillräckligt med kylning. I dessa fall aktiverar enheten normal drift på kompressorerna (Fig. 18c).



*Fig. 18c Drift i mekaniskt kylningsläge*

## ÖVERVÄG DIREKTA ELLER INDIREKTA FRIA KYLTEKNIKER

Om centrala luftbehandlingsenheter används, är användningen av direkt utomhusluft för nedkylning ett lönsamt koncept, men det måste noggrant utvärderas för varje enskild applikation. Användning av en värmeväxlare på luftsidan kan reducera energin men även ha en negativ inverkan på inomhusluftens fuktighet och kvalitet. Högre filtreringsnivåer, liksom gasfiltrering kan krävas beroende på kvaliteten på den utomhusluft som värmeväxlaren använder vid drift. En sista övervägning är vilken storlek på matnings- och returkanalsystem som krävs.

Som ett alternativ kan enheter med indirekt fri kylning användas (Fig. 19). De utgörs av två delar: en som försörjer datacentret, kallad processdel, som levererar behandlad luft till kalla korridorer och drar den från varma korridorer, och en andra, vanligtvis en överlagrad del, kallad reningsdel, som drar in utomhusluft, fuktar den upp till mättnad (och därmed avkylning) med en högeffektiv luftfuktare, växlar värme med behandlad luft i en högeffektiv plattvärmeväxlare och avleder den utomhus. Processdelen kan vara utrustad med en kompletterande DX- eller köldbärarbatteri vid behov.

Eftersom tilluftstemperaturer upp till 27°C är godtagbara, kan extra kylning vara överflödigt i milda klimat, såsom i norra Europa. På andra plaster måste systemets storlek och driftskostnader avgöras med hjälp av dynamiska simuleringstekniker.



*Fig. 19 Fri kyld luftkonditionering med adiabatisk kylning*

Möjligheter för värmeväxlare på vattensidan finns på de flesta stora kylaggregat i datahallar. Värmeväxlare på vattensidan kan antingen ha psykrometer med torr termometer, till exempel i ett system som använder luftkylda kylaggregat eller kylmedelkylare för värmeavvisning, eller en psykrometer med våt termometer för system som använder vattenkylaggregat och/eller kyltorn.

## LÄNKA ALLA CRAC ELLER CRAH-ENHETER I ETT LOKALT NÄTVERK

Smartnet hanterar alla CRAC eller CRAH-enheter med en kraftfull kontrollalgoritm som utformats för att maximera fördelarna med det lokala nätverket, SMARTNET möjliggör:

- Optimal och jämn luftfördelning och kylningskapacitet i zoner utan standby luftkonditionering som kan generera lokala föroreningspunkter (Fig. 20a and 20b).
- Genomsnittlig energibesparing på över 60 % på grund av en komponentmodulering vid delbelastning (EC-fläktar, DC inverter, etc.).
- Hantering av GENOMSNITTLIG AVLÄSNING av temperatur- och fuktgivare i luftkonditioneringsapparater, som garanterar den bästa kontrollen av villkoren i de områden som betjänas.
- Hantering av GENOMSNITTLIG AVLÄSNING av tryckgivare monterade i luftkonditioneringsapparater, garanterar optimal luftfördelning i områdena.

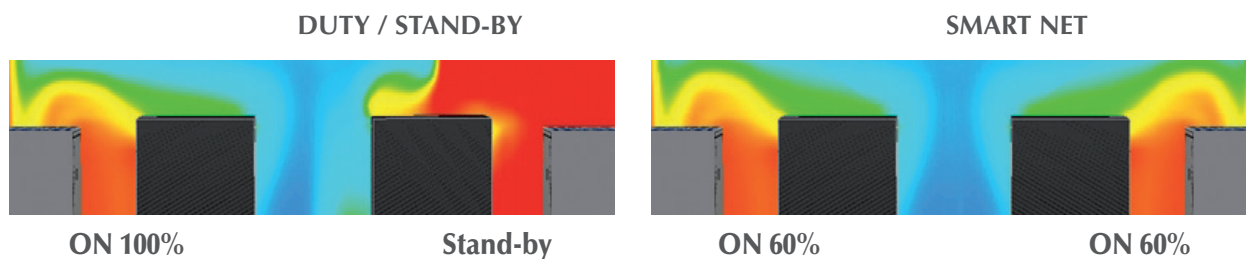


Fig. 20a Hantering av lokala föroreningspunkter

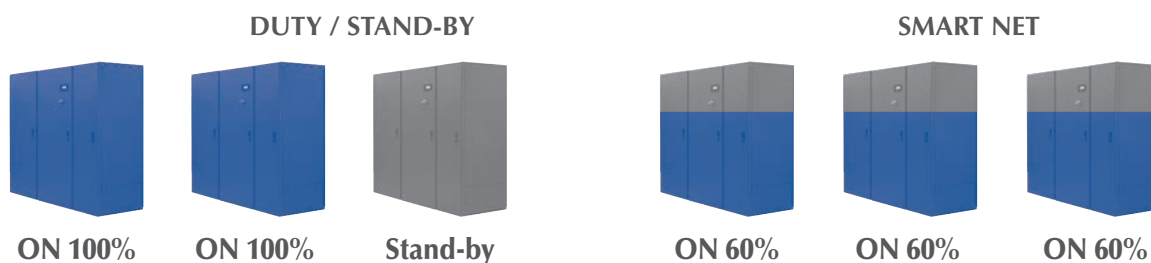


Fig. 20b Kylbelastningshantering

## FÖRBÄTTRA KALLVATTENSYSTEMETS EFFEKTIVITET

Följande råd är enbart tillämpliga om man valt kallvatten som kylmedium:

- Använd 2-vägs istället för 3-vägsventiler på kylbatterierna. Detta möjliggör en variabel luftfördelning, vilket ger betydande pumpbesparingar vid årlig drift.
- Använd den högsta möjliga  $\Delta T$  på kylbatterierna. Högre  $\Delta T$  ger i första hand (mindre pumpar, motorer och rör), och kostnadsbesparingar, samt bättre kontroll över delbelastade kylbatterier.
- Använd en inverterdriven varvvalsreglerad pumpning för belastningen. Välj den mest lämpliga platsen för differentialtryckgivaren som styr pumparna, den bör ligga längs lasten i slutet av den mest ogynnsamma rörledningen, och inte över anläggningens matnings- eller returfogar. Använd lägsta möjliga  $\Delta P$ -inställningar som är lämpliga för belastningen.

- Använd en inverterdriven varvtalsreglerad pumpning för att hantera lasterna. Välj den mest lämpliga platsen för differentialtryckgivaren som styr pumparna, den bör ligga längs lasten i slutet av den mest ogynnsamma rörledningen, och inte över anläggningens matnings- eller returledningar. Använd lägsta möjliga  $\Delta P$ -inställningar som är lämpliga för belastningen.
- Överväg att använda enbart primärsystem, snarare än ett primär-sekundärt pumpsystem. Primär-sekundärsystem har främst använts när det krävdes ett konstant flöde genom kylanläggningens utrustning (t.ex. kylaggregat, kyltorn, etc.) för att säkerställa en korrekt drift. Primära och sekundära kretsar kan anses vara hydrauliskt frikopplade och den primära kretsen har ofta ett konstant flöde, medan den sekundära kretsen kan ha både ett konstant och ett variabelt flöde.
- Numera tolererar moderna vattenkylaggregat stora flödesvariationer på förångaren, (så länge de inte är alltför snabba), och samma flöde kan således pumpas genom kylaggregaten och lasterna, och i stor utsträckning även moduleras. Uppskattningar har tagits fram (för antaganden och parametrar som normalt används vid utformandet av ett datacenter) för besparingar med enbart primärsystem i förhållande till ett motsvarande primär-sekundärsystem:
  1. Årlig anläggningsenergi totalt: 2 % till 5 %
  2. Första kostnaden: 4 % till 8 %
  3. Livscykelkostnad: 3 % till 5 %

Dessutom reducerar färre pumpar, rörsystem, ventiler och kontroller i ett primärsystem systemets komplexitet, antalet bypass-enheter som krävs (för simultana underhåll och feltolerans), första kostnaden och energiförbrukningen.

Ett primär-sekundärsystem och enbart primärt kallvattensystem visas schematiskt i figur 21a och 21b. Observera att i figur 18b visas två kylmedelkylare, men schemat gäller även för två kylaggregat till CRAH.

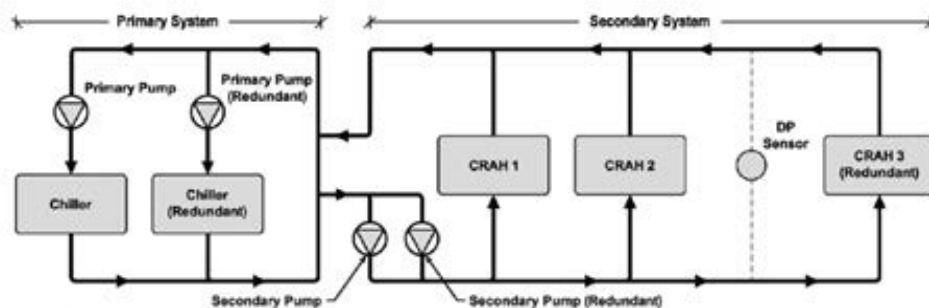


Fig. 21a Schematisk presentation av ett primärt sekundärt system (ASHRAE)

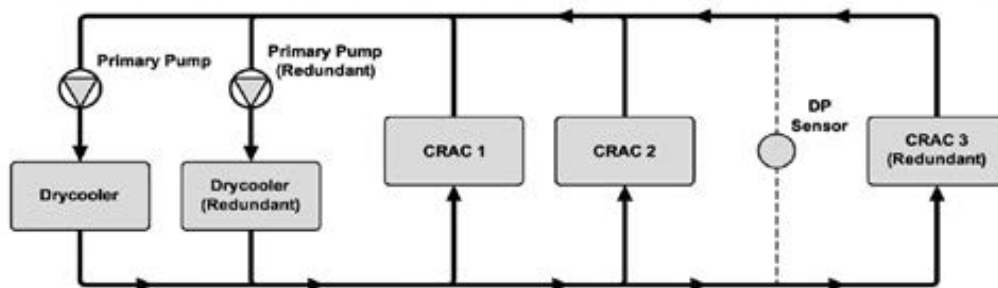


Fig. 21b Schematisk presentation av ett enbart primärsystem (ASHRAE)

# HÅLLBARHET FÖR DATACENTER

En rationell energianvändning är givetvis huvudmålet för datacentrets formgivare och operatörer, fokus bör dock inte enbart läggas på denna aspekt. Numera bör utformningen av datacenter (och alla byggnader) ses inom ramen för en hållbar utveckling.

Hållbarhet definieras i ASHRAE GreenGuide (ASHRAE 2013), i allmänna termer, såsom "behov som tillfredsställer dagens generation utan att riskera att framtida generationer inte kommer att kunna tillgodose sina intressen", andra har definierat hållbarhet såsom "maximera effektiviteten i resursanvändningen och samtidigt minimera effekterna av denna användning på miljön" (ASHRAE 2006) och miljö som "... en jämvikt ... mellan det mänskliga samhället och stabila ekosystem" (Townsend 2006).

Upprätthålla (dvs. att bibehålla eller förlänga) de faktorer som människans existens och planeten är beroende av, såsom energi, miljö, hälsa och säkerhet, är värdiga mål.

De huvudsakligaste faktorerna som påverkar den globala hållbarheten är följande:

- Befolkningstillväxt och migration
- Livsmedelsförsörjning
- Sjukdomsbekämpning och förbättring
- Energitillgångar
- Materialresurstillgänglighet och förvaltning
- Färskvattenförsörjning, både dricksvatten och icke drickbart vatten
- Ändamålsenliga och effektiva metoder för användning av energiresurser och vatten
- Luft- och vattenförorening
- Bortskaffande av fast eller flytande avfall
- Markanvändning

Föregående är enbart bredare kategorier, som omfattar många underkategorier som nyligen har fått allmänhetens uppmärksamhet. Exempelvis är klimatförändringar/global uppvärmning, koldioxidutsläpp, surt regn, skogsavverkning, transporter, och avrinningsområden tillika viktiga faktorer. Var och en av dessa kan dock omfattas av en eller flera av de uppräknade huvudområdena.

När man utformar ett nytt, eller rustar upp ett existerande datacenter, är det därför viktigt att designteamet tar alla dessa faktorer i beaktande, och inte enbart ser till energianvändningen.

Ett flertal certifieringsprotokoll har tagits fram: de mest kända är BREEAM, som utarbetats av Building Research Establishment i Watford (UK), och som används främst i Storbritannien och UK-influerade länder (Mellanöstern och Fjärran Östern), och LEED, och härrör från det amerikanska Green Building Council, och används överallt i världen.

Båda protokollen utdelar en certifieringsnivå beroende på de poäng som anläggningen får inom olika områden. LEED v. 4 har följande områden:

- Placering och transport
- Hållbara anläggningar
- Vatteneffektivitet
- Energi och atmosfär
- Material och resurser
- Pilotkredit (i huvudsak för komfort och luftkvalitet inomhus)

Extra poäng delas ut för särskilt innovativa designlösningar eller föremål som anses vara av särskild betydelse för en specifik geografisk plats.

Den senaste versionen av LEED (v. 4) räknar datacenter till en särskild typ av byggnad.

LEED bedömningskort för datacenter visas i Figur 22.



Certifieringsnivå beror på det övergripande resultatet av totalt 110 poäng och nivåerna är:

- Certifierad (40-49 poäng)
- Silver (50-59 poäng)
- Guld (60-79 poäng)
- Platina (80+ poäng).

Man kan avläsa på bedömningskortet att en enastående energiprestanda kan ge upp till 18 poäng.

För att kunna avgöra den totala energibesparingen under den referensperiod som ges av ASHRAE Standard 90,1, måste man skapa två simuleringsmodeller, en för byggnadens energikostnad och en för IT-utrustningens energikostnad. Energikrafteffektivitetens (PUE power utilization effectiveness) värde av den föreslagna konstruktionen måste nog beräknas och anges.

### LEED for New Construction for Data Centers (v4)

Credit	Integrative process	POSSIBLE: 1	1
<b>LOCATION &amp; TRANSPORTATION</b>		<b>POSSIBLE: 16</b>	
Credit	LEED for Neighborhood Development location	16	
Credit	Sensitive land protection	1	
Credit	High priority site	2	
Credit	Surrounding density and diverse uses	5	
Credit	Access to quality transit	5	
Credit	Bicycle facilities	1	
Credit	Reduced parking footprint	1	
Credit	Green vehicles	1	
<b>SUSTAINABLE SITES</b>		<b>POSSIBLE: 10</b>	
Prereq	Construction activity pollution prevention	REQUIRED	
Credit	Site assessment	1	
Credit	Site development - protect or restore habitat	2	
Credit	Open space	1	
Credit	Rainwater management	3	
Credit	Heat Island reduction	2	
Credit	Light pollution reduction	1	
<b>WATER EFFICIENCY</b>		<b>POSSIBLE: 11</b>	
Prereq	Outdoor water use reduction	REQUIRED	
Prereq	Indoor water use reduction	REQUIRED	
Prereq	Building-level water metering	REQUIRED	
Credit	Outdoor water use reduction	2	
Credit	Indoor water use reduction	6	
Credit	Cooling tower water use	2	
Credit	Water metering	1	
<b>ENERGY &amp; ATMOSPHERE</b>		<b>POSSIBLE: 33</b>	
Prereq	Fundamental commissioning and verification	REQUIRED	
Prereq	Minimum energy performance	REQUIRED	
Prereq	Building-level energy metering	REQUIRED	
Prereq	Fundamental refrigerant management	REQUIRED	
Credit	Enhanced commissioning	6	
Credit	Optimize energy performance	18	
Credit	Advanced energy metering	1	
Credit	Demand response	2	
Credit	Renewable energy production	3	
Credit	Enhanced refrigerant management	1	
Credit	Green power and carbon offsets	2	
<b>MATERIAL &amp; RESOURCES</b>		<b>POSSIBLE: 13</b>	
Prereq	Storage and collection of recyclables	REQUIRED	
Prereq	Construction and demolition waste management planning	REQUIRED	
Credit	Building life-cycle impact reduction	5	
Credit	Building product disclosure and optimization - environmental product declarations	2	
Credit	Building product disclosure and optimization - sourcing of raw materials	2	
Credit	Building product disclosure and optimization - material ingredients	2	
Credit	Construction and demolition waste management	2	
<b>PILOT CREDITS</b>		<b>POSSIBLE: 16</b>	
Prereq	Minimum IAQ performance	REQUIRED	
Prereq	Environmental tobacco smoke control	REQUIRED	
Credit	Enhanced IAQ strategies	2	
Credit	Low-emitting materials	3	
Credit	Construction IAQ management plan	1	
Credit	IAQ assessment	2	
Credit	Thermal comfort	1	
Credit	Interior lighting	2	
Credit	Daylight	3	
Credit	Quality views	1	
Credit	Acoustic performance	1	
Prereq	EQ Pilot ACP: ETS Control for Projects in Japan	REQUIRED	
<b>INNOVATION</b>		<b>POSSIBLE: 6</b>	
Credit	Innovation	5	
Credit	LEED Accredited Professional	1	
<b>REGIONAL PRIORITY</b>		<b>POSSIBLE: 4</b>	
Credit	Regional priority	4	
<b>TOTAL</b>		<b>110</b>	
40-49 Points	50-59 Points	60-79 Points	80+ Points
CERTIFIED	SILVER	GOLD	PLATINUM

Fig. 22 LEED v. 4 Styrkort för datacentra (USGBC)

Det nya datacentret i Lake Forest, Ill. (fig. 21), var det första i världen som fick ta emot LEED v4 guldcertifikat. Grainger's luftkylningsdesign förväntas ha ett övre PUE betyg på 1,2 vid full kapacitet, medan den aktuella branschens genomsnitt är 2,0. Det råder ingen tvekan om att många fler kommer att följa samma utveckling.

# SLUTSATSER

Utformningen av moderna datacentra kräver en helhetssyn som tar hänsyn till alla de aspekter som påverkar prestandan, allt från förväntade driftsförhållanden, till valet av utrymmen för vattenkylaggregat och kompressorer.

Det råder ingen tvekan om att dessa strukturer är bland de mest komplexa och, för stora installationer, krävs ett tvärvetenskapligt angreppssätt som integrerar alla inblandade parter: systemdesigner, maskintillverkare, energiansvariga, tillverkare av kontroll- och övervakningsystem (BMS) och M & E entreprenör.

# REFERENSER

- [1] ASHRAE Handbook, 2015 Applications, Chapter 19, Data Centers and Telecommunication Facilities, ASHRAE, Atlanta, Ga.
- [2] ASHRAE Datacom Series, 2012, 01 Thermal Guidelines, 3rd Ed., ASHRAE, Atlanta, Ga.
- [3] ASHRAE Datacom Series, 2012, 02 Power Trends and Cooling Applications, 2nd Ed., ASHRAE, Atlanta, Ga.
- [4] ASHRAE Datacom Series, 2009, 03 Design Considerations for Datacom Equipment Centers, 2nd Ed., ASHRAE, Atlanta, Ga.
- [5] ASHRAE Datacom Series, 2009, 06 Best Practice for Datacom Equipment Energy Efficiency, 2nd Ed., ASHRAE, Atlanta, Ga.
- [6] ASHRAE Datacom Series, 2011, 10 Green Tips for Data Centers, ASHRAE, Atlanta, Ga.
- [7] CIBSE, 2012, Data Centres: An Introduction to Concepts and Design, Chartered Institution of Building Services Engineers. London
- [8] Federal Energy Management Program, 2011, Best Practices Guide for Energy-Efficient Data Center Design, U.S. Department of Energy
- [9] J. Hartley, 2012, The Truth about Data Centre Cooling, [ecoolsolutions.com](http://ecoolsolutions.com)
- [10] White Paper #049, 2012, PUE™: A Comprehensive Examination of the Metric, The Green Grid Association

I Tecnairs produktutbud finns bl.a. även följande produkter:



Renrumsaggregat och operationstak



Kylmedelkylare



Vi förbehåller oss rätten att utan avisering ändra och korrigera uppgifter i dokumentet.

TPI Klimatimport AB

[info@tpiab.com](mailto:info@tpiab.com)

[www.tpiab.com](http://www.tpiab.com)