



UPPSALA
UNIVERSITET

UPTEC STS 13043

Examensarbete 30 hp
December 2013

Analys av sorptiv kylning i industri- och kontorsbyggander

Emma Claesson



UPPSALA
UNIVERSITET

Teknisk- naturvetenskaplig fakultet
UTH-enheten

Besöksadress:
Ångströmlaboratoriet
Lägerhyddsvägen 1
Hus 4, Plan 0

Postadress: Box 536
751 21 Uppsala

Telefon:
018 – 471 30 03

Telefax:
018 – 471 30 00

Hemsida:
<http://www.teknat.uu.se/student>

Abstract

Analys av sorptiv kylning i industri- och kontorsbyggnader

Analysis of sorptive cooling in industrial and office buildings

Emma Claesson

Energy efficiency is important both to reduce costs and to reduce greenhouse gas emissions in the atmosphere. Reducing costs will also help maintain business competitiveness.

Scania in Södertälje is a company where the optimization of energy use is an ongoing and continual process. One area with potential to make energy and cost savings is the effectiveness of the ventilation systems in offices and industrial premises at Scania. During the summer months an increased demand for cooling occurs, leading to increased ventilation and a peak in district cooling system usage. Sorptive cooling is a technology where the supplied air is cooled by applying external heat. This technique involves a reduction in electricity consumption compared to electrically-powered cooling machines and does not affect the district cooling system usage. It was therefore of interest to investigate if sorptive cooling would be an energy efficient and viable solution for Scania in the future.

This investigation shows that sorptive cooling requires more power than a conventional ventilation system. Despite the fact that Scania has access to free heat during the summer months, the study shows that sorptive cooling would not be economically viable to install in the industrial premises, where no cooling systems currently exist. However, compared to an electrically-powered cooling machine, sorptive cooling is anyway more energy efficient. The conclusion is that sorptive cooling is a viable solution for the offices, but not for the industrial premises at Scania in Södertälje.

Handledare: Anders Larsson
Ämnesgranskare: Arne Roos
Examinator: Elísabet Andrésdóttir
ISSN: 1650-8319, UPTEC STS13 043

Populärvetenskaplig sammanfattning

Energieffektivisering har blivit en allt viktigare fråga, både för att minska kostnader och utsläpp av växthusgaser till atmosfären. För företag är energieffektivisering också en viktig del för att hålla sig konkurrenskraftiga på marknaden. Genom energieffektivisering kan besparingar göras, både ekonomiskt och energimässigt vilket innebär vinning för både företag, samhälle och miljön.

Scania i Södertälje är ett företag där energieffektivisering är en ständigt pågående process för att spara på ekonomi och miljö. Ett område där det finns besparingar och förbättringar att göra är att undersöka effektiviteten i de ventilations- och kylsystem som finns i Scantias byggnader idag. I dagsläget kyls kontorsbyggnaderna främst med fjärrkyla, men under sommarhalvåret när kylbehovet är som störst är kapaciteten fullt utnyttjad. I Scantias industribyggnader finns ingen kyla installerad alls, däremot forceras ventilationen under sommarhalvåret för att skapa en kylande effekt.

Sorptiv kyla är en teknik som används för att utvinna kyla ur värme. Om värme används för att kyla Scantias byggnader skulle det innebära en optimerad fjärrkyla-användning och samtidigt en möjlighet att installera kyla i Scantias industribyggnader. Genom att analysera den sorptiva kyltekniken i förhållande till Scantias förutsättningar skapas en bild av om tekniken har potential som energieffektiv lösning på Scania i framtiden.

Studien visar att sorptiva kylaggregat har ett högre elbehov än konventionella ventilationsaggregat med samma dimensionerande luftflöde. Detta leder till att sorptiv kyla inte skulle vara en lönsamt att installera i Scantias industrilokaler, trots att Scania har tillgång till gratis fjärrvärme (spillvärme) under sommarhalvåret. Däremot visar studien att sorptiv kyla är en lönsam lösning jämfört med luftkylda kylmaskiner. Detta resultat gäller både vid användning av spillvärme och vid användning av fjärrvärme med Scantias avtalade fjärrvärmepris. Om sorptiv kyla installeras i framtiden kan detta minska belastningen på fjärrkylanätet under sommarmånaderna och samtidigt minska elanvändningen för kylning av byggnader. Slutsatsen blir därmed att sorptiv kyla är en ekonomiskt och energimässigt lönsam lösning att installera i Scantias kontorsbyggnader, men inte i industribyggnaderna.

Förord

Som avslutning på mina studier på civilingenjörsprogrammet system i teknik och samhälle vid Uppsala universitet utfördes detta examensarbete på DynaMate AB i Södertälje år 2013. Många personer har varit delaktiga för att göra detta arbete möjligt och jag vill härmed rikta ett stort tack till min handledare Anders Larsson på DynaMate som varit ett stort stöd under hela arbetets gång. Jag vill också tacka Anders Granstrand på Munters AB som bidragit med stor kunskap om den sorptiva kyltekniken och Ulf Henriksson på Fläkt Woods som bidragit med information om luftbehandlingsaggregat. Dessutom vill jag tacka projekt- och underhållsingenjörer vid DynaMate som bidragit med sin kunskap om Scantias lokaler, tekniska installationer och prisuppgifter för underhåll och installationer. Slutligen vill jag också tacka min ämnesgranskare Arne Roos vid Uppsala universitet som bidragit med kunskap och synpunkter under arbetets gång.

Södertälje den 12 november 2013

Emma Claesson

Innehåll

1. Inledning.....	1
1.1 Syfte och frågeställning.....	1
1.2 Företagsbeskrivning	1
1.3 Avgränsningar	2
2. Metod och material.....	3
2.1 Genomförande	3
2.2 Källkritik	4
2.3 Disposition.....	4
3. Teori	5
3.1 Inomhusklimat.....	5
3.2 Varaktighetsdiagram	6
3.3 Mollierdiagram	7
3.4 Komfortkyla	10
4. Fallstudie	19
4.1 Studieobjekt.....	19
4.2 Fjärrvärme på Scania.....	23
4.3 Fjärrkyla på Scania.....	24
5. Antaganden och beräkningar	25
5.1 Val av luftbehandlings- och kylaggregat.....	25
5.2 Byggnad 001.....	25
5.3 LCC-beräkning.....	26
6. Resultatberäkningar.....	28
6.1 Kontor.....	28
6.2 Verkstad.....	33
7. Analys.....	38
7.1 Kontor.....	38
7.2 Verkstad.....	38
7.3 Sorptiv kyla generellt	39
8. Slutsatser och förslag på vidare studier	41
Käll- och litteraturförteckning.....	42
Litteratur.....	42
Rapporter	42
Elektroniska källor	42
Personlig intervju	43
Bilaga 1: Fördelning av sommarventilation i byggnad 001	44
Bilaga 2: Balanstemperatur i byggnad 001	45

Bilaga 3: BELOK värmebehovsberäkning	46
Bilaga 4: Mall beräkning energibehov ventilation	49
Bilaga 5: LCC-beräkning av DesiCool aggregaten beräknad av Anders Granstrand	51
Bilaga 6: Installationskostnad kylmaskin	55
Bilaga 7: Fläkt Woods aggregat för byggnad 001	57
Bilaga 8: Fläkt Woods aggregat CK3.....	70

Begreppslista

Balanstemperatur – Vid den utetemperatur byggnaden är i balans med omgivning och inget värme behöver tillföras eller bortföras från byggnaden.

Belok – Beställargruppen Lokaler. Nätverk där Energimyndigheten och fastighetsägare samarbetar, inriktat mot lokaler.

Dimensionerande luftflöde – det luftflöde som ventilationsaggregatet dimensioneras/designas utifrån. Avgör exempelvis storlek på aggregat.

Dimensionerande utetemperatur, DUT – finns som både lägsta och högsta DUT, i denna rapport kallad *DUT_{sommar}* för högsta DUT och *DUT_{vinter}* för lägsta DUT. DUT används för dimensionering av värme- och kylsystem.

Frånluft – den luft som lämnar byggnaden via frånluftsfläktar.

Internvärme – den värme som alstras i byggnaden från exempelvis elektrisk utrustning, belysning, människor och solinstrålning. Internvärmets bidrar till byggnadens uppvärmning.

Klimatskal – byggnadens ytterhölje, alltså golv, väggar och tak.

Konventionell kyla – i denna rapport avses kyla med kylmaskin.

Konventionell ventilation – i denna rapport avses FTX-ventilation

Kylbatteri – Sitter i komfortkylaggregat och kyler tilluften när ett kylbehov föreligger.

Kylenergibehov – Det värmeöverskott som behöver kylas bort från byggnaden under året.

LCC-kalkyl – Livscykelkostnads-kalkyl (en. life cycle cost), ett vedertaget verktyg för att jämföra ekonomisk besparingspotential vid en ny investering av exempelvis en anläggning eller utrustning. Vid energitekniska lösningar jämförs framtida energivinster med kostnaden för att åstadkomma den.

Nominellt kylbehov – det maximala kylbehov som finns i en byggnad, vilket kylsystemet ska dimensioneras utifrån.

SFP-värde (specifik fläkteffekt) – den specifika fläkteffekten talar om hur eleffektivt ett luftbehandlingsaggregat är. SFP-värdet är förhållandet mellan den eleffekt som tillförs aggregatets fläktar och det maximala luftflödet och mäts vanligen i kW/(m³/s). Ett SFP-värde på 1.5 anses vara mycket energieffektivt.

Tillsatsvärme – Värme som behöver tillsättas, exempelvis fjärrvärme för att klimataggregatet ska kunna tillföra tilluft med önskad tilluftstemperatur under de kallaste dagarna. Tillsatsvärmets tillförs värmebatteriet i aggregatet.

Tilluft – den luft som tillförs byggnaden via ventilationssystemet.

Undertemperatur – skillnaden mellan rumstemperatur och tilluftstemperatur vilken avgör luftens kylande förmåga.

Värmebatteri – Sitter i ventilationsaggregatet och värmer tilluften innan den tillförs lokalen. Värmet som tillförs här kallas tillsatsvärme.

Förkortningar

c_p = luftens speciefika värmekapacitet, 1 kJ/kg, °C

G_t = antal gradtimmar, °Ch

$G_t(t)$ = antal gradtimmar vid normalårstemperaturen t (vid avläsning i gradtimmetabell), °C

t_{balans} = byggnadens utetemperatur, °C

$t_{från}$ = frånluftstemperatur, °C

t_{rum} = rumstemperatur, °C

t_{till} = tilluftstemperatur, °C

$t_{\dot{a}}$ = tilluftens temperatur efter värmeåtervinning, °C

t_{ute} = utetemperatur, °C

η_t = temperaturverkningsgrad, -

ρ_{luft} = luftens densitet, normalt 1.2 kg/m³

q_{till} = tilluftsflöde, m³/s

q_{vent} = ventilationsflöde, m³/s

1. Inledning

Som ett av Sveriges största industriområden är Scania i Södertälje ett företag som ständigt jobbar för att optimera energianvändningen för att spara på ekonomi och miljö. Ett område där det finns potential att spara energi är att se över effektiviteten i ventilations- och kylsystem. Scantias industrilokaler är i dagsläget utformade utan kyla, men med forcerade luftflöden under sommarhalvåret. Dessa höjda luftflöden innebär en ökad elanvändning i och med den ökade fläktdriften. Kontorsbyggnaderna är utformade med komfortkyla i form av fjärrkyla och kylmaskiner, för att hålla ett behagligt klimat på kontoren under den varma årstiden.

Sorptiv kyla är en teknik där tilluften kyls genom att tillföra extern värme. På sommaren när kylbehovet är som störst är värmen som billigast. Om värme används för att kyla Scantias lokaler skulle belastningen på fjärrkylanätet och användningen av kylmaskiner kunna minska. Dessutom skapas ett incitament för att installera kylsystem i industrilokalerna i och med sänkta luftflöden. Det skulle innebära behagligare temperatur i industrilokalerna och kunna skapa ett jämnare flöde av fjärrkyla vilket skulle leda till ett mer robust system för kylning. Dessutom skapas ett användningsområde för Scantias spillvärme vilket innebär en energieffektiv lösning. Det är därför intressant att undersöka om den sorptiva kyltekniken kan användas för att kyla Scantias byggnader i framtiden.

1.1 Syfte och frågeställning

Syftet med detta examensarbete har varit att undersöka om sorptiv kyla är en ekonomiskt och energimässigt lönsam lösning för Scantias kontors- och industrilokaler. Syftet besvaras genom undersöka följande frågor:

Är ett sorptivt kylaggregat en ekonomisk och energimässigt lönsam investering jämfört med nyinstallation av:

- 1) Ventilationssystem med forcerade luftflöden under sommartid?
- 2) Kylsystem med luftkyld kylmaskin?

Målet med undersökningen var att ta fram underlag för framtida installationer av ventilations- och kylaggregat samt vid nybyggnation av kontors- eller industrilokaler på Scania.

1.2 Företagsbeskrivning

DynaMate är ett av Sveriges största tekniskt produktionsstödande företag med 850 anställda och en omsättning på ca 1.3 miljarder kronor. Företaget är ett helägt dotterbolag till Scania CV AB och grundades 2001. DynaMate erbjuder tjänster inom produktions-, fastighetsunderhåll och industriella projekt (DynaMate, 2013).

Scania CV AB är ett multinationellt bolag som tillverkar tunga lastbilar, bussar, industri- och marinmotorer och säljer flera tjänsterelaterade produkter och finansiella tjänster (Scania AB, 2012a). Företagets historia tog sin början 1891 när Vagnfabriksaktiebolaget i Södertälje (Vabis) grundades med tillverkning av järnvägsvagnar. Bolaget övergick snart till tillverkning av bilar och lastbilar. 1911 skedde en sammanslagning mellan Vabis och maskinfabriksaktiebolaget Scania (Scania-Vabis) med fokus på bil-, buss- och lastbilstillverkning (Scania AB, 2012b). Idag är stora delar av tillverkningen fortfarande belägen i Södertälje tillsammans med omfattande forskning och utveckling samt Scantias huvudkontor (Scania AB, 2013).

1.3 Avgränsningar

Denna studie är gjord på uppdrag av DynaMate i Södertälje. Resultatet är därmed anpassat för att användas av DynaMate och Scania i Södertälje.

I studien har inga byggnads- och energisimuleringar gjorts. Beräkningar och driftdata grundas på mätningar gjorda av DynaMate och författaren samt uppskattningar gjorda av projektledare och ingenjörer på DynaMate. I beräkningarna används Scantias föreskrifter och krav på luftflöden, kalkylränta och energipriser. Fallstudien är avgränsad till Scantias norra industriområde i Södertälje där en stor mängd av Scantias spillvärme finns tillgänglig. Beräkningar och resultat grundar sig därför på de förutsättningar som finns på företaget 2013 vilket bör tas i beaktning om resultatet används av andra intressenter eller i framtiden.

2. Metod och material

I detta avsnitt presenteras och motiveras det arbetssätt och det material som använts under studien. Dessutom redovisas de beräkningsprogram och hjälpmedel som använts vid energiberäkningar följt av källkritik och rapportens disposition.

2.1 Genomförande

Detta examensarbete genomfördes på DynaMate AB i Södertälje under våren och hösten 2013. I samråd med handledaren Anders Larsson, energi- och utvecklingsingenjör på DynaMate, bestämdes syfte och studieobjekt. Den första tiden bestod av litteraturstudier och sammanställning av material samt en nulägesanalys av fallstudieobjektens ventilation och kylsystem. Information och prisuppgifter samlades in för de olika aggregaten för att kunna genomföra beräkningar och slutligen göra en jämförande LCC-kalkyl.

2.1.1 Fallstudie

För att undersöka om sorptiv kyla kan vara ett energieffektivt och ekonomiskt lönsamt alternativ på Scania i Södertälje har en kontors- och en verkstadsbyggnad valts ut som studieobjekt. Dessa byggnader representerar typiska kontors- och verkstadslokaler och är båda belägna på Scanias norra industriområde. Norra industriområdet är valt då det finns god tillgång på spillvärme där. En nulägesanalys av objektens ventilations- och kylsystem genomfördes genom mätningar av luftflöden, till- och frånluftstemperatur samt övrig, tekniskt relevant data. Utifrån dessa fakta samt Scanias föreskrifter med avseende på dimensionerande luftflöden och lokaltemperaturer togs data fram för nyinstallation av jämförbara ventilationsaggregat, sorptiva kylaggregat och komfortkylaggregat. Resultatet är sedan tänkt att användas som underlag för framtida installationer av ventilations- och kylaggregat samt vid nybyggnad av kontors- eller verkstadsbyggnader.

2.1.2 Litteraturstudie

För djupgående teknisk information kring ventilation och komfortkyla användes bland annat ett flertal rapporter från forskningsprogrammet EFFEKTIV som bedrivs inom Centrum för Effektiv Energianvändning (CEE). Dessutom användes litteraturen *Installationsteknik AK för V* av Catarina Warfvinge, *Projektering av VVS-installationer* av Warfvinge och Dahlbom samt *Byggnaden som system* av Abel och Elmroth. För en djupare förståelse om den sorptiva kyltekniken användes, utöver rapporterna från EFFEKTIV, information från återförsäljaren Munters AB:s hemsida, www.munters.se. Dessutom har muntlig och skriftlig information erhållits av Munters säljare Anders Granstrand, via telefonsamtal, mail och ett personligt möte. Handledaren Anders Larsson har dessutom bidragit med sin kompetens och tagit fram information om de ventilations- och kylsystem som finns installerade på Scania idag.

2.1.3 Beräkningar

Vid mätningar och beräkningar har programmen Citect och Energidatabasen, tillhandahållna av DynaMate använts. Via Citect kan nulägesbilder av bland annat ventilation, värme, kyla och annan utrustning som är i drift i Scanias byggnader granskas. I Energidatabasen finns data från olika energimedia, som värme, el och vatten loggade. I programmet kan sökningar för valt energimedia göras under specifika tidsintervall vilka även kan jämföras med bland annat medelutetemperaturen.

Vid elbehovsberäkningen till fläktarna för de olika aggregaten har verktyget *BELOK värmeåtervinning* används. Med hjälp av att skriva in aggregatens SFP-värde, drifttider och lokalens area beräknas elbehovet för drift av fläktarna, beräkningsexempel finns i bilaga 3. Kylenergibehovet för de två

fallstudierna beräknades genom att läsa av värden i gradtimmetabeller i VVS handboken. För att beräkna behovet av tillsatsvärme till aggregaten användes ett Excel-baserat beräkningsprogram, *Mall beräkning energibehov ventilation*, tillhandahållet av DynaMate.

I programmet används aggregatens dimensionerande luftflöde, temperaturverkningsgrad och drifttid, byggnadens uppvärmda area, till- och frånluftstemperatur samt varaktighetsdiagram för att beräkna behovet av tillsatsvärme. Programmet använder $DUT_{vinter} -22^{\circ}\text{C}$ enligt Scantias föreskrifter, för beräkningsexempel, se bilaga 4. Kostnader för installation, material, underhåll och liknande har uppskattats av projektledare och ingenjörer på DynaMate i Södertälje. Budgetpris för aggregat och kylmaskin har erhållits från respektive återförsäljare.

Vid LCC-beräkningarna användes Excel och Scantias energipriser, förväntade energiprisökningar samt krav på kalkylränta. Brukstiden sattes till 20 år.

2.2 Källkritik

Stor del av informationen om sorptiv kylning kommer från Munters AB, tillverkare av sorptionsaggregat. Dessutom har författaren träffat säljaren Anders Granstrand personligen, vilket kan ha gett en vinklad syn på sorptiv kylning. Dessutom är de energiberäkningar som gjorts baserade på flertalet uppskattningar. Detta kan innebära att resultatet inte stämmer helt överens med verkligheten.

Underhålls- och installationskostnader är uppskattade av personer med kompetens inom områdena på DynaMate. Detta kan dock innebära feluppskattningar, vilket kan ha givit utslag i LCC-beräkningarna. LCC-kalkylerna är dessutom baserade på Scantias energipriser i dagsläget, vilket ger en viss osäkerhet i resultatet om det ska användas i framtiden.

2.3 Disposition

Denna rapport består av flera olika delar vilka presenteras nedan. I kapitel 3 *Teori och ekvationer* görs en genomgång av de rekommendationer och krav som finns på byggnaders inneklimat. Kapitlet tar även upp de ekvationer som är användbara vid beräkning av kylning av luft och ger en teknisk genomgång av olika komfortkylssystem. I kapitel 4 *Fallstudie* presenteras de två byggnader med tillhörande ventilations- och kylsystem som använts som studieobjekt i denna rapport. Vidare följer de antaganden och beräkningar som gjorts för att slutligen kunna genomföra resultatberäkningen och LCC-kalkylerna i kapitel 5 och 6, *Antaganden och beräkningar* samt *Resultatberäkningar*. Resultaten analyseras och diskuteras vidare i kapitel 7 *Analys*. Kapitel 8 *Slutsatser och förslag på vidare studier* ger slutligen en kortfattad beskrivning av resultatet samt förslag och rekommendationer för vidare studier.

3. Teori

I detta avsnitt presenteras de rekommendationer och krav som finns på byggnaders inneklimat samt de tekniska installationer som skall upprätthålla dessa. Det görs också en genomgång av teoretiska begrepp och ekvationer som används för dimensionering av installationerna, exempelvis varaktighetsdiagram, Mollierdiagram och gradtimmar. Slutligen ges en teknisk genomgång av kylprocessen och olika komfortkylssystem med fokus på sorptiv kyla.

3.1 Inomhusklimat

I en byggnad sker ständigt tillförsel av energi för att kunna upprätthålla ett önskvärt rumsklimat samt för driften av elektriska apparater och installationer. Klimatet i en byggnad bestäms av det rådande utomhusklimatet, verksamheten i byggnaden, byggnadens värmetekniska egenskaper samt utformningen av de klimatstyrande installationerna (Aronsson, Bergsten, 2001). Enligt boverkets byggregler ska byggnader och dess installationer utformas för att ge förutsättningar för en god luftkvalitet i rum där människor vistas mer än tillfälligt. Kraven på inomhusluftens kvalitet bestäms utifrån den verksamhet som rummet avses användas till (BFS 2011:26).

I byggnader som innehåller arbetsplatser eller personalutrymmen är ett tillfredsställande inneklimatet viktigt för att personalen ska trivas och kunna utföra ett bra arbete. Det är exempelvis viktigt att rumstemperatur och ljudnivå hålls på en acceptabel nivå i förhållande till det arbete som utförs och att det inte uppstår besvärande drag i lokalerna (AFS 2009:20). Generellt brukar temperaturer mellan 18-24°C rekommenderas i offentliga lokaler beroende på årstid. Högre temperaturer kan dock tillåtas under kortare tidsperioder, exempelvis under en värmebölja (Warfvinge, 2007). Vanligen försämras människans arbetsprestation vid lufttemperaturer under 16°C och över 24°C. Bland annat påverkas koncentration, uppmärksamhet och omdöme när arbete utförs vid temperaturer som är lägre/högre än dessa (AFS 2009:20).

3.1.1 Ventilation

I Sverige förekommer tre huvudtyper av ventilationssystem, självdrag (S-system), frånluft (F-system) samt till- och frånluft med värmeåtervinning (FTX-system). Vilket system som väljs baseras vanligen utifrån krav på termiskt klimat och luftkvalitet. Men även investerings- och driftkostnader, utrymmesbehov, underhåll och liknande kan påverka valet. För de lokaler som behandlas i den här rapporten, kontors- och industrilokaler, är det FTX-system med eller utan kyla som är aktuella. Detta beror på att sådana lokaler vanligen ventileras med höga luftflöden och i kontorslokaler ställs samtidigt höga komfortkrav. För att ventilationssystemet ska kunna uppfylla dessa krav, krävs behandlad tilluft. Samtidigt är det ekonomiskt fördelaktigt med värmeåtervinning av luft, speciellt vid stora luftflöden. I industribyggnader dimensioneras ventilationen främst utifrån Arbetsmiljöverkets gränsvärden för olika koncentrationer av skadliga ämnen som förekommer i byggnaden (Warfvinge, Dahlbom, 2010).

3.1.2 Internvärme

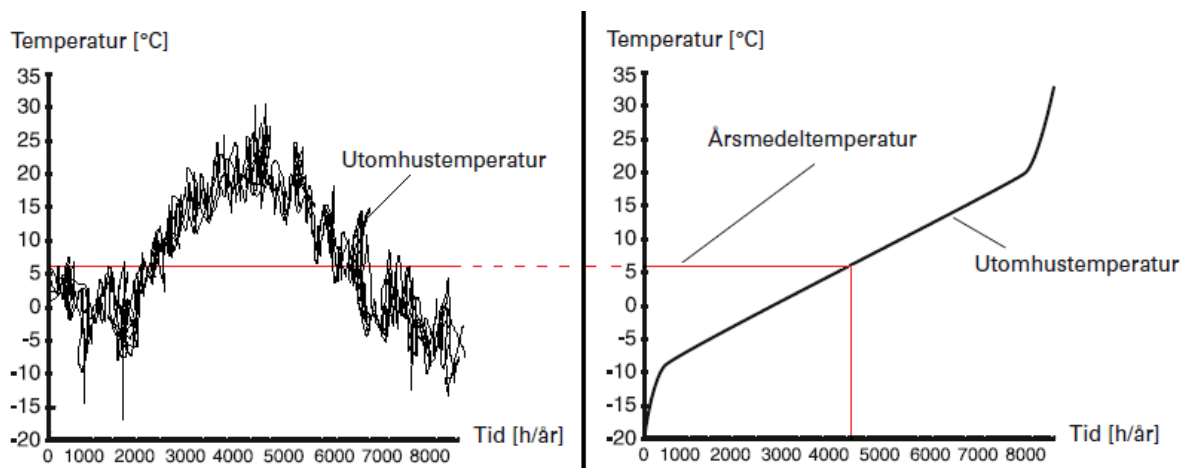
När utetemperaturen är lägre än rumstemperaturen strömmar värme ut genom byggnadens klimatskal. Årsmedeltemperaturen i Stockholm är 6.6°C vilket innebär att värme förloras från byggnaden nästan året om. Byggnader som används har dock i stort sett alltid en intern generering av värme, så kallat *internvärme*. Internvärme är värme som avges från elektrisk utrustning, belysning, människor och solinstrålning vilket bidrar till byggnadens uppvärmning. Även byggnadskonstruktionen påverkar den interna värmeutvecklingen genom dess förmåga att lagra och avge värme (Abel, Elmroth, 2007).

De parametrar som huvudsakligen avgör om en byggnad behöver värmas eller kylas är (Aronsson, Bergsten, 2001):

- Mängd genererad internvärme
- Täthet och isolering av byggnadens klimatskal
- Kravet på inomhusklimat
- Utomhusklimat

3.2 Varaktighetsdiagram

En byggnads värme- och kylbehov åskådliggörs vanligen genom ett varaktighetsdiagram. Där är årets timmar sorterade efter stigande utetemperatur för en viss ort, se figur 1. Vid en viss utetemperatur är den interna värmealstringen lika stor som värmeförlusterna genom byggnadens klimatskal. Denna temperatur kallas byggnadens *balanstemperatur*. Vid balanstemperaturen är byggnaden i balans med omgivningen och ingen värme behöver tillföras eller bortföras för att upprätthålla önskad rumstemperatur (Abel, Elmroth, 2007).



Figur 1. Utetemperaturkurva (utemperaturen under ett år) med tillhörande varaktighetsdiagram med årets timmar längs x-axeln och utemperaturen längs y-axeln. Källa: Abel, Elmroth, 2007.

3.2.1 Gradtimmar

Genom att lägga in en kurva som motsvarar den temperatur som värmesystemet ska värma upp till fås en area mellan varaktighetskurvan och balanstemperaturskurvan. Denna yta motsvarar det antal gradtimmar (°Ch) som byggnaden är i behov av uppvärmning, se den rödfärgade ytan i figur 2. Dessa gradtimmar är ett mått på det specifika värmeenergiebehovet för byggnaden. När balanstemperaturen är lägre än utemperaturen uppstår ett kylenergiebehov, se den blåfärgade ytan i figur 2. Även kylenergiebehovet kan beräknas med hjälp av gradtimmar. Antal gradtimmar för kylenergiebehov beräknas enligt (Jensen, 2001):

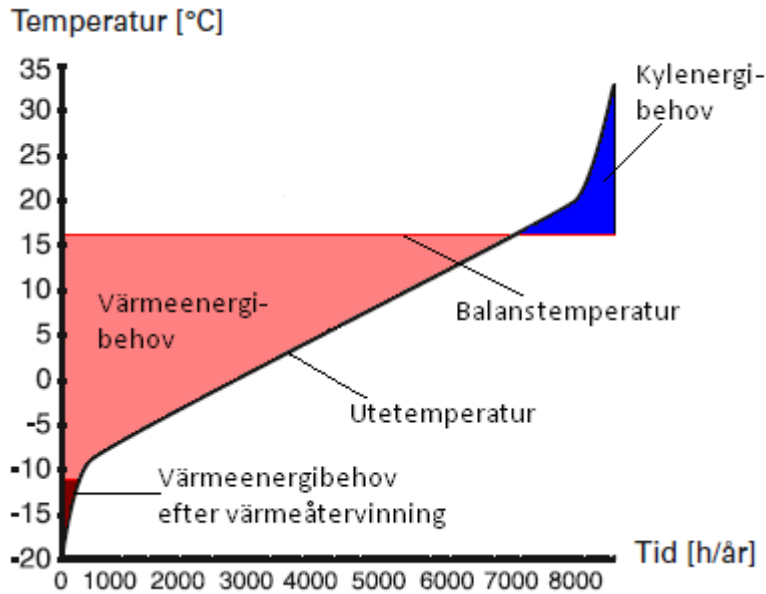
$$G_{t,kyla} = \int_{t_{ute} > t_{balans}} (t_{balans} - t_{ute}) dt \text{ [}^\circ\text{Ch]} \quad [1]$$

t_{balans} = byggnadens balanstemperatur

t_{ute} = den rådande utemperaturen

Vid beräkning av värme- och kylenergiebehov för en byggnad används vanligen gradtimmetabeller, vilka finns tabellerade för både värme- och kylenergiebehov i bland annat VVS handboken. För att läsa

av en gradtimmetabell används ortens normalårstemperatur och byggnadens balanstemperatur (Jensen, 2001).



Figur 2. Varaktighetsdiagram för en byggnad med balanstemperatur 16°C där värme- och kylenergi-behov är inritat. Källa: Abel, Elmroth, 2007.

Kylenergi-behovet, E_{kyla} , för en byggnad beräknas enligt (Jensen, 2001):

$$E_{kyla} = \rho_{luft} * c_{p,luft} * q_{vent} * G_{t,kyla} \quad [2]$$

ρ_{luft} = luftens densitet

c_p = luftens speciefika värmekapacitet

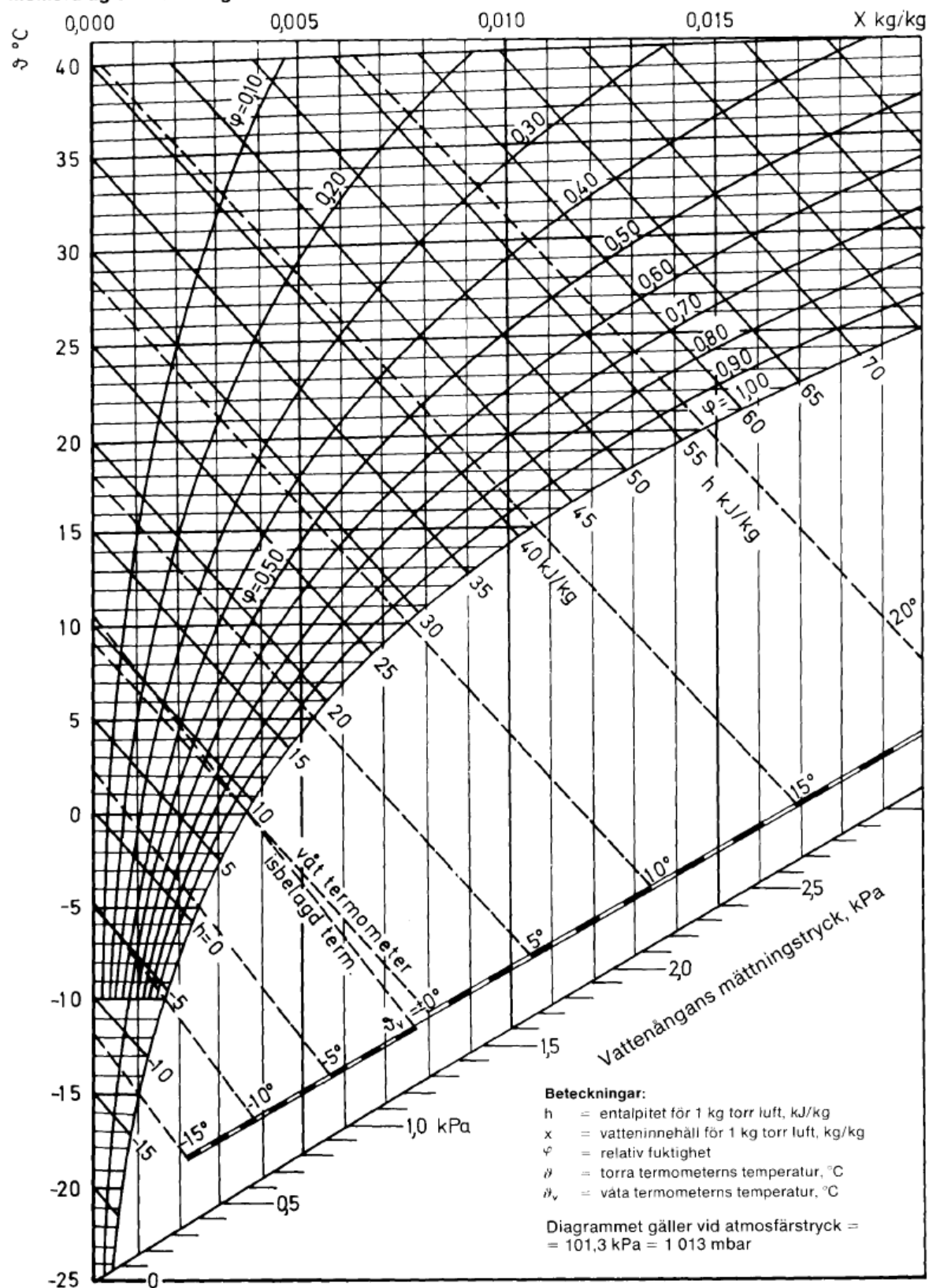
q_{vent} = ventilationsflöde

$G_{t,kyla}$ = antal gradtimmar

3.3 Mollierdiagram

Uteluft består av en blandning av flera olika gaser, ånga och dammpartiklar. För att förstå de processer som sker i luftbehandlingsaggregat brukar luft ses som en blandning av torr luft och vattenånga, kallad fuktig luft. Den fuktiga luftens fasförändringar beskrivs vanligen med hjälp av ett Mollierdiagram, även kallat hx-diagram, se figur 3. I diagrammet kan luftens egenskaper utläsas och ritas in för att få en överskådlig beräkning av luftens fasförändringar. Detta är användbart vid beräkning av uppvärmning/nedkylning av luft (Fläkt Woods, 2009).

Mollierdiagram för fuktig luft

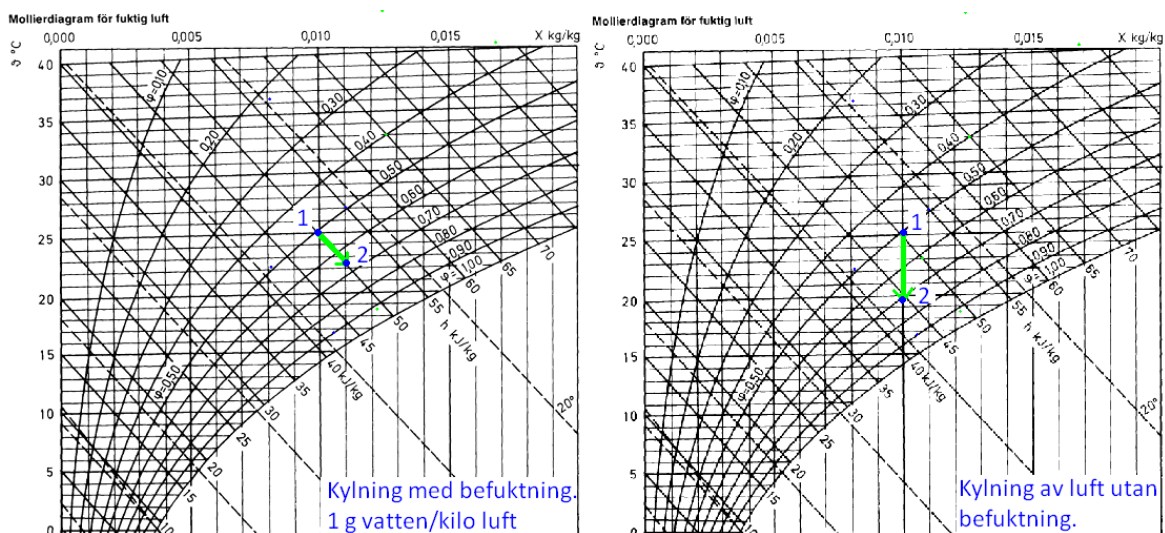


Figur 3. Mollierdiagram för fuktig luft. Källa: Davidsson.

De parametrar som kan läsas av i Mollierdiagrammet är:

- Den fuktiga luftens *entalpi*, h [kJ/kg]. Beskriver luftens totala värmeinnehåll räknat från 0°C. Entalpin är sammansättningen av värmeinnehållet i den torra luften och värmeinnehållet i vattenånga (Abel, Elmroth, 2007).
- *Vatteninnehållet i luft*, x [kg/kg] (egentligen innehållet av vattenånga). Beskriver den mängd vatten som finns i luften och uttrycks i kg vattenånga/kg luft (Fläkt Woods, 2009).
- Luftens *relativa fuktighet*, ϕ [%RF]. Beskriver förhållandet mellan aktuell mängd vattenånga i luften och luftens mättnadsgräns vid en viss temperatur. Ju högre temperaturen är desto mer vattenånga kan luften bära innan den blir mättad (SMHI, 2012).
- Den *torra termometers temperatur*, ∂ [°C]. Den temperatur som mäts med en vanlig termometer (Fläkt Woods, 2009).
- Den *våta termometers temperatur*, ∂_v [°C]. Mäts genom att linda in termometers känselkropp med vått tyg. Avdunstningen av vattnet har en kylande effekt vilket innebär att termometern kommer visa en lägre temperatur. Ju torrare luften är desto mer vatten kan avdunsta och desto mer kan temperaturen sjunka. (Fläkt Woods, 2009).

Exempel: Om (omättad) luft passerar en våt yta så kommer luftens vatteninnehåll att öka, luften befuktas. Den värmeenergi som behövs för att vattnet ska avdunsta tas från den omgivande luften, vilket innebär att luften kyls samtidigt som vattnet förångas. Luftens tillstånd ändras då efter en rät linje mot den våta ytans temperatur i Mollierdiagrammet. Om luften istället kyls utan att den kondenseras, alltså att luftens vatteninnehåll hålls konstant, åskådliggörs luftens kylning i vertikalt i Mollierdiagrammet, se figur 4 (Fläkt Woods, 2009). Som tumregel sägs att vid befuktning av luft gäller sambandet att om ett gram vatten tillförs ett kilo luft sjunker lufttemperaturen med ca 2.5°C (Granstrand, 2013).



Figur 4. Mollierdiagram där kylning av luft med och utan befuktning är inritat.

3.4 Komfortkyla

I byggnader som har ett kylbehov under stora delar av året installeras system för att ta hand om värmeöverskottet, kallat komfortkyla. Idag finns generellt tre typer av system, luftburen kyla, vattenburen kyla eller en kombination av dessa. Kylenegibehovet beror på val av komfortkylsystem samt dess utformning (Nilsson, 2001). Processen för bortförel av en byggnads värmeöverskott (kylbehov) visas schematiskt i figur 5.



Figur 5. Process för bortförel av överskottsvärme. Källa: Abel, Elmroth, 2007.

Kylsystem dimensioneras för att kunna kyla bort en viss maxlast som vanligen bestäms utifrån $DUT_{sommars}$ och önskad tilluftstemperatur. Den maximala kyleffekten kallas nominell kyleffekt och beräknas enligt (Abel, Elmroth, 2007):

$$P_{kyla} = q_{vent} * c_{p,luft} * \rho_{luft} * (DUT_{sommars} - t_{till}) \quad [3]$$

q_{vent} = dimensionerat ventilationsflöde

$c_{p,luft}$ = luftens speciefika värmekapacitet

ρ_{luft} = luftens densitet

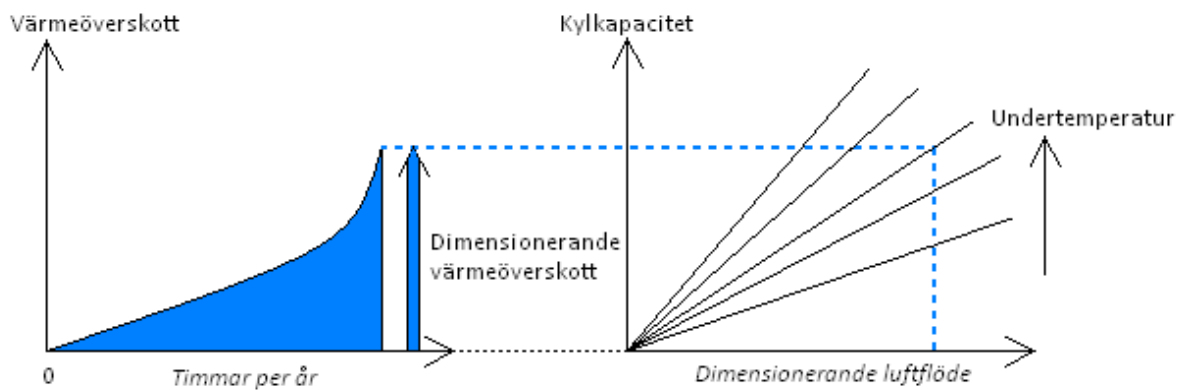
$DUT_{sommars}$

t_{till} = tilluftstemperatur

3.4.1 Luftburen kyla

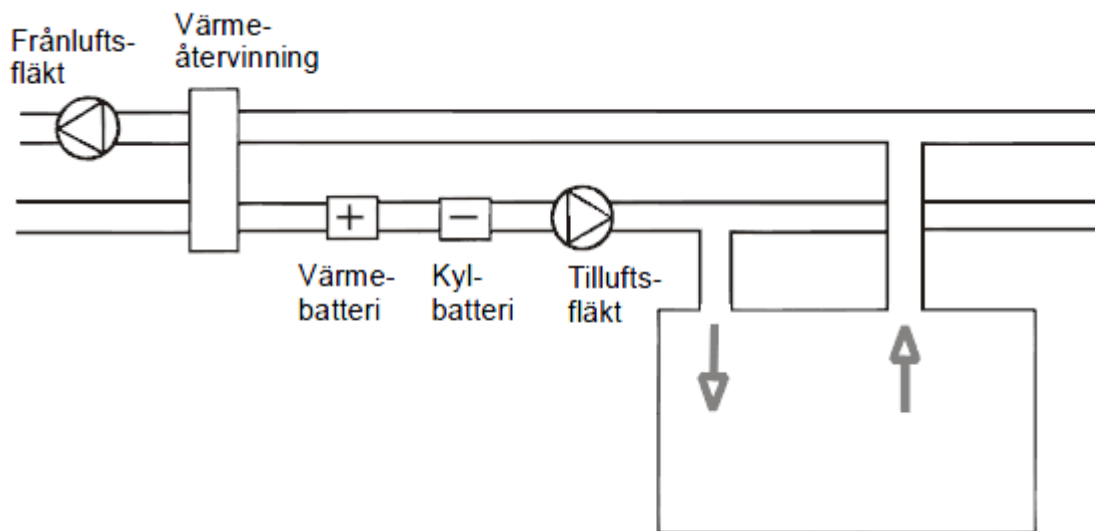
Luftens kylförmåga beror av luftflödets storlek och tilluftens undertemperatur, det vill säga hur mycket lägre tilluftstemperaturen är än rumstemperaturen (Abel, Elmroth, 2007). I system för luftburen kyla bestäms det dimensionerande luftflödet utifrån det dimensionerande kylbehovet (värmeöverskottet), se figur 6. Systemet dimensioneras för att kunna ta hand om det varierande kylbehov som finns både över dygnet och över året. Luftburen kyla finns både som konstantflödessystem (CAV) och variabelflödessystem (VAV) (Nilsson, 2001). I CAV system kan tilluftstemperaturen ändras men luftflödet är konstant. I VAV system varierar luftflödet efter behov, vanligtvis styrt efter årstid och exempelvis arbetstider, medan tilluftstemperaturen hålls konstant (Aronsson, Bergsten, 2001). Luftburen kyla kräver att luftflöde och undertemperatur är tillräckliga för att klara av kylbehovet,

vilket i vissa fall kan vara svårt att åstadkomma utan besvärande drag (Abel, Elmroth, 2007).



Figur 6. Dimensionerande värmeöverskott (=kylbehov) avgör vilket dimensionerande luftflöde som behövs. Källa: Abel, Elmroth, 2007.

När uteluften är lägre än önskad tilluftstemperatur krävs ingen kylning av tilluften. Den kan däremot behöva värmas för att få rätt temperatur, vilket regleras med hjälp av värmeåtervinningen. Om utetemperaturen är så låg att värmeåtervinningens kapacitet inte räcker till, värms luften ytterligare efter återvinningen med hjälp av ett värmebatteri för att erhålla rätt temperatur (Abel, Elmroth, 2007). En schematisk bild av ett luftburet kylsystem visas i figur 7.



Figur 7. Principskiss över system för luftburen kyla. Källa: Aronsson, Bergsten, 2001.

Tilluftens kyleffekt beskrivs av (Abel, Elmroth, 2007):

$$\dot{Q}_{kyla,rum} = q_{till} * c_{p,luft} * \rho_{luft} * (t_{från} - t_{till}) \quad [4]$$

q_{till} = tilluftsflöde

c_p = luftens speciefika värmekapacitet

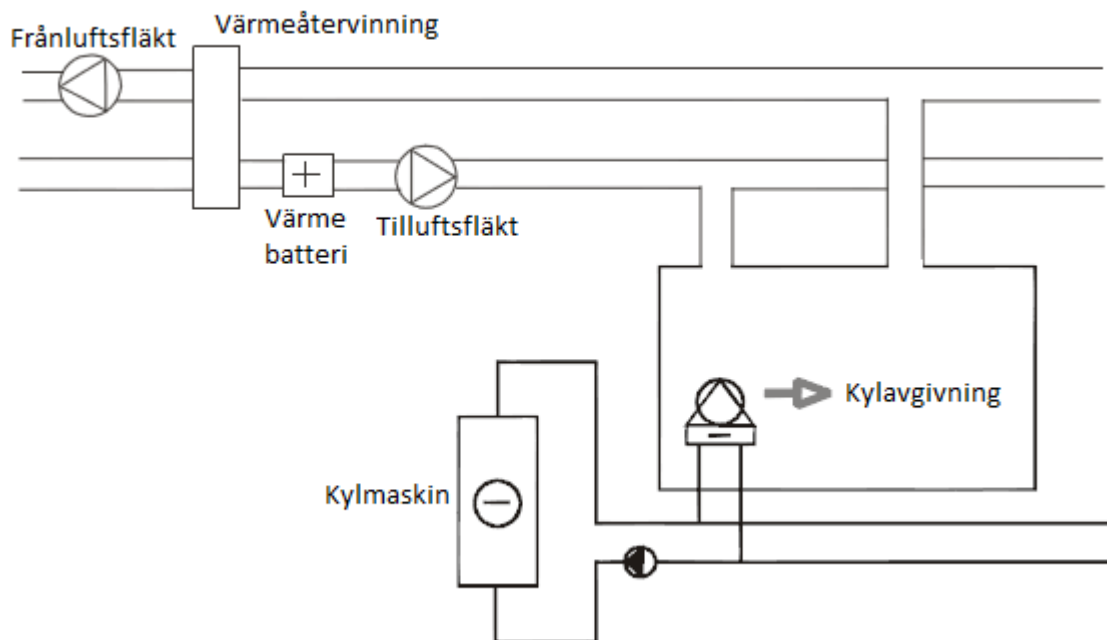
ρ_{luft} = luftens densitet

$t_{från}$ = frånluftstemperatur

t_{till} = tilluftstemperatur

3.4.2 Vattenburen kyla

Vattenburen kyla installeras vanligen när det inte finns möjlighet att transportera tillräckligt stora mängder luft i kanalerna för att tillgodose kylbehovet. I dessa system dimensioneras luftflödet endast för att tillgodose luftkvalitetskravet. Vattenburen kyla kan tillföras på olika sätt, exempelvis genom kylbafflar, kylpaneler, fan-coil aggregat eller induktionsbatterier. Dessa placeras vanligen i taket eller längs väggarna i rummet (Aronsson, Bergsten, 2001). I figur 8 ges en schematisk bild av ett vattenburet kylsystem.



Figur 8. Principskiss av system med vattenburen kyla. Källa: Aronsson, Bergsten, 2001.

3.4.3 Kombinerade system

Luftburen och vattenburen kyla kan kombineras på flera olika sätt. Ett exempel när kombinerade system används är då system med luftburen kyla önskas, men det dimensionerande kylbehovet är för stort för att ett luftburet system ska kunna tillgodose kylbehovet utan besvärande drag (Nilsson, 2001).

3.4.4 Värmeåtervinning

Värmeåtervinning i luftbehandlingssystem är normalt mycket lönsamt, särskilt i ett nordiskt klimat. Dessutom gör det systemet energieffektivt eftersom mindre tillsatsvärme går åt för uppvärmning av tilluften under den kalla årstiden. De värmeåtervinnare som finns på marknaden idag är mycket effektiva vilket innebär att lite eller ingen värme behöver tillsättas under de kallaste dagarna. Dock kan frånluftens fuktinnehåll skapa problem med påfrostning i återvinnaren vid mycket låga utetemperaturer. Detta åtgärdas genom att återvinnaren nedregleras eller avfrostar. *Temperaturverkningsgraden*, η_t , är ett mått på återvinnarens effektivitet vilken anges i procent av teoretisk temperaturåtervinning. Om tilluftens temperatur skulle anta samma temperatur som frånluften skulle temperaturverkningsgraden vara 100 %. Temperaturverkningsgraden beräknas enligt (Fläkt Woods, 2009):

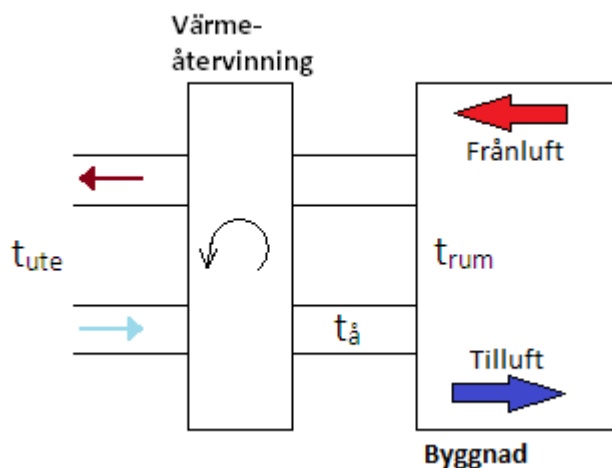
$$\eta_t = \frac{t_a - t_{ute}}{t_{rum} - t_{ute}} \quad [5]$$

t_a = tilluftens temperatur efter värmeåtervinning

t_{ute} = den rådande utetemperaturen

t_{rum} = rumstemperatur

I figur 9 ges en schematisk bild av värmeåtervinningens funktion i ventilations- och komfortkylsystem.



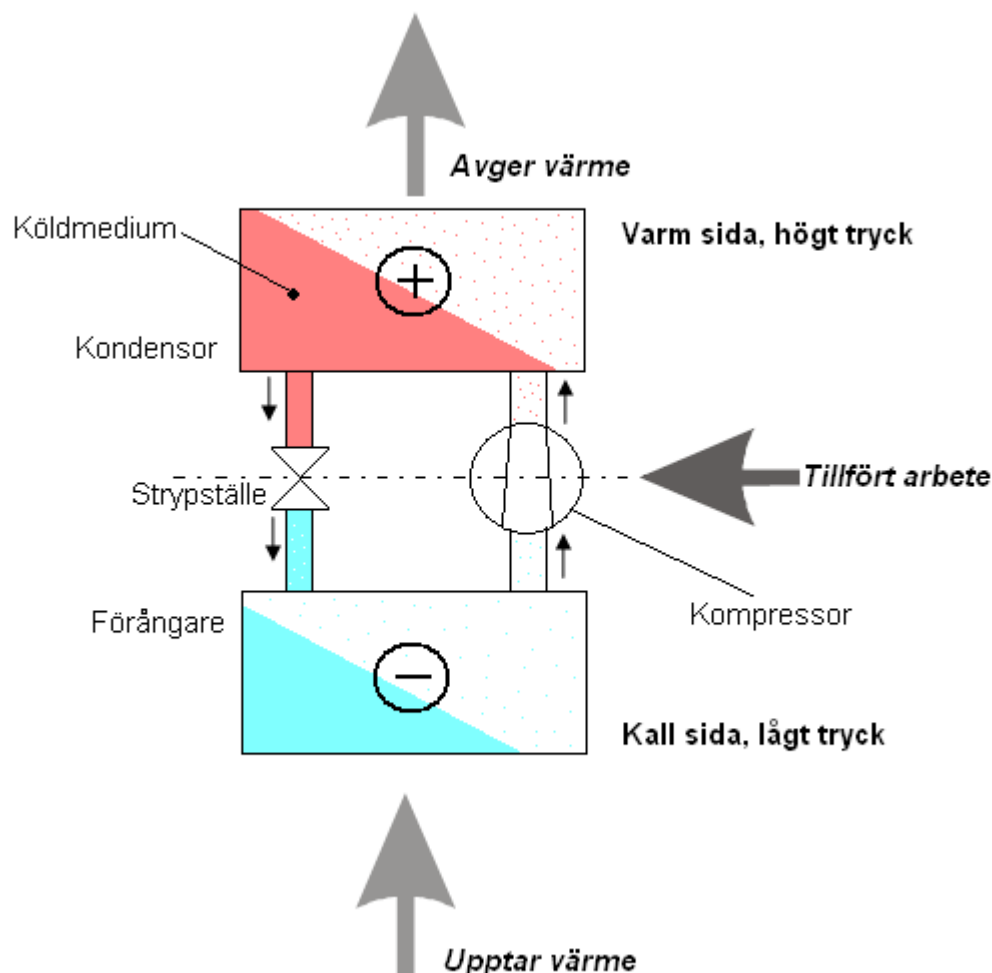
Figur 9. Principskiss av värmeåtervinning i ventilations- och komfortkylsystem.

3.4.5 Fjärrkyla

Fjärrkyla blir allt vanligare i Sverige och nyttjas främst av kunder med relativt stora kylbehov, exempelvis sjukhus, industrier eller köpcenter. Vanligen skapas kylan genom att utnyttja kylan i vatten från exempelvis sjöar eller vattendrag. Kylan levereras i form av "kallt vatten" till kunden via en undercentral och distribueras därifrån till de byggnader som ska kylas (Nilsson, 2001).

3.4.6 Konventionell kompressorkyla (kylmaskin)

Kompressordriven kyla är den vanligaste kylmetoden i dagsläget. Kylmaskiner kan kopplas både till luftburna och vattenburna luftsystem. En kylmaskin fungerar på samma sätt som en värmepump, se figur 10. I princip innebär processen att ett köldmedium förflyttas mellan högt och lågt tryck med hjälp av en eldriven kompressor. Värmet som tas upp av förångaren motsvarar den kyla som kan levereras till byggnaden. För att kylan ska kunna levereras krävs kompressionsarbete till kompressorn (Aronsson, Bergsten, 2001).



Figur 10. Principskiss över kylmaskinprocessen. Källa: Aronsson, Bergsten, 2001.

Kylmaskinens effektivitet benämns köldfaktorn och definieras enligt (Nilsson, 2001):

$$\text{Köldfaktorn} = \frac{\text{Levererad kyleffekt}}{\text{Arbete till kompressor}} \quad [6]$$

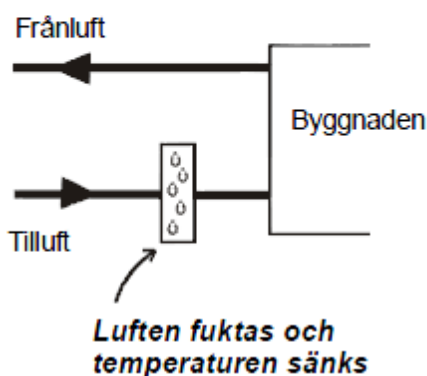
För en kompressordriven kylmaskin brukar köldfaktorn vanligtvis vara ca 2-3, beroende av vid vilka temperaturnivåer kylmaskinen arbetar. Exempel, om köldfaktorn är 2 innebär det att för varje kWh arbete som tillförs kompressorn kommer kylmaskinen att kunna leverera 2 kWh kyla (Nilsson, 2001). I denna rapport kommer köldfaktor 2 att användas.

3.4.7 Sorptiv kyla

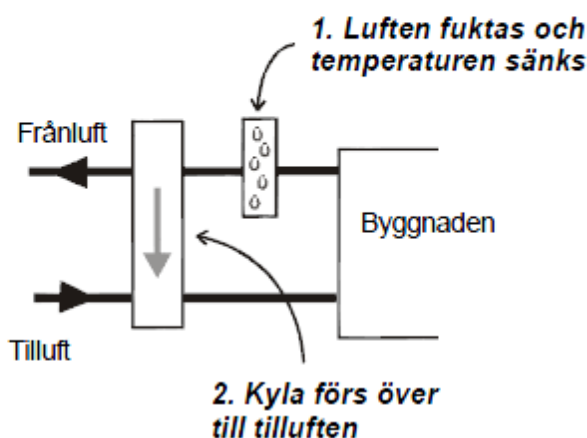
Sorptiv kyla används i luftburna kylsystem där evaporativ kylteknik optimeras. Vid evaporativ kylning utnyttjas att luftens temperatur sänks genom befuktning (Aronsson, Bergsten, 2001).

Det finns två typer av evaporativ kylning, direkt och indirekt evaporativ kylning. Direkt evaporativ kylning innebär att tilluften kyles genom befuktning. Vid indirekt evaporativ kylning sker befuktningen på frånluftssidan istället. Då överförs kylan till tilluften via en icke fuktöverförande värmeväxlare efter att frånluften passerat befuktaren. På detta sätt sänks tilluftens temperatur medan dess fuktinnehåll består. Hur mycket luften kan kylas beror bland annat på aktuell utetemperatur och uteklimat (Aronsson, Bergsten, 2001).

DIREKT EVAPORATIV KYLA

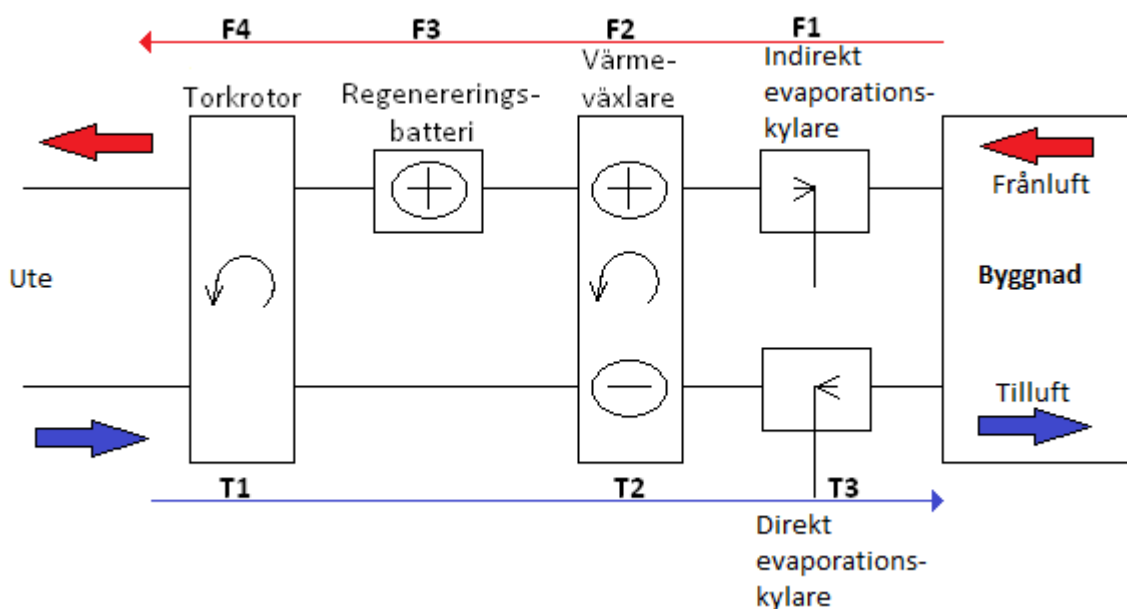


INDIREKT EVAPORATIV KYLA



Figur 11. Principskiss av direkt och indirekt evaporativ kylning. Källa: Aronsson, Bergsten, 2001.

Evaporativ kylning fungerar som bäst när luften är så torr som möjligt då befuktningen påbörjas. Detta utnyttjas vid sorptiv kylning genom att torka luften innan den kyls med evaporativ kyla. Torkning av luften sker när den passerar genom en roterande avfuktare (torkrotor) vilken kräver att värme tillförs på frånluftssidan (Aronsson, Bergsten, 2001). Värmen som tillsätts bör hålla en temperatur på 60°C eller högre och kräver därmed tillgång på billig värme för att systemet ska vara lönsamt (Abel, Elmroth, 2007). Som tumregel sägs att vid avfuktning av luft ökar luftens temperatur ca 3.3°C för varje gram vatten som bortförs ur ett kilo luft (Granstrand, 2013).



Figur 12. Principskiss av system med sorptiv kyla.

Kylprocessen sker i tre steg där luften först torkas i en torkrotor, kyls i en roterande värmeväxlare och sedan kyls ytterligare genom direkt evaporativ kylning (Munters, 2008). Nedan följer en beskrivning av luftens väg genom aggregatet. Vidare följer ett exempel på hur luftens temperatur och vatteninnehåll

ändras i de olika stegen i det sorptiva kylaggregatet, figur 13. Detta kompletteras med ett Mollierdiagram som visar hur luftens tillstånd förändras i de olika stegen, figur 14.

Tilluftssidan (Granstrand, 2013)

T1. Uteluft tas in via ett filter till en torkrotor där luften avfuktas. På torkrotorn sitter ett torkmedel (kiselgel) som för med sig en del av fukten från tilluften till frånluften. När tilluften har passerat torkrotorn har dess fukthalt minskat och temperatur stigit.

T2. Den torkade, uppvärmda luften kylv i en roterande (icke fuktöverförande) värmeväxlare där värmen överförs till frånluften. Luftens fuktighet ändras inte i detta steg.

T3. Tilluften går slutligen genom de fuktiga ytorna i en direkt evaporativ kylare vilket sänker lufttemperaturen ytterligare när vattnet avdunstar. I detta steg kylv och fuktas luften till önskad luftkvalitet och tillförs sedan rummet.

Luften som ska föras ut ur lokalen går genom en liknande process, fast baklänges.

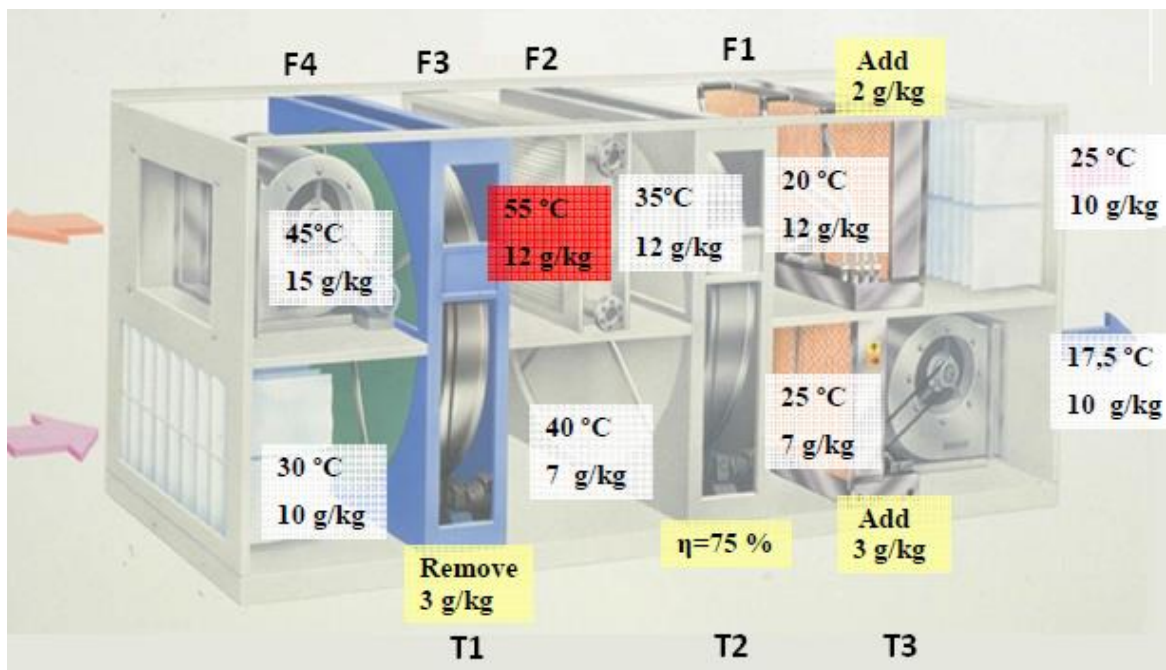
Frånluftssidan (Granstrand, 2013)

F1. Rumsluften går genom ett filter till en indirekt evaporativ kylare där frånluften kylv genom avdunstning. Då luften befuktas ökar dess värmeupptagningsförmåga.

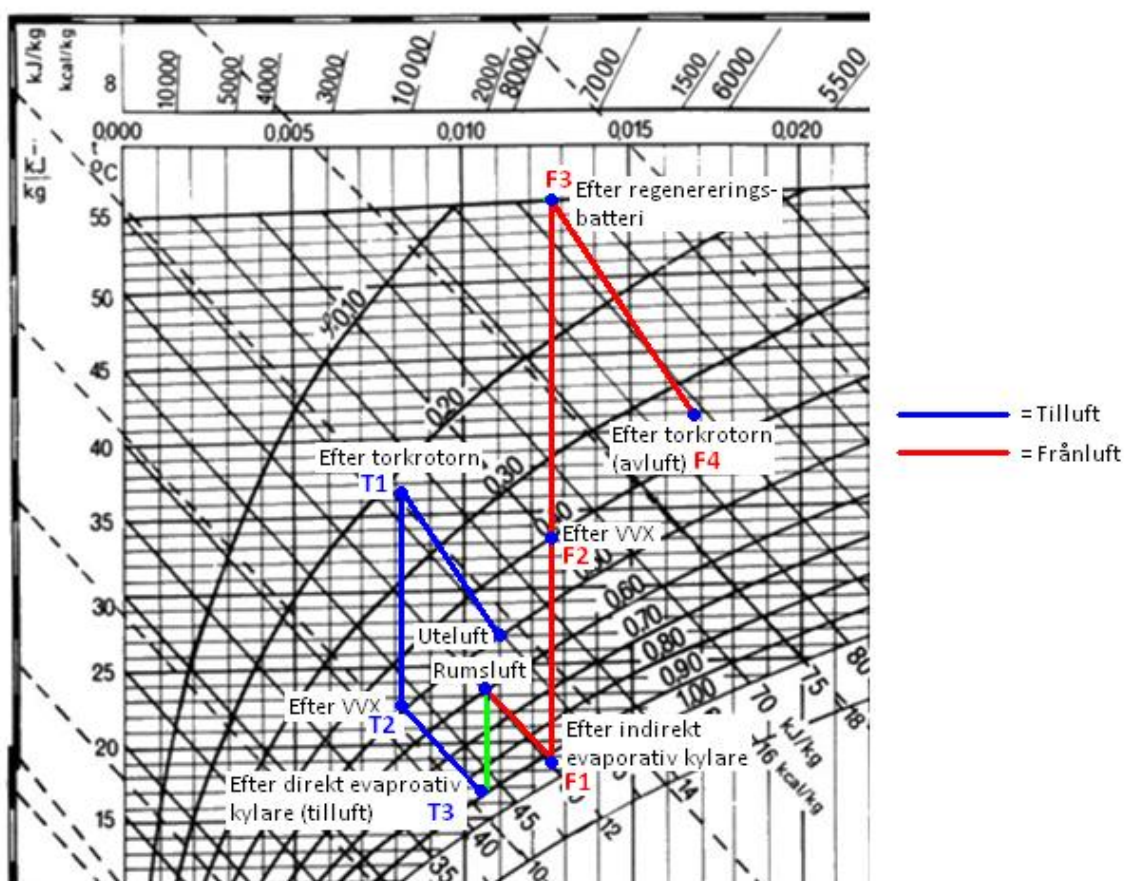
F2. Den befuktade frånluften går genom den roterande värmeväxlaren på frånluftssidan där värme tas upp från tilluften.

F3. Luften värms ytterligare i ett regenereringsbatteri som drivs av extern termisk energi, exempelvis fjärrvärme, spillvärme eller solvärme. Genom att höja temperaturen kan mer fukt tas upp i nästa steg när luften passerar torkrotorn. Ju högre temperaturen är i denna punkt, desto effektivare bli kylprocessen.

F4. Den varma frånluften passerar torkrotorn och för med sig fukten som absorberats från tilluften samtidigt som frånluftstemperaturen sjunker. Frånluften släpps sedan ut via frånluftsfläkten och är då förhållandevis varm och fuktig.



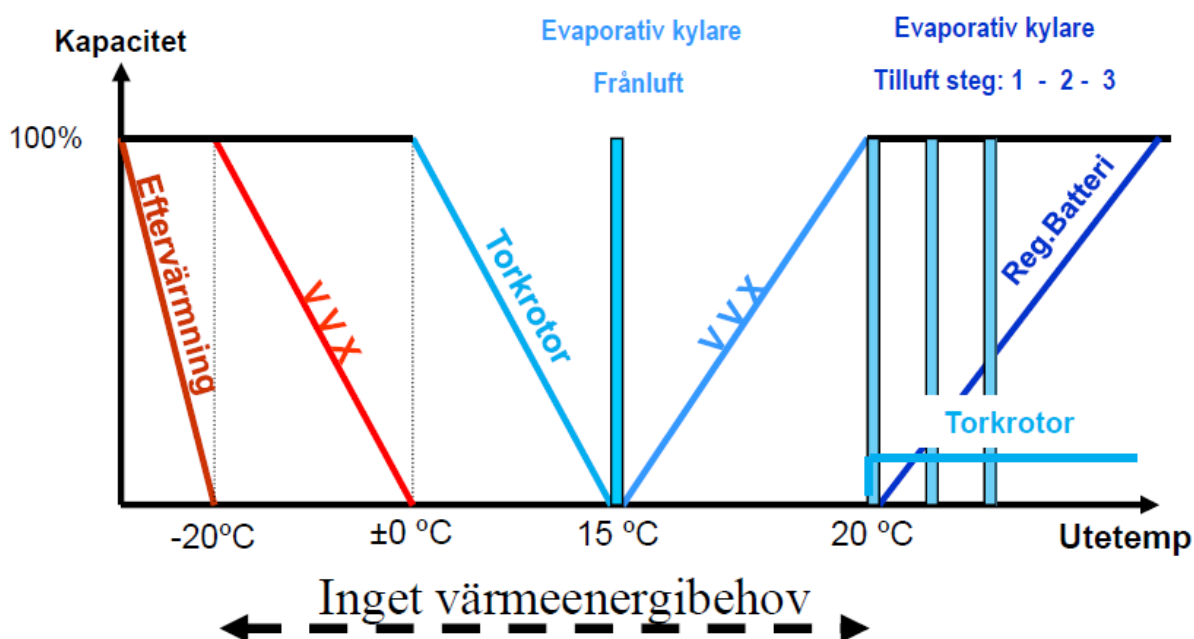
Figur 13. Exempel på sommar driftfall där luftens tillstånd kan följas i varje steg i aggregatet. Källa: Granstrand, 2013



Figur 14. Mollierdiagram med luftens tillstånd steg för steg för exempel-sommar driftfallet.

Under sommardriftfallet påbörjas kylningen av luften när utetemperaturen överstiger 15°C. Kylprocessen startas genom att varva upp värmeväxlaren och kyla frånluften evaporativt. När utetemperaturen överstiger den temperatur där den evaporativa kylningen inte längre räcker för att kyla tilluften tillräckligt, startar torkrotorn. Denna tidpunkt beror av uteluftens tillstånd (temperatur och relativ fuktighet), men inträffar vanligen runt 20°C. Alltså måste extern värmeenergi börja tillsättas till regenereringsbatteriet när utetemperaturen överstiger 20°C för hålla önskad tilluftstemperatur, se figur 15 (Granstrand, 2013). I denna rapport antas att extern värme börjar tillsättas vid utetemperaturen 20°C.

Under vinterdriftfallet fungerar det sorptiva aggregatet som ett FTX-system med dubbla roterande värmeväxlare. När utetemperaturen understiger 15°C regleras torkrotorns hastighet efter värmeåtervinningsbehovet. Ner till en utetemperatur runt nollgradigt kan torkrotorn återvinna tillräckligt med värme ur frånluften. Sedan startas även värmeväxlaren för att återvinna värmets ur frånluften. Om utetemperaturen blir så låg att den dubbla värmeåtervinningen inte räcker till används eftervärmningsbatteriet, se figur 15. De dubbla värmeväxlarna ger en hög temperaturverkningsgrad, nära 90 procent (Granstrand, 2013).



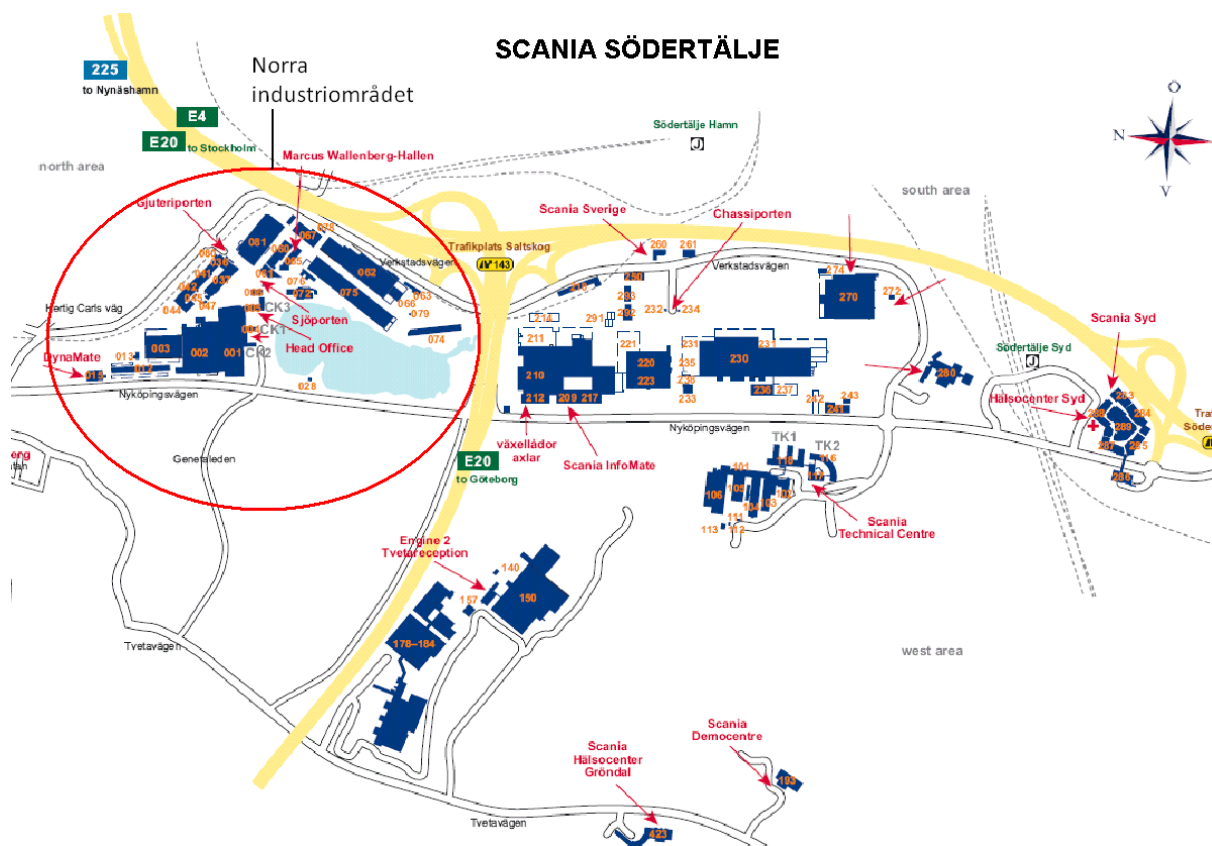
Figur 15. En schematisk bild av vid vilka temperaturer som ett sorptivt kylaggregat har ett värmeenergibehov. Källa: Granstrand, 2013

För att alstra 1 kWh kyla med hjälp av sorptiv kylteknik krävs ca 1.5 kWh värme. Detta ger en köldfaktor på ca 0.67 enligt ekvation 6 vilket kan jämföras med motsvarande värde för kylmaskinen på 2-3 (Abel, Elmroth, 2007). Enligt Anders Granstrand är årsmedelköldfaktorn 1.5 för Munters sorptiva kylaggregat. Detta gäller dock med kylning från utetemperaturen 15°C vilket ger årsmedelvärdet för det sorptiva kylaggregatet som helhet (Granstrand, 2013). I denna rapport används köldfaktor 0.67, vid kylning från utetemperaturen 20°C.

4. Fallstudie

I detta kapitel presenteras de lokaler med tillhörande tekniska installationer som används i rapportens fallstudie

De objekt som valts ut som fallstudie i denna rapport är båda belägna på Scanias norra industriområde, se figur 16. Norra området är utvalt då flera energikrävande processer utförs där vilket ger stor tillgång på spillvärme. Detta är önskvärt om sorptiv kyla ska installeras. Under sommarhalvåret när utetemperaturen överstiger 20°C är framledningstemperaturen på spillvärmets i norra industriområdet $\geq 60^\circ\text{C}$. Därför har 60°C använts vid beräkningarna av sorptiv kyla, vilket enligt Anders Granstrand ger en tilluftstemperatur runt 16.6°C beroende på val av storlek på aggregat.



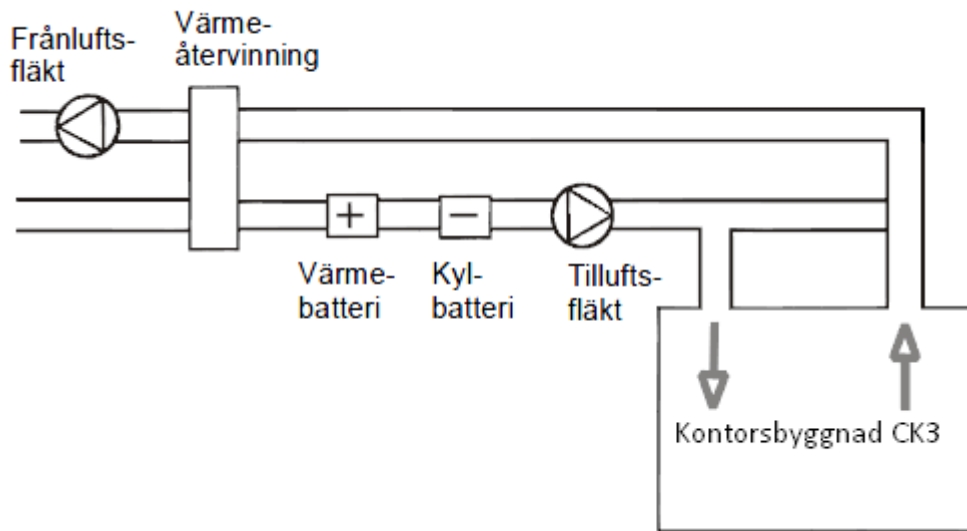
Figur 16. Scania i Södertälje där norra industriområdet är inringat. Källa: Scania AB, 2013.

4.1 Studieobjekt

4.1.1 Kontorslokalen

Den kontorsbyggnad som används för fallstudien är Scanias huvudkontor, CK3 som består av nio våningsplan å 635 m². Det befintliga aggregatet är ett FTX-system med konstantflöde och fjärrkyla, se figur 17. Detta är kompletterat med kylbafflar som täcker in kylbehovet för plan 2-9 i byggnaden (5080 m²). Alla våningsplan antas vara möblerade på liknande sätt med öppet kontorslandskap och samma antal personal på varje våning. Scanias ventilationskrav för kontorslandskap är ett luftflöde på 15 l/s och person eller 1.45 ls⁻¹m⁻², se tabell 1. I dagsläget ventileras byggnaden med luftflödet 1.5 ls⁻¹m⁻², 7.65 m³/s, vilket är det flöde som har använts som referens och dimensionering av nytt aggregat till kontoret i denna rapport. Ventilation och kylaggregat är i drift 12 timmar per dag under vardagar för att skapa ett behagligt klimat under arbetstid. Kylsystemet startar när utetemperaturen överstiger 16°C. För att förenkla beräkningarna har de tolv drifttimmarna satts mellan kl. 9-21, de varmaste timmarna under

dygnet. Att dessa klockslag valts beror på att de finns tabellerade i VVS handboken för kylenergibehov, vilket förenklar beräkningarna.



Figur 17. Principskiss över det ventilationsaggregat med kyla som är installerat i CK3 på Scania idag.

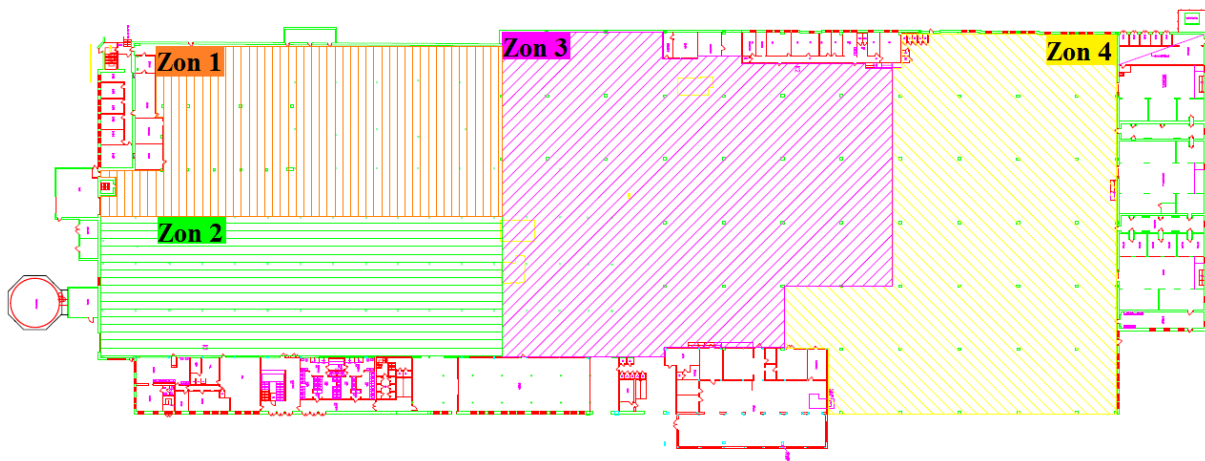
Tabell 1. Scanias föreskrifter för dimensionerande lokaltemperatur och luftflöde för verkstad respektive kontor.

Verksamhet	Motor- verkstad	Kontors- landskap
Lokaltemp. sommar	22°C	23°C
Lokaltemp. vinter	19°C	21°C
Dimensionerande luftflöde (l/(s,m ²)) sommar	5.0	1.45 / 15 (l*person)
Dimensionerande luftflöde (l/(s,m ²)) vinter	2.5	1.45 / 15 (l*person)
Drag (m/s)	0.25	0.15
Kyla	Nej	Ja

4.1.2 Verkstadslokalen

Den industribyggnad som används för fallstudien är byggnad 001 på Scania i Södertälje där komponenter till dieselmotorer bearbetas. Verksamheten är igång dygnet runt under vardagarna då arbetet utförs i treskift. Verkstadsdelen i byggnad 001 har en area på 13280 m² vilken är indelad i fyra ventilationszoner, se figur 18. Zonerna är utrustade med varsitt FTX-system, vilka täcker in ventilationsbehovet i lokalen. Alla aggregaten är CAV system med dimensionerande luftflöde 2.5 ls⁻¹m⁻². Syftet med ventilationen är att tillföra frisk luft samt att, i den mån det är möjligt, föra bort värme från byggnaden. Ventilationen är igång dygnet runt under arbetstid. Temperaturen i verkstadslokalerna beror till stor del på den rådande utetemperatur och på internvärmes. Enligt Scanias föreskrifter för lokaltemperatur och luftflöde, se tabell 1, ska luftflödet dubblas under sommartid för att kompensera för högre utetemperatur och solinstrålning. Det finns ingen övre temperaturgräns i lokalen, så när

utetemperaturen överskrider föreskriftens rekommenderade rumstemperatur tillåts rumstemperaturen följa utetemperaturen.

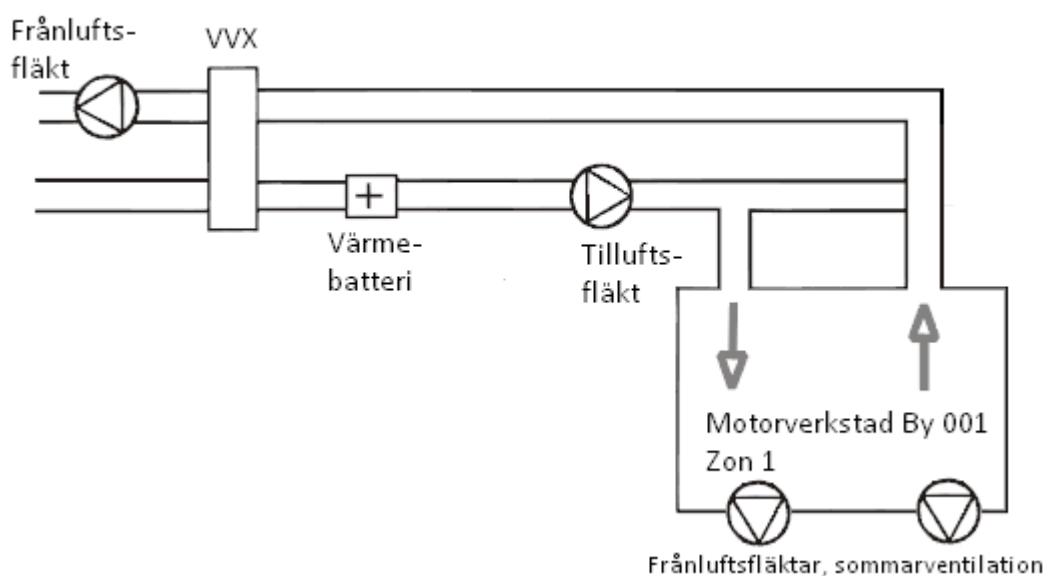


Figur 18. Ritning av byggnad 001 med respektive ventilationszon markerad. Källa: DynaMate.

Det äldsta ventilationsaggregatet i byggnad 001 installerades år 1988 och ventilerar zon 1 som har en golvarea á 2571 m². Aggregatet kan ej varvtalsstyras och har därför ett betydligt högre luftflöde än de nyare, varvtalsstyrda aggregaten i de övriga zonerna, se tabell 2. Luftflödet i zon 1 är uppmätt till 5.9 ls⁻¹m⁻², alltså mer än det dubbla enligt kravet i föreskriften. Aggregatet i zon 1 står därför näst på tur för att bytas ut. En schematisk bild av ventilationsaggregatet i zon ett ges i figur 19.

Tabell 2. Nuvarande luftflöden i byggnadens fyra ventilationszoner.

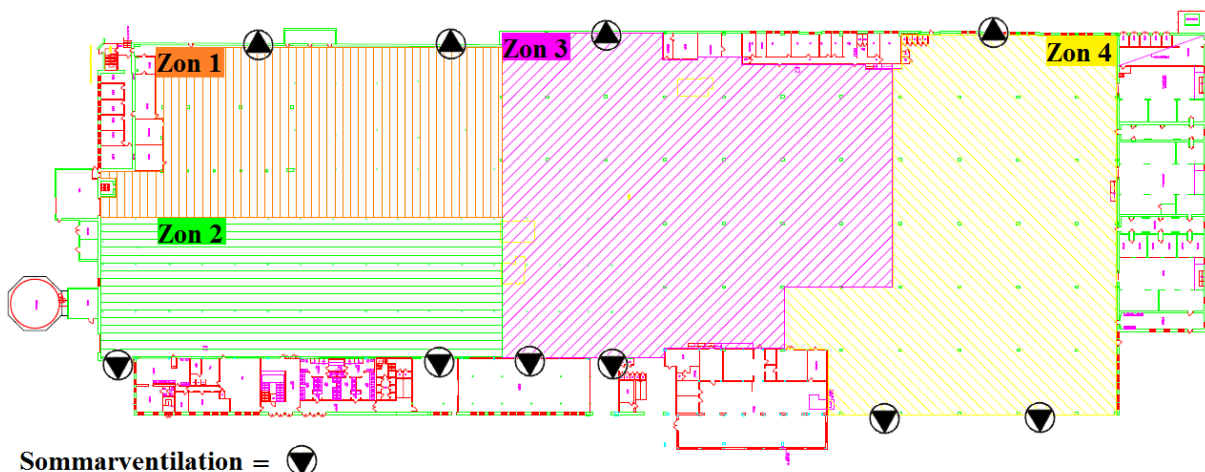
Uppmätt flöde	Zon 1	Zon 2	Zon 3	Zon 4	Medel
Golvarea [m ²]	2571	2259	4498	3952	-
Vinterflöde [l/(s,m ²)]	5,9	2,2	1,9	2,5	3,1
Sommarflöde [l/(s,m ²)]	9,9	8,3	5,8	6,7	7,7



Figur 19. Principskiss över det ventilationsaggregat som är installerat i zon 1, byggnad 001 på Scania idag.

För att uppnå sommarluftflödet finns tio stycken frånluftsfläktar, kallad sommarventilation, installerade i lokalen. Sommarventilationen startas när utetemperaturen överstiger 8.5°C samtidigt som inomhustemperaturen överstiger 20°C . Enligt Scanias föreskrifter ska dock sommarventilationen startas när utetemperaturen överstiger byggnadens balanstemperatur. Enligt data loggad i Energidatabasen är balanstemperaturen 11°C , se bilaga 2. Därför har balanstemperaturen 11°C använts i beräkningarna i rapporten.

Sommarventilationen är placerad för att uppfylla kravet på luftflödet $5.0 \text{ l s}^{-1} \text{ m}^{-2}$ i hela lokalen under sommardriftfallet. I zon 1 innebär det ett sommarluftflöde på $12.9 \text{ m}^3/\text{s}$. Det är rimligt att anta att de olika fläktarnas luftflöde täcker in flera av zonerna då luften cirkulerar fritt i lokalen. För att förenkla beräkningarna görs dock en generell indelning där fläktarna fördelas utifrån frånluftsfläktarnas märkeffekt och zonernas procentuella golvarea, se figur 20. Zon 1 tilldelas därmed två frånluftsfläktar med den sammanlagda märkeffekten 2.35 kW och luftflödena $5 \text{ m}^3/\text{s}$ och respektive $5.5 \text{ m}^3/\text{s}$, se bilaga 1.



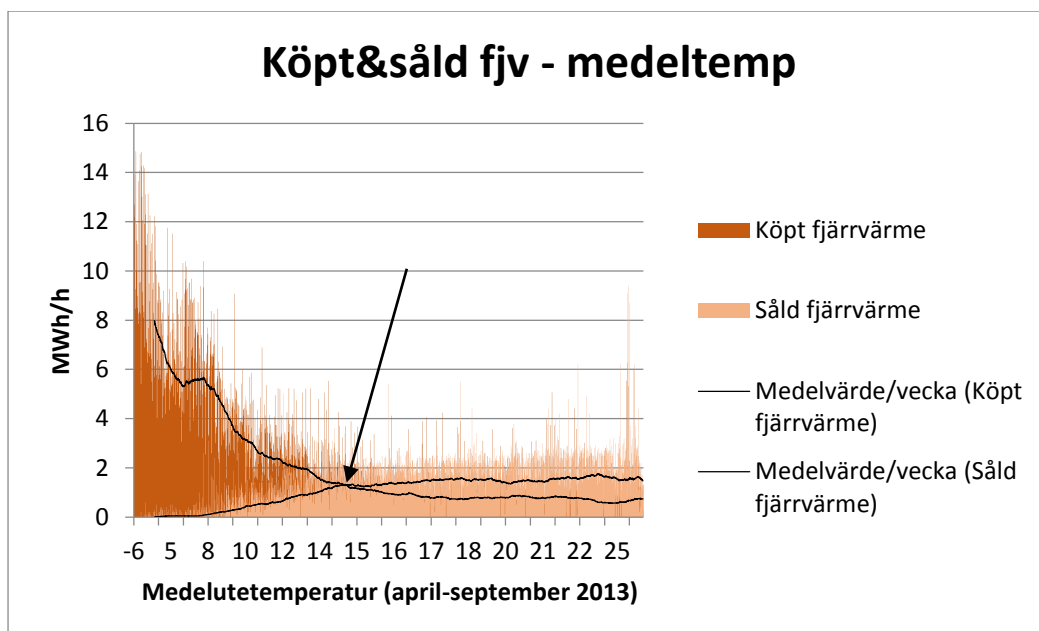
Figur 20. Ritning av byggnad 001 med sommarventilationen schematiskt inritad utifrån författarens indelning.

Värme kan endast bortföras under de tider som utetemperaturen är lägre än önskad inomhustemperatur. Detta leder till att portar och dörrar till bygganden ofta är öppna under sommartid för att skapa ett större genomströmningsflöde av luft.

4.2 Fjärrvärme på Scania

Scanias byggnader värms med fjärrvärme som köps från Telge Energi. En del av det värme (spillvärme) som alstras på Scania kan återvinnas och skickas ut på fjärrvärmenätet. Spillvärmets "säljs" tillbaka till Telge Energi, genom att kvittas mot köpt fjärrvärme på fakturan. Scania får dock aldrig betalt för spillvärmens, även om andelen "såld" fjärrvärme skulle vara större än andelen köpt fjärrvärme. Under sommarhalvåret går användningen av (fjärr)värme ner vilket leder till att fjärrvärmepriset sjunker.

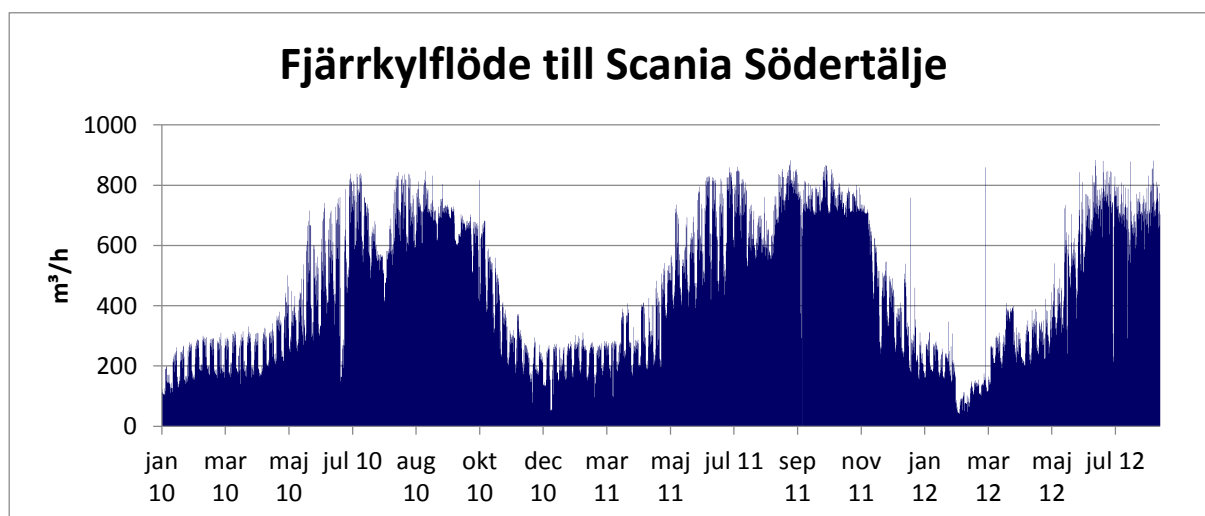
Genom att plotta data från mätarna för köpt och såld fjärrvärme i förhållande till utetemperaturen under april-september månad fås en brytpunkt där fjärrvärmen kan anses vara gratis. Denna brytpunkt inträffar när utetemperaturen är ca 14.8°C, se figur 21.



Figur 21. Figuren visar köpt och såld fjärrvärme i förhållande till medelutetemperaturen på Scania under april-september 2013. Beräknad från värden i Energidatabasen.

4.3 Fjärrkyla på Scania

I Scantias fastigheter används fjärrkyla som distribueras från Telge Energi. Fjärrkylan levereras från Stuggrundet i Mälaren från ett djup på 45 meter. Sjövattnet transporteras i ledningar och fördelas via en kylväxlarstation till kunderna Scania, AstraZeneca och Södertälje centrum. Sjövattnet kyler ventilationsluften i fastigheterna och ger på så sätt en miljövänlig kylning (Telge AB, 2013). Enligt Anders Larsson abonnerar Scania ett maximalt fjärrkylaflöde å 1000 m³/h. Förluster i pumpar och ventiler i systemet leder dock till att maxflödet är drygt 800 m³/h. Under sommarhalvåret utnyttjas kylkapaciteten fullt ut och belastningen på fjärrkylanätet maxas, se figur 22. I figuren kan det även sommarstoppet i juli noteras genom att fjärrkylanvändningen minskar under denna månad.



Figur 22. Kurva som visar fjärrkyla-användningen på Scania från 2010-2012 med tydliga topplaster under sommarmånaderna.

5. Antaganden och beräkningar

I detta kapitel presenteras de antaganden, uppskattningar och förutsättningar som finns vid jämförelse av nya ventilations- och kylsystem i respektive byggnad.

5.1 Val av luftbehandlings- och kylaggregat

De luftbehandlingsaggregat som använts som referens i denna rapport är från Fläkt Woods. Aggregat- och driftdata är simulerad efter författarens önskemål av Fläkt Woods säljare, Ulf Henriksson. För kontorsbyggnaden är aggregatet utrustat med, värmeväxlare samt värme- och kylbatteri, se bilaga 8. Till aggregatet kopplas en luftkyld kylmaskin från Carrier med den nominella kyleffekten 114 kW. Dessutom antas en kylledning å 15 meter anläggas i samband med installationen. Kostnad för installation av kylmaskin inklusive kylledning är uppskattad av DynaMates projektingenjör Stefan Fransson.

För verkstaden, byggnad 001, valdes ett ventilationsaggregat från Fläkt Woods utan kyla. Aggregatet är utrustat med värmeväxlare och värmebatteri, se bilaga 7. Till aggregatet hör även två externa frånluftsfläktar för sommardriftfallet. Kostnad för dessa med regler-, styr, elektricitet och montage är uppskattad av Erik Matsson på DynaMate. Vid uppskattade underhållskostnader i rapporten används Scantias arbetskostnad per timme som är 450 SEK/timme.

De sorptiva kylaggregaten som används i rapporten är från Munters och med produktnamnet DesiCool. Aggregat- och driftdata är simulerade efter författarens önskemål av Munters säljare, Anders Granstrand. För både kontor och verkstad har två storlekar på DesiCool-aggregat, med samma luftflöde jämförts. Detta är för att få en uppfattning om skillnaden på aggregatens prestanda, som förbättras då ett större aggregat väljs. Dock ökar även budgetpriset när ett större aggregat väljs.

Enligt Scantias föreskrifter ska ventilations- och kylaggregat i Södertälje dimensioneras vid $DUT_{\text{sommar}} 27^{\circ}\text{C}$, 50 %RF. Aggregaten ska kunna kyla ner till 15°C . I denna rapport används dock 16°C , för att systemen/aggregaten ska bli jämförbara. Scania använder $DUT_{\text{vinter}} -22^{\circ}\text{C}$ och normalårstemperaturen 6.6°C vid dimensionering av ventilation och kyla.

Avläsning i gradtimmetabellerna görs vid den utetemperatur när kylmaskin respektive sorptivt kylaggregat börjar kyla byggnaden. Det betyder vid utetemperaturen 16°C för kylmaskinen och vid utetemperaturen 20°C för de sorptiva aggregaten. Eftersom normalårstemperaturerna endast finns i hela gradtal uppskattas gradtimmarna vid 6.6°C genom att läsa av tabellen vid både 6°C och 7°C . Sedan görs en beräkning enligt ekvationen:

$$G_{t,kyla}(6.6^{\circ}\text{C}) = G_t(6^{\circ}\text{C}) + (G_t(7^{\circ}\text{C}) - G_t(6^{\circ}\text{C})) * 0.6 [\text{°Ch}] \quad [7]$$

där

$G_{t,kyla}(t)$ = antalet gradtimmar för kylning vid normalårstemperaturen t

0.6 = konstant som motsvarar 0.6 delar av en grad

På Scania inträffar ett sommarstopp i produktionen årligen för semester. I denna rapport antas uppehållet pågå under fyra veckor i juli (1/7-28/7). Dessutom antas att produktionen står still en vecka i samband med juledigheten. Under dessa veckor antas ventilation och kyla vara avstängd, både på kontor och i verkstaden.

5.2 Byggnad 001

Då det inte finns någon kyla installerad i byggnad 001 idag måste kylbehovet uppskattas för att kunna välja dimensionerande luftflöde på det sorptiva kylaggregatet. Luftkvalitetskravet uppfylls vid luftflödet

2.5 ls⁻¹m⁻², 6.43 m³/s. Om kyla installeras är det dock önskvärt att lokalkomforten förbättras under de varma dagarna. Kylbehovet uppskattas genom att studera de befintliga ventilationsaggregaten med avseende på temperatur på tilluft, rumsluft och frånluft under en varm, solig dag, se tabell 3.

Tabell 3. Medelvärdestemperaturer för ventilationsaggregaten i byggnad 001, en solig varm dag.

Utetemperatur [°C]	Tillufts temperatur [°C]	Rums temperatur [°C]	Frånlufts temperatur [°C]	Anmärkning
23	23	25	27,5	Soligt (lunch)

Denna studie visar att rumstemperaturen är 25°C när utetemperaturen är 23°C och frånluftstemperaturen är 27.5°C. För att beräkna tilluftens kylande effekt i lokalen används lokalens medelsommarluftflöde 7.7 ls⁻¹m⁻², 19.8 m³/s. Detta gjordes då luftflödet i zon 1 är så pass högt i dagsläget vilket innebär att medelluftflödet bör ge en mer rättvisande bild av den kylande effekten. Tilluftens kylande effekt i zon 1 blir ca 107 kW eller 42 W/m² enligt ekvation 4:

$$\dot{Q}_{kyla,verkstad} = 19.8 * 1 * 1.2 * (27.5 - 23) \approx 107 \text{ kW} \approx 42 \text{ W/m}^2$$

Om sorptiv kyla installeras med tilluftstemperaturen 16.6°C, luftflödet 6.4 m³/s och kyleffekten 107 kW skulle frånluftstemperaturen bli 30.5°C, enligt:

$$t_{från} = \frac{107}{6.4 * 1 * 1.2} + 16.6 \approx 30.5^\circ\text{C}$$

Eftersom det är högt i tak i lokalen är detta en rimlig frånluftstemperatur, då värmen stiger uppåt. Om tilluften är kyld bör det ändå innebära ett behagligare rumsklimat i vistelsezonen än i fallet med konventionell ventilation. Därmed väljs 6.43 m³/s som dimensionerande luftflöde vid beräkningarna på det sorptiva kylaggregatet.

5.3 LCC-beräkning

När en investering av en ny anläggning eller utrustning ska genomföras är det bra att kunna jämföra den ekonomiska besparingspotentialen. När det gäller energitekniska lösningar jämförs framtida energivinster med kostnaden för att åstadkomma dem. Jämförelsen görs vanligen genom en LCC-kalkyl (LCC = life cycle cost = livscykelkostnad). Kalkylen baseras på nuvärdesmetoden som ger anläggningens/utrustningens totala kostnad under brukstiden baserat på kalkylräntan (Abel, Elmroth, 2007). När investeringens nuvärde ska beräknas jämförs alla in- och utbetalningar med nolldpunkten, dvs. investeringstillfället. Framtida kostnader räknas om till dagens penningvärde med hjälp av kalkylräntan och framtida energiprisökningar (Energimyndigheten, 2011). Kalkylräntan är ett uttryck för hur framtida inkomster värderas jämfört med att ha tillgång till penningmedel idag. Om tillgång på pengar idag anses viktigt jämfört med att få dem i framtiden används en hög kalkylränta. En normal kalkylränta är vanligen tillgänglig upplåningsränta samt ett påslag som motsvarar investerarens ekonomiska situation i stort (Abel, Elmroth, 2007).

I rapporten används kalkylräntan 11 % och är liksom energipriser och årlig prisökning satta efter Scantias specifikationer och avtal, se tabell 4. Underhållskostnaden uppskattas utifrån respektive fall.

Tabell 4. Scantias energipriser år 2013 samt årliga prisökning för respektive energislag som används i LCC-kalkylen.

	Rörlig kostnad	Real prisökning
EI (SEK/MWh)	744	4%
Fjärrvärme sommar (SEK/MWh)	404	2%
Fjärrvärme vinter (SEK/MWh)	534	2%
Tappkallvatten (SEK/m³)	31,5	2%
Underhåll	-	4%

6. Resultatberäkningar

6.1 Kontor

Det dimensionerande luftflödet på CK3 är satt till $7.65 \text{ m}^3/\text{s}$ utifrån det befintliga luftflödet i byggnaden idag. Utifrån dimensionerat luftflöde och $DUT_{\text{somm}}^{\text{mar}}$ erhöles aggregatdata för ett Fläkt Woods-aggregat av typen eQ-079 och två DesiCool-aggregat, DSC 7.5 och DSC 8.5. Budgetpris, SFP-värde och temperaturverkningsgrad enligt säljarna redovisas i tabell 5.

Tabell 5. Budgetpris och angiven aggregatdata för respektive aggregat för CK3.

Aggregat	DSC 7.5	DSC 8.5	FläktWoods
Budgetpris [SEK]	1 000 000	1 075 000	450 000
SFP-värde [kW/(m ³ /s)]	2,5	2,1	2
Temperatur- verkningsgrad [%]	86	86	81

6.1.1 Kyleffekt

Den nominella kyleffekten för kylmaskinen beräknas enligt ekvation 3 till:

$$P_{\text{kyla,kontor}} = 7.65 * 1 * 1.2 * (27 - 16) \approx 101 \text{ kW}$$

Utifrån denna beräkning valdes den luftkylda DX kylmaskinen 38RA-120 från Carrier med nominell kyleffekt 114 kW, vilket var närmst den önskade kyleffekten 101 kW. Budgetpriset 155 000 SEK erhöles från Jan Ryhre på Carrier.

6.1.2 Kyleneenergibehov

Enligt gradtimmetabellen, se tabell 6, för drifttider mellan kl. 9-21 kan det utläsas att vid kylning från utetemperaturen 16°C är antalet gradtimmar 4500°Ch vid normalårstemperaturen 6°C och 5100°Ch vid normalårstemperaturen 7°C . Antalet gradtimmar för kylning i Södertälje med normalårstemperatur 6.6°C uppskattas enligt ekvation 7 till:

$$4500 + (5100 - 4500) * 0.6 = 4860^\circ\text{Ch}$$

För sorptiv kyla, där kylning med tillförsel av extern värmeenergi påbörjas vid 20°C , är antalet gradtimmar 1500°Ch vid 6°C och 1700°Ch vid 7°C . Antalet gradtimmar för kylning med sorptiv kyla i Södertälje uppskattas till:

$$1500 + (1700 - 1500) * 0.6 = 1620^\circ\text{Ch}$$

Tabell 6. Gradtimmetabell för kylning av luft till viss temperatur som funktion av årets normaltemperatur. Drifftid 9-21. Källa: Andersson et al, 2003.

Drifftid 9-21									
Temp, °C	Årets normalårstemperatur, °C								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
20	600	700	800	900	1100	1300	1500	1700	2000
19	900	1000	1100	1300	1500	1800	2100	2400	2800
18	1200	1300	1500	1700	2000	2300	2700	3100	3700
17	1600	1800	2000	2300	2600	3000	3500	4100	4700
16	2000	2300	2600	2900	3300	3900	4500	5100	5900
15	2600	2900	3300	3700	4200	4800	5500	6300	7200

Kylenergibehovet för en kylmaskin i CK3 med luftflödet 7.65 m³/s beräknas med ekvation 2 till:

$$E_{kyla,kontor} = 1.2 * 1 * 7.65 * 4860 = 44615 \text{ kWh} \approx 44.6 \text{ MWh}$$

För sorptiv kyla blir motsvarande kylenergibehov:

$$E_{kyla,kontor} = 1.2 * 1 * 7.65 * 1620 = 14872 \text{ kWh} \approx 14.9 \text{ MWh}$$

För kylning med kylmaskin med köldfaktorn 2 innebär det att det arbete (el) som ska tillföras kompressorn är:

$$\text{Tillfört arbete} = \frac{44615}{2} = 22307 \text{ kWh/år} \approx 22.3 \text{ MWh/år}$$

För kylning med sorptiv kyla med köldfaktorn 0.67 innebär det att det arbete (värmnet) som ska tillföras regenereringsbatteriet är:

$$\text{Tillfört arbete} = \frac{14872}{0.67} = 22196 \text{ Wh/år} \approx 22.2 \text{ MWh/år}$$

6.1.3 Drifftid

På kontoret är ventilationen i drift 12 timmar/dygn under arbetstid. Ventilationen förväntas vara avslagen under övrig tid. Dessutom antas det att kontoret är ”stängt” under de fyra sommarstoppveckorna i juli samt under en vecka i samband med juledigheten. Detta innebär att ventilationens drifftid är ca 2829 timmar/år, se tabell 7.

Tabell 7. Drifftid för ventilation i kontorsbyggnad under ett år.

Ventilation CK3	veckor	dygn	timmar
Vintertid (okt-mars)-1 julvecka, vardagar	25	125	1500
Sommartid (april-sept) med sommarstopp, vardagar	22	111	1329
Total drifftid	47	236	2829

6.1.4 Energibehov

Bortsett från det arbete som krävs för att uppfylla kylenergiebehovet i byggnaden krävs även arbete för att hålla igång fläktarna i aggregaten. Fläkteffekten anpassas efter det kyl/värmebehov som är i byggnaden för stunden, därför kan inte fläktarnas märkeffekt användas vid beräkningarna. Elbehovet för fläktarna i respektive aggregat kan beräknas med hjälp av Beloks verktyg *BELOK Värmeåtervinning* eftersom aggregatens SFP-värde är kända, se bilaga 3. Detta program beräknar även behovet av tillsatsvärme för eftervärmningsbatteriet i respektive aggregat, däremot används inte denna data, då DUT_{vinter} i programmet inte är känd. Istället beräknas behovet av tillsatsvärme med hjälp av *Mall beräkning energibehov ventilation*, se bilaga 4. Fläktarnas elbehov samt behov av tillsatsvärme redovisas i tabell 8.

Tabell 8. Årligt elbehov för fläktarna samt energibehov för tillsatsvärme i respektive aggregat till CK3.

Aggregat	DesiCool 7.5	DesiCool 8.5	Fläkt Woods
Elbehov fläktar [MWh/år]	54	45,4	42,9
Energibehov tillsatsvärme [MWh/år]	0,7	0,7	7,5

För det sorptiva aggregatet krävs även tappkallvatten till den evaporativa kylningen. Tappkallvattenanvändningen är beräknad av Anders Granstrand till 141 m³/år för bägge aggregaten i kontorsfallet, se bilaga 5.

6.1.5 Underhållskostnad

Enligt Fredrik Nordin, chef för fastighetsunderhåll på DynaMate kan underhållskostnaden för en kylmaskin uppskattas till 10 % av maskinens budgetpris. Därför uppskattas underhållskostnaden till 15000 SEK/år. Underhållskostnaden antas vara något högre för de sorptiva aggregaten än för Fläkt Woods-aggregatet i och med de dubbla roterande värmeväxlarna och de evaporativa kylarna. I rapporten beräknas att fem timmars extra underhållsarbete krävs för DesiCool-aggregaten varje år, vilket innebär en kostnad på 5*450 SEK per år. Den årliga underhållskostnaden för Fläkt Woods-aggregatet sätts till 0 SEK eftersom underhållskostnaden i övrigt antas vara densamma för bägge aggregaten.

6.1.6 LCC-beräkning för kontorsbyggnaden

Installationskostnaden för DesiCool och Fläkt Woods aggregat antas vara lika och försummas därför i beräkningarna. Däremot tillkommer installationskostnad för kylmaskinen vilken inkluderar projektledning, materialkostnader samt installation av styr- och el som har uppskattats av Stefan Fransson, se bilaga 6. I tabell 9 sammanställs kostnaden för aggregaten, beräknat elbehov, värmebehov, tappkallvattenbehov och underhållskostnad för respektive aggregat.

Tabell 9. Sammanställning av investeringskostnad och energibehov för drift av respektive aggregat i kontorsbyggnaden.

Kontor CK3			
Aggregat	DSC 7.5	DSC 8.5	FläktWoods
Kostnad aggregat	1 000 000	1 075 000	450 000
Kostnad kylmaskin	-	-	155 000
Installation kylmaskin	-	-	466 000
Investeringskostnad	1 000 000	1 075 000	1 071 000
Elbehov kylmaskin [MWh/år]	-	-	22,3
Elbehov fläktar [MWh/år]	54	45,4	42,9
Värmebehov, reg.batteri [MWh/år]	14,9	14,9	-
Tillsatsvärme [MWh/år]	0,7	0,7	7,5
Underhållskostnad [kr/år]	2250	2250	15000
Tappkallvatten [m³/år]	141	141	-

I tabell 10 följer LCC-kalkylen för de tre kyllosningarna för kontorsbyggnaden. Brukstiden är satt till 20 år. Fjärrvärmekostnaden sätts till 0 SEK eftersom det finns tillgång till gratis spillvärme när utetemperaturen är över 20°C.

Tabell 10. LCC-kalkyl för kontorsbyggnaden där fjärrvärmen är gratis i form av spillvärme.

Kontor, CK3			
Aggregat	DSC 7.5	DSC 8.5	FläktWoods
Investeringskostnad	1 000 000	1 075 000	1 071 000
<i>Årliga kostnader</i>			
Fjärrvärmekostnad	400	400	4 000
Elkostnad	40 000	34 000	49 000
Tappkallvattenkostnad	4 500	4 500	-
Underhållskostnad	2 250	2 250	15 000
<i>Nuvärdeskostnad (totalt)</i>			
Energikostnad	470 000	400 000	550 000
Underhållskostnad	25 000	25 000	160 000
Livscykelkostnad	1 495 000	1 500 000	1 781 000

LCC-beräkningen visar att sorptiv kyla har en lägre livscykelkostnad än kylning med de luftkylda kylmaskinen. Det sorptiva kylaggregatet DSC 7.5 har den lägsta livscykelkostnaden. Däremot har det större DesiCool-aggregatet DSC 8.5 en lägre total energikostnad under brukstiden.

Om Scantias fjärrvärmepris för sommaren används blir LCC-beräkningen för kontoret istället enligt tabell 11:

Tabell 11. LCC-kalkyl för kontorsbyggnaden med ordinarie pris på fjärrvärmen.

Kontor, CK3			
Aggregat	DSC 7.5	DSC 8.5	FläktWoods
Investeringskostnad	1 000 000	1 075 000	1 071 000
<i>Årliga kostnader</i>			
Fjärrvärmekostnad	9 000	9 000	4 000
Elkostnad	40 000	34 000	49 000
Tappkallvattenkostnad	4 500	4 500	-
Underhållskostnad	2 250	2 250	15 000
<i>Nuvärdeskostnad (totalt)</i>			
Energikostnad	550 000	480 000	550 000
Underhållskostnad	25 000	25 000	160 000
Livscykelkostnad	1 575 000	1 580 000	1 781 000

LCC-beräkningen visar att sorptiv kyla har en lägre livscykelkostnad än den luftkylda kylmaskinen även när ordinarie fjärrvärmepris används i beräkningarna. Även i detta fall är energikostnaden billigast för DSC 8.5. Däremot är energikostnaden dyrare för DSC 7.5 än för den luftkylda maskinen i detta fall.

6.2 Verkstad

Det dimensionerande luftflödet sätts till 6.43 m³/s för både sorptiv kylning och konventionellt ventilationsaggregat i verkstadslokalen. Utifrån dimensionerande luftflöde och DUT_{sommar} erhålls aggregatdata för ett Fläkt Woods-aggregat av typen eQ-079 och två DesiCool-aggregat, DSC 6.0/6.5 och DSC 7.5. Budgetpris, SFP-värde och temperaturverkningsgrad redovisas i tabell 12.

Tabell 12. Budgetpris och angiven aggregatdata för respektive aggregat för byggnad 001.

Verkstadslokal, by001, zon 1

Aggregat	DSC 6.0/6.5	DSC 7.5	FläktWoods
Budgetpris [SEK]	850 000	1 000 000	610 000
SFP-värde [kW/(m ³ /s)]	2,6	2,1	1,9
Temperaturverkningsgrad [%]	86	86	83

Enligt Erik Matsson på DynaMate uppskattas kostnaden för två nyinstallerade frånluftsfläktar för sommarventilation i byggnad 001, zon 1 till 280 000 SEK.

6.2.1 Kylenergibehov

Enligt gradtimmetabellen, se tabell 13, för kontinuerlig drifttid (hela dygnet) kan det utläsas att vid kylning från utetemperaturen 20°C är antalet gradtimmar 1700°C_h vid normalårstemperaturen 6°C och 2000°C_h vid normalårstemperaturen 7°C. Antalet gradtimmar för kylning med sorptiv kyla i Södertälje uppskattas enligt ekvation 7 till:

$$1700 + (2000 - 1700) * 0.6 = 1880^{\circ}\text{C}_h$$

Tabell 13. Gradtimmetabell för kylning av luft till viss temperatur som funktion av årets normaltemperatur. Drifttid: Hela dygnet. Källa: Andersson et al, 2003.

Drifttid: Hela dygnet									
Temp, °C	Årets normalårstemperatur, °C								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
20	600	750	900	1050	1200	1400	1700	2000	2400
19	900	1100	1300	1500	1700	1900	2300	2700	3300
18	1300	1500	1700	2000	2200	2600	3100	3600	4400
17	1700	2000	2300	2600	3000	3400	4100	4900	5900
16	2200	2600	3000	3400	3900	4500	5400	6400	7600
15	2900	3400	3800	4400	5100	5900	7000	8200	9700

Kylenergibehovet för ett sorptivt kylaggregat i ventilationszon 1 i verkstaden med luftflödet 6.43 m³/s beräknas med ekvation 2 till:

$$E_{kyla,verkstad} = 1.2 * 1 * 6.43 * 1880 = 14506 \text{ kWh} \approx 14.5 \text{ MWh}$$

För kylning med sorptiv kyla och köldfaktorn 0.67 innebär det att det arbete (värmets) som ska tillföras regenereringsbatteriet är:

$$\text{Tillfört arbete} = \frac{14506}{0.67} = 21651 \text{ Wh/år} \approx 21.7 \text{ MWh/år}$$

Eftersom verkstadslokalen inte kylv idag innebär det att kylenergibehovet inte behöver beräknas vid installation av ett nytt konventionellt ventilationsaggregat.

6.2.2 Drifttid

Det bör dock uppskattas hur många timmar om året som sommarventilationen används. Sommarventilationen ska starta när utetemperaturen är $\geq 11^{\circ}\text{C}$. Enligt varaktighetsdiagrammet för Stockholm (VVS handboken) innebär det ungefär 4060 timmar/år. Av dessa timmar består 1160 timmar av helgdagar. Dessutom bör de flesta av dessa timmar inträffa under sommarstoppet, fyra veckor i juli. Med dessa antaganden kommer sommarventilationen att användas 2420 timmar/år, se tabell 14.

Tabell 14. Beräkning av drifttimmar för sommarventilationen i byggnad 001.

Sommarventilation	veckor	dygn	timmar
Utetemp $\geq 11^{\circ}\text{C}$	24,2	169,2	4060
Vardagar	24,2	120,8	2900
Sommarstopp, vardagar	4,0	20,0	480
Total drifttid	20,2	100,8	2420

Övrig ventilation är igång året om, 24 timmar om dygnet under arbetstid. Övrig tid antas ventilationen vara avstängd. Verksamheten är stoppad under de fyra sommarstoppveckorna i juli samt under en vecka i samband med juledigheten. Med dessa antaganden är ventilationens drifttid ca 5657 timmar/år, se tabell 15.

Tabell 15. Drifttid för ventilationsaggregat i verkstaden.

Ventilation by001	veckor	dygn	timmar
Vintertid (okt-mars) – 1 julvecka, vardagar	25	125	3000
Sommartid (april-sept) med sommarstopp, vardagar	22	111	2657
Total drifttid	47	236	5657

6.2.3 Energibehov

Bortsett från det arbete som krävs för att uppfylla kylenergibehovet i byggnaden krävs även arbete för att driva fläktarna i aggregaten. Fläkteffekten anpassas efter det kyl/värmebehov som är i byggnaden för stunden, därför kan inte fläktarnas märkeffekt användas vid beräkningarna. Elbehovet för fläktarna i respektive aggregat beräknas med hjälp av Beloks verktyg *BELOK Värmeåtervinning* eftersom aggregatens SFP-värde är kända. Behovet av tillsatsvärme för eftervärmningsbatteriet i respektive aggregat beräknas med hjälp av *Mall beräkning energibehov ventilation*, se bilaga 4.

Sommarventilationen körs med konstant effekt under de timmar den är påslagen. Elbehovet till sommarventilationen beräknas genom:

$$Elbehov_{sommarent} = P_{m\ddot{a}rk,fl\ddot{a}ktar} * drifttid [kWh/\ddot{a}r] \quad [8]$$

$P_{m\ddot{a}rk,fl\ddot{a}ktar}$ = den sammanlagda märkeffekten i kW

$drifttid$ = total drifttid under ett år i timmar

$$Elbehov_{sommarent} = 2.35 * 2420 = 5687 kWh/\ddot{a}r \approx 5.7 MWh/\ddot{a}r$$

Fläktarnas elbehov samt behov av tillsatsvärme redovisas i tabell 16.

Tabell 16. Elbehov och värmebehov för tillsatsvärme för aggregaten i zon 1 i verkstadslokalen.

Aggregat	DesiCool 6.0/6.5	DesiCool 7.5	Fläkt Woods
Elbehov fläktar [MWh/år]	95	77	70
Energibehov tillsatsvärme [MWh/år]	1,9	1,9	9,5
Elbehov sommarventilation [MWh/år]	-	-	5,7

För det sorptiva aggregatet krävs även tappkallvatten till de evaporativa luftkylarna. Tappkallvattenanvändningen är beräknad av Anders Granstrand till 237 m³/år för bägge aggregaten i verkstadsfallet, se bilaga 5.

6.2.4 Underhållskostnad

Underhållskostnaden antas vara något högre för de sorptiva aggregaten än för Fläkt Woods-aggregatet i och med de dubbla roterande värmeväxlarna och de evaporativa kylarna. I verkstadsfallet ska dock underhållet för sommarventilationen läggas till Fläkt Woods-aggregatet. Därför antas att underhållskostnaderna är densamma för samtliga kyllösningar och sätts därför till 0 SEK per år.

6.2.5 LCC-beräkning för verkstaden

Installationskostnaden för DesiCool och Fläkt Woods aggregat antas vara lika och försummas därför i beräkningarna. Däremot tillkommer material- och installationskostnaden för sommarventilationen till Fläkt Woods-aggregatet vilken är uppskattad av Erik Matsson. I tabell 17 sammanställs kostnaden för aggregaten, beräknat elbehov, värmebehov, tappkallvattenbehov och underhållskostnad för respektive aggregat.

Tabell 17. Sammanställning av investeringskostnad och energibehov för drift av respektive aggregat i zon 1 i verkstadslokalen.

<i>Verkstad, by001</i>			
Aggregat	DSC 6.0/6.5	DSC 7.5	FläktWoods
Kostnad aggregat	850 000	1 000 000	610 000
Kostnad sommarventilation	-	-	280 000
Investeringskostnad	850 000	1 000 000	890 000
Elbehov fläktar [MWh/år]	95	77	70
Elbehov sommarfläktar [MWh/år]	-	-	5,7
Totalt elbehov [MWh/år]	95	77	76
Värmebehov, reg.batteri [MWh/år]	21,7	21,7	-
Tillsatsvärme [MWh/år]	1,9	1,9	9,5
Tappkallvatten [m³/år]	237	237	-

I tabell 18 följer LCC-kalkylen för de tre ventilations- och kylösningarna i verkstaden. Brukstiden är satt till 20 år och underhållskostnaden försummas, då den antas vara likvärdig för de olika alternativen.

Tabell 18. LCC-kalkylen för verkstaden.

Verkstad, byggnad 001			
Aggregat	DSC 6.0/6.5	DSC 7.5	FläktWoods
Investeringskostnad	850 000	1 000 000	890 000
<i>Årliga kostnader</i>			
Fjärrvärmekostnad	1 000	1 000	5 000
Elkostnad	71 000	57 000	56 000
Tappkallvattenkostnad	7 500	7 500	-
<i>Nuvärdeskostnad (totalt)</i>			
Energikostnad	820 000	675 000	640 000
Livscykelkostnad	1 670 000	1 675 000	1 530 000

LCC-beräkningen visar att det konventionella ventilationsaggregatet från Fläkt Woods har en lägre livscykelkostnad än kylning med sorptiv kyla. Detta beror på att fläktarna i de sorptiva aggregaten har ett högre elbehov än det konventionella aggregatet.

Om Scantias fjärrvärmepris under sommarhalvåret används blir LCC-beräkningen för verkstaden istället enligt tabell 19:

Tabell 19. LCC-kalkyl för verkstadslokalen med ordinarie pris på fjärrvärmen.

Verkstad, byggnad 001			
Aggregat	DSC 6.0/6.5	DSC 7.5	FläktWoods
Investeringskostnad	850 000	1 000 000	890 000
<i>Årliga kostnader</i>			
Fjärrvärmekostnad	10 000	10 000	5 000
Elkostnad	71 000	57 000	56 000
Tappkallvattenkostnad	7 500	7 500	-
<i>Nuvärdeskostnad (totalt)</i>			
Energikostnad	900 000	760 000	640 000
Livscykelkostnad	1 750 000	1 760 000	1 530 000

Om fjärrvärmens ordinarie sommarpris antas blir energikostnaden ännu större för de sorptiva aggregaten. Alltså blir det ännu större skillnad i livscykelkostnad mellan de sorptiva aggregaten och Fläkt Woods-aggregat. Det är alltså inte lönsamt att installera sorptiv kyla i Scantias verkstäder.

7. Analys

I detta avsnitt analyseras resultaten av fallstudien med avseende på ekonomisk och energimässig lönsamhet.

7.1 Kontor

I kontorsfallet där komfortkyla finns installerat idag visar LCC-beräkningarna att sorptiv kyla är ett lönsamt alternativ jämfört med en luftkyld kylmaskin. Vid ominstallation av komfortkyla i befintliga kontorsbyggnader där kylledningar och fjärrkyla finns framdraget är det troligen mest lönsamt att förnya befintligt system. Vid nybyggnation av kontorslokaler eller på platser där fjärrkyla inte finns tillgängligt är sorptiv kyla däremot ett bra alternativ. Fjärrvärme ska ändå anslutas till byggnaden för att värma byggnaden under vinterhalvåret. Detta skulle innebära en minskad totalkostnad eftersom ingen kylmaskin eller fjärrkyla med tillhörande kylledningar behöver anläggas. Dessutom får spillvärmets användningsområde under sommarhalvåret samtidigt som användningen av den utbyggda fjärrkylan kan optimeras. Detta innebär ett energieffektivt kylsystem som tar tillvara på den energi (spillvärmets) som annars inte utnyttjas.

Med de energipriser som Scania i Södertälje har idag är sorptiv kyla ett lönsamt alternativ även när fjärrvärmens inte är gratis. Alltså kan sorptiv kyla vara ett bra alternativ även i områden där det inte finns tillgång till spillvärme. Detta innebär att sorptiv kyla kan vara ett ekonomiskt lönsamt och energieffektivt alternativ även på Scantias södra och västra industriområde, särskilt om fjärrkyla inte kan utnyttjas. Värmeenergi är en mer lågvärdig energiform jämfört med elenergi vilket även det ger sorptiv kyla fördelar jämfört med luftkyld maskinkyla, särskilt då spillvärme och billig fjärrvärme finns att tillgå på Scania under sommarhalvåret. Det kan därmed fastslås att sorptiv kyla är ett lönsamt och energieffektivt alternativ för kylning av Scantias kontorsbyggnader i framtiden.

LCC-beräkningarna visar att DSC 8.5, alltså det större av de sorptiva aggregaten, har en något högre livscykelkostnad än DSC 7.5. Det större aggregatet väger mer och är större, men om utrymme finns bör ändå detta aggregat väljas. Elbehovet är nästan 10 MWh mindre per år för det större aggregatet, vilket gör det mer energieffektivt. Dessutom blir elbehovet för fläktdriften nästintill detsamma som för Fläkt Woods-aggregatet när DSC 8.5 väljs. Fjärrvärmebehovet är dock detsamma för båda DesiCool-aggregaten eftersom de har samma dimensionerande luftflöde. Detta innebär energivinster i form av besparing på elanvändningen, även om den totala LCC-kostnaden är större för DSC 8.5 än för DSC 7.5.

Tabell 20. Beräknat elbehov för aggregatens fläktar i kontorsbyggnaden.

Aggregat	DSC 7.5	DSC 8.5	FläktWoods
Elbehov fläktar [MWh/år]	54	45,4	42,9

7.2 Verkstad

Energibehovsberäkningarna visar att elbehovet för fläktdriften är högre för sorptiv kyla än för konventionella luftbehandlingsaggregat i både verkstad och kontor. Detta gäller även när sommarventilationens fläktdrift adderas till ventilationsaggregatet i verkstaden. Alltså är elkostnaden för att driva fläktarna i de sorptiva aggregaten alltid högre än för standardaggregaten. Då verkstäderna ”kyls” med forcerade luftflöden istället för fjärrkyla/kylmaskin så är fläktdriften den enda energikostnaden för att ”kyla” byggnad 001. Fjärrvärmekostnaden har därför ingen betydelse i

verkstadsfallet, eftersom energikostnaden är högre sett till aggregatens respektive fläkt-elbehov. Slutsatsen är att det varken är lönsamt eller energieffektivt att installera sorptiv kyla i Scantias verkstäder.

Tabell 21. Beräknat elbehov för aggregatens fläktar i verkstadslokalen.

Aggregat	DSC 6.0/6.5	DSC 7.5	FläktWoods inkl. sommarventilation
Elbehov fläktar [MWh/år]	95	77	76

En aspekt som inte vägs in i LCC-kalkylen är arbetsförhållandena i lokalen. Om kyld tilluft skulle installeras skulle troligen lokalkomforten öka vilket i sin tur skulle kunna leda till förbättrad arbetsprestation. Förbättrade arbetsförhållanden i form av lägre rumstemperatur borde kunna öka produktiviteten hos de anställda. Dessutom bör lägre temperaturer vara bättre för produktions- och mätutrustning i verkstadslokalerna. I detta fall är dock frågan om det är tillräckligt med ett sorptivt kylaggregat eller om flera aggregat skulle behöva installeras för att effekten ska bli tillräcklig. Beroende på verksamhet kan det ändå vara ett alternativ att se över, åtminstone i de fall där gratis fjärrvärme (spillvärme) finns att tillgå. I denna rapport är beräkningarna gjorda där tilluften från bägge alternativen har samma kylande effekt. Dock ger det större DesiCool-aggregatet utrymme för att öka det dimensionerande luftflödet något vid behov vilket skulle ge en högre kyleffekt.

Även om sorptiv kyla inte är ett lönsamt alternativ för verkstäderna i dagsläget så bör driften av sommarventilationen ses över. I dagsläget startar sommarventilationen när utetemperaturen överstiger 8.5°C samtidigt som rumstemperaturen överstiger 20°C. Balanstemperaturen i byggnad 001 ligger dock runt 11°C. Även rumstemperaturens börvärde är lågt och bör höjas. Ett rimligt börvärde är 22°C för rumstemperaturen, då det är den lokaltemperatur som Scania använder i sina föreskrifter. Dessutom har rumstemperaturen aldrig varit under 22°C när utetemperaturen varit $\geq 8.5^\circ\text{C}$ vid de tillfällen som ventilationsaggregat och rumstemperatur studerats i samband med denna rapport. Genom att höja sommarventilationens börvärden kan energi sparas eftersom drifttiden för sommarventilationen då minskar. Om detta ska verkställas bör en mer noggrann utredning av byggnadens balanstemperatur göras.

7.3 Sorptiv kyla generellt

Generellt sett är de sorptiva kylaggregat som är något överdimensionerade att föredra gentemot de mindre aggregaten. SFP-värdena blir lägre när större aggregat väljs och förlusterna genom aggregaten blir därmed mindre. Prestandan förbättras alltså eftersom aggregatets komponenter inte behöver belastas lika mycket. Detta leder till en markant skillnad i driftkostnad. Denna aspekt kan vara värd att väga in vid val av storlek på sorptiva kylaggregat om tekniken används i Scantias lokaler i framtiden.

Tabell 22. Skillnad i DesiCool aggregatens energikostnad när större och mindre aggregat väljs.

	Verkstad, by001		Kontor, CK3	
Dimensionerande luftflöde [m³/s]	6.43		7.65	
Aggregat	DSC 6.0/6.5	DSC 7.5	DSC 7.5	DSC 8.5
SFP-värde [kW/(m³/s)]	2.6	2.1	2.5	2.1
Total nuvärdeskostnad energikostnad [SEK]	816 893	675 018	466 138	398 353
Skillnad energikostnad	141 875	17 %	67 785	15 %

En annan aspekt som inte kommer med i LCC-kalkylen är att de sorptiva aggregaten är en ny teknik för Scania. En främmande teknik har generellt svårare att "slå sig in" på marknaden. De sorptiva aggregaten kan uppfattas som svåra, då de har fler komponenter än standardaggregaten. Dessutom kan detta innebära en osäkerhet kring styrning och drift, vilket ändå gör att det tryggare alternativet, kompressorkyla, väljs. Det är ju dessutom en främmande tanke att använda fjärrvärme för att kyla byggnader på sommaren. Ur ett energimässigt perspektiv finns det dock mycket att vinna genom att installera sorptiv kyla.

Nackdelen med användning av sorptiv kyla är att aggregaten har ett högre elbehov för att driva fläktarna jämfört med konventionella ventilationsaggregat. Det är också anledningen till att tekniken inte blir lönsam att använda i verkstadslokalerna på Scania, där ingen kyla är installerad idag.

I övrigt kan den höga kalkylräntan på 11 % ifrågasättas. För att uppfylla de klimatmål som finns i Sverige idag bör det också finnas incitament för att kunna uppfylla dessa. Med höga kalkylräntor kan det visa sig att energieffektiva tekniker som sorptiv kylning och fjärrkyla inte är lönsamma att investera i, då pay back tiden är för lång. Byggnader och ventilationsaggregat har dessutom en lång livslängd vilket innebär att investeringar är svåra att motivera i de fall när kalkylräntan är hög. För att uppnå miljö- och energimål kan det därför vara en god idé att fundera en extra gång vid beräkningar med en hög kalkylränta när det gäller investeringar av byggnader och klimatstyrande installationer.

8. Slutsatser och förslag på vidare studier

Studien har visat att sorptiv kyla är ett energieffektivt och lönsamt alternativ i lokaler som är kylda med konventionell kompressorkyla. Det finns flera fördelar för Scania att på sikt installera sorptiv kyla istället för konventionell kyla. På Scania där tillgång till gratis, eller åtminstone billig, fjärrvärme finns under sommarhalvåret blir energikostnaderna för kylning låga med sorptiv kyla. I den utsträckning som spillvärme kan användas blir tekniken miljövänlig då spillvärmets inte har något annat användningsområde under sommarhalvåret. Dessutom kan belastningen på fjärrkylanätet avlastas på sikt eftersom kyllasttopparna kan tas omhand genom kylning med fjärrvärme. Vid sorptiv kylning kommer det totala kylenergiebehovet att minska jämfört med konventionell kylning eftersom den sorptiva kylprocessen startas först vid utetemperaturen 20°C. Konventionell kylning startas däremot vid utetemperaturen 16°C.

Studien har också visat att både sorptiva kylaggregat och nya ventilationsaggregat har hög temperaturverkningsgrad. Detta innebär att behovet av tillsatsvärme blir liten eller som i det sorptiva fallet, nästintill ingen. Det kan därför vara intressant att undersöka hur många äldre ventilationsaggregat som finns i Scantias lokaler. Om dessa byts ut mot nya effektiva aggregat kan detta leda till stora energivinster. Detta gäller både tillsatsvärme och elbehov till aggregatets fläktar, särskilt om de äldre aggregaten saknar varvtalsstyrning, liksom i zon 1 i byggnad 001.

Förslag på vidare studier skulle kunna vara att undersöka hur personal och produktionsutrustning påverkas av de temperaturer som uppstår i lokalen under sommartid. Särskilt då alternativet med sorptiv kyla finns, eftersom skillnaden i elanvändning är relativt liten mellan det stora DesiCool-aggregatet och lösningen med ökade luftflöden.

Det kan också vara intressant att undersöka hur möjligheten för vidareutbyggnad av fjärrkylanätet ser ut. Kanske är detta en bättre lösning, både energimässigt och ekonomiskt jämfört med sorptiv kyla.

Käll- och litteraturförteckning

Litteratur

E. Abel, A. Elmroth, *Byggnaden som system*. Formas, 2008.

J. Andersson, L-O, Matsson, S. Gehlin, *VVS 2000 tabeller & diagram. Meteorologi och klimatologi*. 2003 Förlags AB VVS, Västerås 2003.

C. Warfvinge, *Installationsteknik AK för V*. Studentlitteratur, Lund 2007.

C. Warfvinge, M. Dahlbom, *Projektering av VVS-installationer*. Studentlitteratur, Lund 2010.

Rapporter

Arbetsmiljöverket, *Arbetsplatsens utformning*. AFS (Arbetsmiljöverkets författningssamling) 2009:2

S. Aronsson, B. Bergsten, *Energieffektivisering i komfortkylsystem*. Effektiv, rapportnummer: 2001:06, 2001.

Boverkets författningssamling, BBR 19, BFS 2011:26

Energimyndigheten (Carlsson, Tore), *Energihushållning i industrier*, 2006. ID-nr ET2006:39

Fläkt Woods, *Teknisk handbok luftbehandlingsteknologi*. FWG-ClimaFläkt Chillers CatalogueSE 2009.03-8399. Tillgänglig online på: <http://www.flaktwoods.no/0/0/2/4293030b-bd15-4dad-9904-d9a0217086fa> (2013-04-11)

L. Jensen, *Värmebehovsberäkning, kursmaterial installationsteknik FK*, 2001. Tillgänglig online på: <http://www.lth.se/fileadmin/hvac/files/varmebeh.pdf> (2013-04-22)

Munters AB, *DesiCool – omvandlar värme till kyla*. Munters AB Europe, 2008. Tillgänglig online på: <http://www.munters.se/upload/Related%20product%20files/Broschyr%20DesiCool.pdf> 2013-05-30

P-E. Nilsson, *Komfortkyla*. Effektiv, rapportnummer: 2001:01.

L. Davidsson, *Fuktig luft, termisk komfort Mollierdiagrammet*. Ahlsell kyl. Tillgänglig online på: http://www.simula.se/FTG/LatHund/Venti/fuktig_luft.pdf (2013-09-16)

Elektroniska källor

Energimyndigheten, *Beräkna LCC* (2010),

<http://www.energimyndigheten.se/sv/Foretag/Energieffektivisering-i-foretag/Finansiering-och-inkop/Livscykelkostnad/Berakna-LCC/> (2013-10-01)

Energimyndigheten, *Livscykelkostnad LCC* (2011),

<http://www.energimyndigheten.se/sv/Foretag/Energieffektivisering-i-foretag/Finansiering-och-inkop/Livscykelkostnad/> (2013-10-10)

SMHI, *Luftfuktighet* (2012), <http://www.smhi.se/kunskapsbanken/meteorologi/luftfuktighet-1.3910> (130926)

DynaMate AB. *Vad vi gör* (2012). <http://www.dynamate.se/om-dynamate/vad-vi-gor/> (2013-10-04)

Scania AB. *Scania-koncernen* (2012a). <http://scania.se/om-scania/scania-koncernen/> (2013-10-04)

Scania AB. *Historia* (2012b). <http://scania.se/om-scania/historia/> (2013-10-04)

Scania AB. *Sweden, Södertälje* (2013). <http://www.scania.com/scania-group/scania-around-the-world/production-units/sodertalje.aspx> (2013-10-04)

Telge AB. *Vanliga frågor om fjärrkyla* (2013). <http://www.telge.se/Fjarrvarme-energitjanster/Fjarrkyla/Vanliga-fragor-om-fjarrkyla/> (2013-10-28)

Personlig intervju

Anders Granstrand, säljare av DesiCool aggregat på Munters AB, mötet inträffade 2013-10-08.

Bilaga 1: Fördelning av sommarventilation i byggnad 001

Tabell 23. Lista över de frånluftsfläktar (sommarentilation), med dimensionerat luftflöde och installerad effekt, som är installerade i byggnad 001.

Sommar-ventilation	Flöde (m ³ /s)	Effekt (kW)
FF182	5,5	1
FF183	5,5	1
FF184	5,5	1
FF185	5,5	1
FF102	5	1,35
FF103	5	1,35
FF104	5	1,35
FF111	5	1,35
FF112	5	1,35
FF113	5	1,35

Då det finns fyra fläktar med märkeffekten 1 kW och dimensionerande luftflöde 5.5 m³/s, fördelas dessa till varsin ventilationszon. De övriga sex fläktarna fördelas sedan i förhållande till zonernas procentuella golvarea i förhållande till lokalens totala area. Utifrån zonareorna beräknas vilket luftflöde sommarfläktarna bör förse respektive zon med, se tabell 24.

Tabell 24. Antaget sommarventilationsflöde i respektive zon indelat utifrån zonernas golvarea.

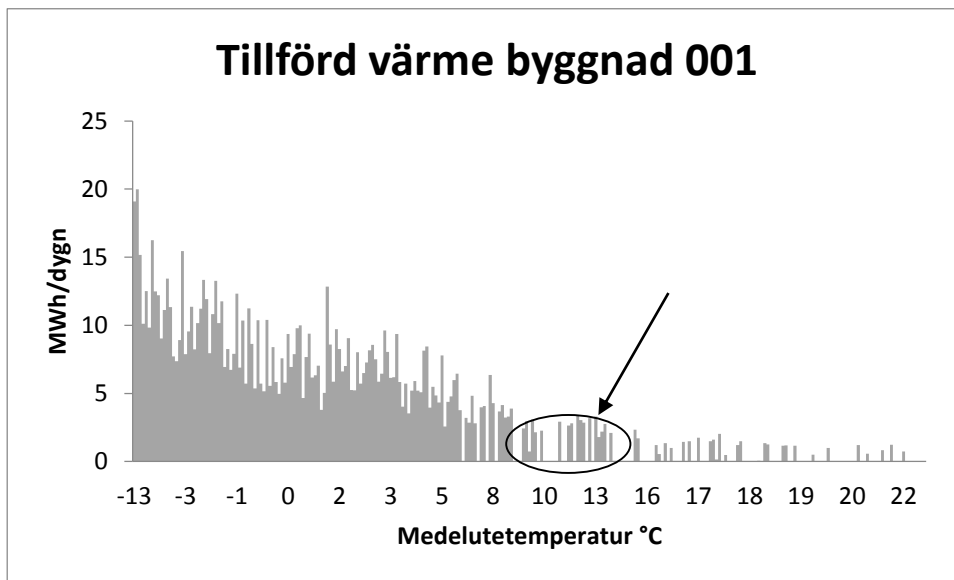
Byggnad 001	Zon 1	Zon 2	Zon 3	Zon 4	Totalt
Area [m ²]	2571	2259	4498	3952	13280
Procentuell area [%]	19%	17%	34%	30%	100%
Sommarvent fördelning (procentuell area) (m ³ /s)	10,1	8,8	17,6	15,5	52

Utifrån det procentuella luftflödet fördelas de sex fläktarna med luftflöde 5.0 m³/s så att de totala luftflödena från sommarventilationen i respektive zon blir:

Tabell 25. Författarens indelning av sommarventilationens 10 frånluftsfläktar.

Byggnad 001	Zon 1	Zon 2	Zon 3	Zon 4	Totalt
Sommarvent författarens indelning (m ³ /s)	10,5	10,5	15,5	15,5	52
Antal frånluftsfläktar [st]	2	2	3	3	10
Total märkeffekt [kW]	2,35	2,35	3,7	3,7	12,1

Bilaga 2: Balanstemperatur i byggnad 001



För att ta fram byggnadens balanstemperatur studerades mätarna för tillförd värme (per dygn) i förhållande till medelutetemperaturen från april-september 2013. Genom att plotta dessa värden fås en tydligt nedåtgående kurva ju högre utetemperaturen är. När utetemperaturen ligger runt 10°C blir det glesare mellan staplarna för den tillförda värmen. Därför kan byggnadens balanstemperatur antas ligga mellan 10-15°C. Då verksamheten i lokalen är relativt värmealstrande är det rimligt att anta att balanstemperaturen ligger i det nedre temperaturspannet, alltså antas en balanstemperatur på 11°C.

Bilaga 3: BELOK värmebehovsberäkning



Indata i Belok värmeåtervinning, CK3.
DSC 7.5

Energipriser

Energipris på el [kr / kWh]
Energipris på värme [kr / kWh]

Byggnaden

Typ av fastighet
Fastighetsbeteckning
Adress
Stad
Klimatfil
Uppvärmd area, A-Temp [m²]
Frånluftstemperatur [°C]
Inblåsningstemperatur [°C]
Specifik-FläktEffekt [kW/(m²/s)]
Flöde [m³/s]
Verkningsgrad värmeåtervinning [%]
Typ av system

Drifttider

Startid 1	Stopptid 1	Startid 2	Stopptid 2
9:00	21:00	0	0
Ventilationen är avstängd under perioden		Första avstängda dagen	Sista avstängda dagen
		1/7	28/7
Ventilationen stängs av på helg ☒			
Antal dagar per år ventilationen stängs av på grund av nationella helgdagar.			
7,5			

Figur 23. Indata i programmet BELOK värmeåtervinning, kontorsbyggnaden, specifikt aggregatet DSC 7.5.

Energipriser

Energipris på el [kr / kWh]
Energipris på värme [kr / kWh]

Byggnaden

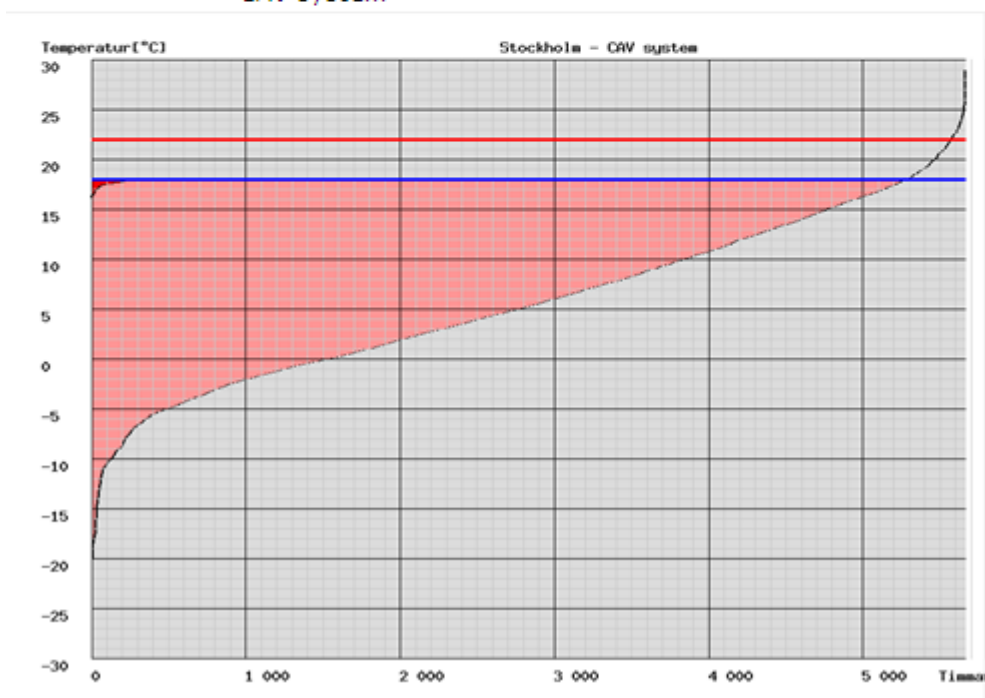
Typ av fastighet
Fastighetsbeteckning
Adress
Stad
Klimatfil
Uppvärmd area, A-Temp [m²]
Frånluftstemperatur [°C]
Inblåsningstemperatur [°C]
Specifik-FläktEffekt [kW/(m³/s)]
Flöde [m³/s]
Verkningsgrad värmeåtervinning [%]
Typ av system

Drifttider

Startid 1 Stopptid 1 Startid 2 Stopptid 2
Ventilationen är avstängd under perioden Första avstängda dagen Sista avstängda dagen
Ventilationen stängs av på helg ☒
Antal dagar per år ventilationen stängs av på grund av nationella helgdagar.

Figur 24. Indata BELOK värmeåtervinning verkstad, specifikt DSC 6.0/6.5.

	Totalt	Per m ² (2571m ²)
Värmebehov för tilluft	1,14 MWh/år	0,443 kWh/m ² ,år
Kostnad för värme	608 kr/år	0,237 kr/m ² ,år
Värmebehov utan återvinning	540 MWh/år	210 kWh/m ² ,år
Elbehov för fläktar	95 MWh/år	36,8 kWh/m ² ,år
Kostnad för el	70400 kr/år	27,4 kr/m ² ,år
Drifttid tillsatsvärme	295 timmar/år	
Drifttid för fläktar	5659 timmar/år	
CAV system		



Figur 25. Exempel på resultat i Belok värmeåtervinning. I beräkningarna har endast elbehovet för fläktar varit relevant, vilket är inringat i figuren. Detta exempel gäller för DSC 6.0/6.5 i verkstaden.

Bilaga 4: Mall beräkning energibehov ventilation

Energibehov ventilation

Inmatning

Välj varaktighetsdiagram	Varaktighet h/år (9-21)
Önskad inblåsningstemp (-1°C för fläktkompensering)	18 °C
Frånluftstemp	22 °C
η temp (medel över temperaturspannet)	0,86
Luftflöde	27 540 m³/h
Drifttid	2829 h/år
DUT	-22 °C
Energipris värme [kr/kWh]	0,35 kr/kWh
Medelåtervinningsseffekt (används vid utetemperatur-oberoende återvinning)	0 kW

Varaktighetsdiagram för årsmedeltemperatur	6,6 °C
--	--------

Resultat

Energibehov	Återvinningsgrad årsenergi	
Totalt	304 104 kWh/år	
VÅV	303 397 kWh/år	100%
Tillsatsvärme	706 kWh/år	
Avgiven värme (avluft)	96 396 kWh/år	
Ekonomisk besparing		
VÅV	106 189 kr/år	

Effektbehov tillsatsvärme	
Effekt vid DUT med återvinning (kW)	23,4 kW
Effekt vid DUT utan återvinning (kW)	432,8 kW
Balanstemp [°C]	-6,6 °C

Figur 26. Visar räkneexempel på hur tillsatsvärme för eftervärmningsbatteri beräknas i programmet Mall beräkning energibehov ventilation.

Tabell 26. Tabellen visar resultaten för respektive aggregat, där tillsatsvärme varit det värde som använts i rapporten.

CK3, kontor		
	FläktWoods	DesiCool
η , verkningsgrad för våv [-]	0,81	0,86
Totalt energibehov [kWh/år]	304 104	304 104
VÅV [kWh/år]	296 617	303 397
Tillsatsvärme [kWh/år]	7 486	706
Avgiven värme, avluft [kWh/år]	103 177	96 396
Ekonomisk besparing våv [kr/år]	103 816	106 189

<i>Byggnad 001, verkstad (zon 1), drifttid hela året</i>		
	FläktWoods	DesiCool
η , verkningsgrad för våv [-]	0,83	0,86
Totalt energibehov [kWh/år]	562 954	562 954
VÅV [kWh/år]	553 451	561 071
Tillsatsvärme [kWh/år]	9 503	1 883
Avgiven värme, avluft [kWh/år]	215 786	174 837
Ekonomisk besparing våv [kr/år]	193 708	196 375

Bilaga 5: LCC-beräkning av DesiCool aggregaten beräknad av Anders Granstrand

Driftkostnad och LCC för DesiCool DSC 7,5 jämfört med motsvarande standardaggregat. Kontor.

INDATA. Jämförelse DesiCool DSC 7,5 och samma aggregat med kylbatteri (kompr kyla) i storlek STD 7,5. Dim fullflöde 7,65 m3/s (ext tryck 250/250 Pa)				
Tilluftsflöde, m3/s	7,65		Internlast fukt, sommar, g/kg	0,2
Frånluftsflöde, m3/s	7,65		Drifttid tim (12 tim/dag, 5 dag/vecka)	3129
Externt tryckfall tilluft, Pa	250		Elenergi, sommar, kr/kWh	0,744
Externt tryckfall frånluft, Pa	250		Elenergi, vinter, kr/kWh	0,744
Årsmedeltemperatur, °C	5,4		El, effektagv. kr/kW	350
Dim. utetemperatur, vinter, °C	-20,0		Reg.värme, energi sommar, kr/kWh	0,00
Tilluftstemperatur, vinter, °C	19,0		Eftervärme, energi vinter, kr/kWh	0,534
Frånluftstemperatur, vinter, °C	22,0		Värme, effektagv. vinter, kr/kW	375
Dim. utetemperatur, sommar, °C	27,0		Tappkallvatten, kr/m3	31,50
Dim. utfukt, sommar, Rh %	50		Kylfaktor kompressor, fullast	3,0
Tilluftstemperatur, sommar, °C	16,0			
Rumstemperatur, sommar, °C	24,0			
BERÄKNINGSRESULTAT DESICOOL		BERÄKNINGSRESULTAT KOMPRESS.KYLA		
Munters standardaggregat, storlek DSC 7,5		Munters standardaggregat, storlek STD 7,5		
Kyleffekt, kylbatteri, kW	0	Dim. kyleffekt, kylbatteri, kW	109	
Regvärmeeffekt med by-passpjäll, preliminär, kW	153	Dim. eftervärmeeffekt vinter, kW	58	
Dim eftervärmeeffekt vinter, kW	30	Dim. motoreffekt, tilluftsfläkt+frånluftsfl. kW	15	
Dim. motoreffekt, tilluftsfläkt+frånluftsfl. kW	21	Dim. motoreffekt, kompressor+hj.mask. kW	40	
Total anslutningseffekt el, kW	21	Total anslutningseffekt el, kW	55	
Eftervärmeenergi, vinter, kWh	10 618	Eftervärmeenergi, vinter, kWh	31 264	
Regvärmeenergi, sommar, kWh	15 124			
Tappkallvatten, m3	141			
SFP årsmedelvärde med by-passpjäll	2,5	SFP med kompressor	2,7	
Dim. tappkallvattenflöde, m3/h	0,24			
Eftervärmekostnad, kr	5 670	Eftervärmekostnad, kr	16 695	
Regvärmekostnad med by-passpjäll, sommar, kr	0	Effektavgift fjärrvärme, kr	21 914	
Effektavgift fjärrvärme, kr	11 079	Fläktar, elkostnad, kr	32 717	
Fläktar, elkostnad, kr	41 876	Kompressor+hjälpmask. elkostnad, kr	13 527	
Effektavgift el, kr	7 297	Effektavgift el, kr	19 296	
Tappkallvattenkostnad, kr	4 438	Underh.kostn. vanligt klimatagg. kr	7 400	
Underh.kostn. DesiCool-agg. kr	9 620	Underh.kostn. kompressor, kr	21 832	
Total driftskostnad kr/år	79 980	Total driftskostnad kr/år	133 381	
	53 401			
	40%			
LCC-Analys* Munters aggr.storlek		LCC-Analys* Kompressorkyla		
Kalkylperiod år	20	Nusummef.		
Kalkylränta %	11			
Real årlig prisökning el %	4		10,59	
Real årlig prisökning värme %	2		9,13	
Real årlig prisökning kyla %	1		8,51	
Real årlig prisökning vatten %	2		9,13	
Real årlig prisökning underhåll %	4		10,59	
LCCel	520 939		LCCel	694 332
LCCvärme	152 894		LCCvärme	352 444
LCCfjärrkyla	0		LCCfjärrkyla	0
LCCvatten	40 512		LCCvatten	0
LCCunderhåll	101 914		LCCunderhåll	309 684
Nuvärde driftskostnader, kr	816 260	540 200	Nuvärde driftskostnader, kr	1 356 460
* Enl. Energimyndigheten - Att beräkna LCC				
40%				

* Enl. Energimyndigheten - Att beräkna LCC

Driftkostnad och LCC för DesiCool DSC 8,5 jämfört med motsvarande standardaggregat. Kontor.

INDATA. Jämförelse DesiCool DSC 8,5 och samma aggregat med kylbatteri (kompr kyla) i storlek STD 8,5. Dim fullflöde 7,65 m3/s (ext tryck 250/250 Pa)				
Tilluftsflöde, m3/s	7,65		Internlast fukt, sommar, g/kg	0,2
Frånluftsflöde, m3/s	7,65		Drifttid tim (12 tim/dag, 5 dag/vecka)	3129
Externt tryckfall tilluft, Pa	250		Elenergi, sommar, kr/kWh	0,744
Externt tryckfall frånluft, Pa	250		Elenergi, vinter, kr/kWh	0,744
Årsmedeltemperatur, °C	5,4		El, effektagv. kr/kW	350
Dim. utetemperatur, vinter, °C	-20,0		Reg.värme, energi sommar, kr/kWh	0,00
Tilluftstemperatur, vinter, °C	19,0		Eftervärme, energi vinter, kr/kWh	0,534
Frånluftstemperatur, vinter, °C	22,0		Värme, effektagv. vinter, kr/kW	375
Dim. utetemperatur, sommar, °C	27,0		Tappkallvatten, kr/m3	31,50
Dim. utefukt, sommar, Rh %	50		Kylfaktor kompressor, fullast	3,0
Tilluftstemperatur, sommar, °C	16,0			
Rumstemperatur, sommar, °C	24,0			
BERÄKNINGSRESULTAT DESICOOL		BERÄKNINGSRESULTAT KOMPRESS.KYLA		
Munters standardaggregat, storlek	DSC 8,5	Munters standardaggregat, storlek	STD 8,5	
Kyleffekt, kylbatteri, kW	0	Dim. kyleffekt, kylbatteri, kW	109	
Regvärmeeffekt med by-passpjäll, preliminär, kW	153	Dim. eftervärmeeffekt vinter, kW	50	
Dim eftervärmeeffekt vinter, kW	26	Dim. motoreffekt, tilluftsfläkt+frånluftsfl. kW	13	
Dim. motoreffekt, tilluftsfläkt+frånluftsfl. kW	19	Dim. motoreffekt, kompressor+hj.mask. kW	40	
Total anslutningseffekt el, kW	19	Total anslutningseffekt el, kW	53	
Eftervärmeenergi, vinter, kWh	8 749	Eftervärmeenergi, vinter, kWh	24 541	
Regvärmeenergi, sommar, kWh	15 124			
Tappkallvatten, m3	141			
SFP årsmedelvärde med by-passpjäll	2,1	SFP med kompressor	2,4	
Dim. tappkallvattenflöde, m3/h	0,24	Eftervärmekostnad, kr	13 105	
Eftervärmekostnad, kr	4 672	Effektavgift fjärrvärme, kr	18 755	
Regvärmekostnad med by-passpjäll, sommar, kr	0	Fläktar, elcostnad, kr	27 604	
Effektavgift fjärrvärme, kr	9 604	Kompressor+hjälpmask. elcostnad, kr	13 527	
Fläktar, elcostnad, kr	36 418	Effektavgift el, kr	18 537	
Effektavgift el, kr	6 807	Underh.kostn. vanligt klimatagg. kr	8 500	
Tappkallvattenkostnad, kr	4 438	Underh.kostn. kompressor, kr	21 832	
Underh.kostn. DesiCool-agg. kr	11 050			
Total driftskostnad kr/år	72 989	48 871	Total driftskostnad kr/år	121 860
		40%		
LCC-Analys* Munters aggr.storlek		LCC-Analys* Kompressorkyla		
Kalkylperiod år	20	Nusummef.		
Kalkylränta %	11			
Real årlig prisökning el %	4			
Real årlig prisökning värme %	2			
Real årlig prisökning kyla %	1			
Real årlig prisökning vatten %	2			
Real årlig prisökning underhåll %	4			
LCCel	457 926		LCCel	632 124
LCCvärme	130 319		LCCvärme	290 835
LCCfjärrkyla	0		LCCfjärrkyla	0
LCCvatten	40 512		LCCvatten	0
LCCunderhåll	117 064		LCCunderhåll	321 338
Nuvärde driftskostnader, kr	745 822	498 475	Nuvärde driftskostnader, kr	1 244 297
* Enl. Energimyndigheten - Att beräkna LCC		40%		

Driftkostnad och LCC för DesiCool DSC 6,0/6,5 jämfört med motsvarande standardaggregat. Verktad.

INDATA. Jämförelse DesiCool DSC 6,0 och samma aggregat med kylbatteri (kompr kyla) i storlek STD 6,0. Dim fullflöde 6,43 m3/s (ext tryck 250/250 Pa)				
Tilluftsflöde, m3/s	6,43		Internlast fukt, sommar, g/kg	0,2
Frånluftsflöde, m3/s	6,43		Drifttid tim (24 tim/dag, 5 dag/vecka)	6257
Extern tryckfall tilluft, Pa	250		Elenergi, sommar, kr/kWh	0,744
Extern tryckfall frånluft, Pa	250		Elenergi, vinter, kr/kWh	0,744
Årsmedeltemperatur, °C	5,4		El, effektag, kr/kW	350
Dim. utetemperatur, vinter, °C	-20,0		Reg.värme, energi sommar, kr/kWh	0,00
Dim. utetemperatur, vinter, °C	19,0		Eftervärme, energi vinter, kr/kWh	0,534
Frånluftstemperatur, vinter, °C	22,0		Värme, effektag, vinter, kr/kW	375
Dim. utetemperatur, sommar, °C	27,0		Tappkallvatten, kr/m3	31,50
Dim. utefukt, sommar, Rh %	50		Kylfaktor kompressor, fullast	3,0
Tilluftstemperatur, sommar, °C	16,0			
Rumstemperatur, sommar, °C	24,0			
BERÄKNINGSRESULTAT DESICOOOL				
Munters standardaggregat, storlek DSC 6,0			BERÄKNINGSRESULTAT KOMPRESS.KYLA	
Kyleffekt, kylbatteri, kW	0		Munters standardaggregat, storlek STD 6,0	
Regvärmeeffekt med by-passpjäll, preliminär, kW	129		Dim. kyleffekt, kylbatteri, kW	92
Dim. eftervärmeeffekt vinter, kW	26		Dim. eftervärmeeffekt vinter, kW	50
Dim. motoreffekt, tilluftsfläkt+frånluftsfl. kW	18		Dim. motoreffekt, tilluftsfläkt+frånluftsfl. kW	13
Total anslutningseffekt el, kW	18		Dim. motoreffekt, kompressor+hj.mask. kW	34
			Total anslutningseffekt el, kW	46
Eftervärmeenergi, vinter, kWh	21 921		Eftervärmeenergi, vinter, kWh	59 825
Regvärmeenergi, sommar, kWh	14 759			
Tappkallvatten, m3	237			
SFP årsmedelvärde med by-passpjäll	2,6		SFP med kompressor	2,4
Dim. tappkallvattenflöde, m3/h	0,20		Eftervärmekostnad, kr	31 946
Eftervärmekostnad, kr	11 706		Effektavgift fjärrvärme, kr	18 700
Regvärmekostnad med by-passpjäll, sommar, kr	0		Fläktar, elkostnad, kr	55 345
Effektavgift fjärrvärme, kr	9 841		Kompressor+hjälpmask. elkostnad, kr	13 201
Fläktar, elkostnad, kr	75 747		Effektavgift el, kr	16 212
Effektavgift el, kr	6 423		Underh.kostn. vanligt klimatagg. kr	6 300
Tappkallvattenkostnad, kr	7 461		Underh.kostn. kompressor, kr	18 350
Underh.kostn. DesiCool-agg. kr	8 190			
Total driftskostnad kr/år	119 368	40 686	Total driftskostnad kr/år	160 054
		25%		
LCC-Analys* Munters aggr.storlek		Nusummef.	LCC-Analys* Kompressorkyla	
Kalkylperiod år	20			
Kalkylränta %	11			
Real årlig prisökning el %	4			
Real årlig prisökning värme %	2			
Real årlig prisökning kyla %	1			
Real årlig prisökning vatten %	2			
Real årlig prisökning underhåll %	4			
LCCel	870 510		LCCel	897 927
LCCvärme	196 693		LCCvärme	462 324
LCCfjärrkyla	0		LCCfjärrkyla	0
LCCvatten	68 108		LCCvatten	0
LCCunderhåll	86 765		LCCunderhåll	261 142
Nuvärde driftskostnader, kr	1 222 076	399 318	Nuvärde driftskostnader, kr	1 621 394
* Enl. Energimyndigheten - Att beräkna LCC		25%		

Driftkostnad och LCC för DesiCool DSC 7,5 jämfört med motsvarande standardaggregat. Verkstad.

INDATA. Jämförelse DesiCool DSC 7,5 och samma aggregat med kylbatteri (kompr kyla) i storlek STD 7,5. Dim fullflöde 6,43 m3/s (ext tryck 250/250 Pa)						
Tilluftsföde, m3/s		6,43		Internlast fukt, sommar, g/kg	0,2	
Frånluftsföde, m3/s		6,43		Drifttid tim (24 tim/dag, 5 dag/vecka)	6257	
Externt tryckfall tilluft, Pa		250		Elenergi, sommar, kr/kWh	0,744	
Externt tryckfall frånluft, Pa		250		Elenergi, vinter, kr/kWh	0,744	
Årsmedeltemperatur, °C		5,4		El, effektag. kr/kW	350	
Dim. utetemperatur, vinter, °C		-20,0		Reg.värme, energi sommar, kr/kWh	0,00	
Tilluftstemperatur, vinter, °C		19,0		Eftervärme, energi vinter, kr/kWh	0,534	
Frånluftstemperatur, vinter, °C		22,0		Värme, effektag. vinter, kr/kW	375	
Dim. utetemperatur, sommar, °C		27,0		Tappkallvatten, kr/m3	31,50	
Dim. utefukt, sommar, Rh %		50		Kylfaktor kompressor, fullast	3,0	
Tilluftstemperatur, sommar, °C		16,0				
Rumstemperatur, sommar, °C		24,0				
BERÄKNINGSRESULTAT DESICOOL			BERÄKNINGSRESULTAT KOMPRESS.KYLA			
Munters standardaggregat, storlek		DSC 7,5	Munters standardaggregat, storlek		STD 7,5	
Kyleffekt, kylbatteri, kW		0	Dim. kyleffekt, kylbatteri, kW		92	
Regvärmeeffekt med by-passpjäll, preliminär, kW		129	Dim. eftervärmeeffekt vinter, kW		41	
Dim eftervärmeeffekt vinter, kW		19	Dim. motoreffekt, tilluftsfläkt+frånluftsf. kW		11	
Dim. motoreffekt, tilluftsfläkt+frånluftsf. kW		15	Dim. motoreffekt, kompressor+hj.mask. kW		34	
Total anslutningseffekt el, kW		15	Total anslutningseffekt el, kW		45	
Eftervärmeenergi, vinter, kWh		14 299	Eftervärmeenergi, vinter, kWh		43 818	
Regvärmeenergi, sommar, kWh		14 759				
Tappkallvatten, m3		237				
SFP årsmedelvärde med by-passpjäll		2,1	SFP med kompressor		2,1	
Dim. tappkallvattenflöde, m3/h		0,20	Eftervärmekostnad, kr		23 399	
Eftervärmekostnad, kr		7 636	Effektavgift fjärrvärme, kr		15 332	
Regvärmekostnad med by-passpjäll, sommar, kr		0	Fläktar, elkostnad, kr		47 753	
Effektavgift fjärrvärme, kr		7 095	Kompressor+hjälpmask. elkostnad, kr		13 201	
Fläktar, elkostnad, kr		60 081	Effektavgift el, kr		15 682	
Effektavgift el, kr		5 345	Underh.kostn. vanligt klimatagg. kr		7 400	
Tappkallvattenkostnad, kr		7 461	Underh.kostn. kompressor, kr		18 350	
Underh.kostn. DesiCool-agg. kr		9 620				
Total driftskostnad kr/år		97 238	43 879	Total driftskostnad kr/år		141 117
			31%			
LCC-Analys* Munters aggr.storlek			LCC-Analys* Kompressorkyla			
Kalkylperiod år		20	Nusummef.			
Kalkylränta %		11				
Real årlig prisökning el %		4				
Real årlig prisökning värme %		2				
Real årlig prisökning kyla %		1				
Real årlig prisökning vatten %		2				
Real årlig prisökning underhåll %		4				
LCCel		693 124		LCCel		811 883
LCCvärme		134 473	LCCvärme		353 558	
LCCfjärrkyla		0	LCCfjärrkyla		0	
LCCvatten		68 108	LCCvatten		0	
LCCunderhåll		101 914	LCCunderhåll		272 796	
Nuvärde driftskostnader, kr		997 619	440 617	Nuvärde driftskostnader, kr		1 438 236
* Enl. Energimyndigheten - Att beräkna LCC			31%			

Bilaga 6: Installationskostnad kylmaskin

<u>Steg 1: Direkt arbete och tjänster</u>				
	<u>Antal</u>	<u>å pris (SEK)</u>	<u>Summa (SEK)</u>	
Anbudsarbete	4	800	3 200	
Projektering	20	800	16 000	
Projektledning	40	800	32 000	
Byggarbetsmiljösamordning (BAS-P, BAS-U), Samordning	8	1 240	9 920	
CE-märkning			-	
Besiktning	8	800	6 400	
Relationsritningar, dokumentation, arkivering	8	800	6 400	
Möten			-	
			-	
			-	
			-	
			-	
			-	
			-	
Intäktsbudget steg 1			73 920	73 920
<u>Steg 2: Köpta produkter/tjänster</u>	<u>Antal</u>	<u>å kostnad (SEK)</u>	<u>Summa (SEK)</u>	
Intallationsentreprenad Kylmaskin	100	590	59 000	
Installationsmaterial kyla	1	30 000	30 000	
Installationsentreprenad EI	150	440	66 000	
Installationsmaterial EI	1	60 000	60 000	
Smide	1	50 000	50 000	
Lyft	1	10 000	10 000	
Styrentreprenad inkl. Citect	1	75000	75000	
			-	
			-	
			-	
			-	
			-	

		-	
		-	
		-	
		-	
Delsumma		325 000	
Underentreprenörspåslag	0%	-	
Intäktsbudget steg 2		350 000	350 000
Steg 3			
Summa av steg 1 och 2		423 920	
Oförutsett (0-X %)	10%	42 392	42 392
Steg 4			
Summa av steg 1, 2 och 3		466 312	
Avsättning Garantifond (0-X%)	0,00%	-	-
Total intäktsbudget/Totalt utfall			466 312
<u>Övriga i anbudet ingående kalkyler</u>		<u>Summa (SEK)</u>	
		-	
		-	
		-	
		-	
		-	
Summa övriga kalkyler		-	-
Totalsumma alla kalkyler / Verkligt utfall			466 312

Bilaga 7: Fläkt Woods aggregat för byggnad 001

LUFTBEHANDLINGSAGGREGAT eQ			
Projekt	8431 () / Dynamate Utomhusagg.		2.7.130416.1
AOC	ACON-01263102		
Aggregat	1 () / Lb		2013-05-03
Storlek	079		Sida 4

RESULTAT ÖVERSIKT

Aggregat

Tilluftsflöde	6,40m³/s	Installation	Utomhus horisontellt
Externt tryckfall	300Pa	Material	AlZn stålplåt
Frånluftsflöde	6,40m³/s	Värmeisolering	T3
Externt tryckfall	300Pa	Kondensiering	TB3
Dim. temp. sommar	27°C	Läckageklass	L2
Dim. luftfuktighet sommar	50%	Hållfasthet	CEN D2
Dim. temp. vinter	-20°C	Filterklass tilluft	
Dim. luftfuktighet vinter	90%	Filterklass frånluft	
Temperatur in, tilluft, sommar	16°C	Temperatur in, frånluft, sommar	25°C
Luftfuktighet in, tilluft, sommar	40%	Luftfuktighet in, frånluft, sommar	55%
Temperatur in, tilluft, vinter	20°C	Temperatur in, frånluft, vinter	22°C
Luftfuktighet in, tilluft, vinter	40%	Luftfuktighet in, frånluft, vinter	20%
Återvinnare verkningsgrad	82,6%	Återvinnare, kapacitet	290kW
SFPv tilluft	0,91kW/(m³/s)	Total vikt	6009kg
SFPv frånluft	1,01kW/(m³/s)		
SFPv totalt	1,93kW/(m³/s)	Största blockvikt	1068kg
		Största block(inkl emb)	1200 x 2025 x 3255 mm

Batterier

	Effekt [kW]	Luft In [°C/%]	Luft Ut [°C/%]	Vatten in/ut [°C]	Frostskydd	Vatten [l/s]	Vatten [kPa]	Ansl. [mm]
Luftvärmare	50,6	13,5/15,7	20/10,3	60/30		0,41	4,6	25

Motordata

Spänning	3 x 400V + N, 50 Hz	
Effekt, tilluft	7,5 kW Effekt frånluft	7,5 kW
Ström, full last, tilluft	15,6 A Ström, full last, frånluft	15,6 A

LJUDEFFEKTSNIVÅER

(standard: EN13053 ISO/CD 13347-2)

	Lw per oktavband (dB)								LwA
Oktavband (Hz)	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	dB(A)
Uteluftsanslutning	70	74	54	46	45	51	49	45	60
Tilluftsanslutning	63	71	57	52	48	52	51	50	60
Frånluftsanslutning	70	74	54	46	45	51	49	45	60
Avluftsanslutning	66	75	67	65	58	62	60	58	69
Till omgivning	69	76	64	53	55	56	51	39	64

TOLERANS

Enligt EN 13053 är LwA tolerans 4dB. Tolerans per oktavband presenteras i toleranstabellen

	Lw per oktavband (dB)								LwA
Oktavband (Hz)	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	dB(A)
Tolerans	8	6	6	6	6	4	4	7	4

Frekvensomriktare och externt monterade motorer ingår ej i ljudeffektsnivåerna

TEKNISK SPECIFIKATION

(komponenter ordnade efter luftströmmens riktning)

TILLUFT

Intags- och frånluftsdel (utomhusutförande, med dörr)

Storlek: 079

Installationsalternativ: Uteluft i gavel, med intagsgaller och spjäll

Spjälltyp: med förzinkat spjäll, typ 4 VVS-AMA-83 (CEN 3)

Inspektionssida: vänster

Tryckfall, dimensionerande

3 Pa

Höljesgavel

Spjäll

Bredd i cm : 200

Höjd i cm: 120

Täthetsklass: CEN 3

Anslutning: fläns

Funktion: uteluft

Placering: invändigt gavel hela

Spjälltyp: 200mm blad

Material: Förzinkad stålplåt

Tomdel

Aggregatstorlek: 079

Längd: 030

Inspektionsdörr: med (för undertryck)

Inspektionssida: vänster

Filter

Aggregatstorlek: 079

Filterklass : F7

Filtertyp: glasfiber, standard

Filterlängd: lång påse (endast stående filterfickor)

Filterram: plast

Anslutningssida: inlopp gavel

Placering: undertryck

Material: fz stålplåt

Inspektionssida: vänster

Tryckfall, start

62 Pa

Tryckfall, dimensionerande

112 Pa

Tryckfall, slut

162 Pa

Frontarea

3,2 m²

Fronthastighet

2,2 m/s

Halkskydd

Aggregatstorlek: 079

Funktion: filter,tomdel

Bredd: 1

Material: aluminium

Versionsnummer: version 1

Analog differanstryckmätare

Utförande: manometer (U-rör)

LUFTBEHANDLINGSAGGREGAT eQ

Projekt

8431 () / Dynamate Utomhusagg.

2.7.130416.1

AOC

ACON-01263102

Aggregat

07 Lb

2013-05-03

Storlek

079

Sida 6



Ljuddämpare

Aggregatstorlek: 079

Längd: 900 mm

Material: fz stålplåt

Inspektionssida: vänster

Tryckfall, dimensionerande

24 Pa

Insättningsdämpning, egenljud medräknat

2,8,19,22,23,17,14,13 dB

Tomdel

Aggregatstorlek: 079

Längd: 090

Inspektionsdörr: med (för undertryck)

Inspektionssida: vänster

Halkskydd

Aggregatstorlek: 079

Funktion: filter,tomdel

Bredd: 1

Material: aluminium

Versionsnummer: version 1

Tomdel

Aggregatstorlek:

079 Längd: 045

Inspektionsdörr: med (för

undertryck) Inspektionssida: vänster

Inspektionsfönster

Utförande: standard

Belysningsarmatur

Typ: LED

Leveransform: monterad armatur med förlagd kabel och genomföring till utsidan om fast panel finns

Halkskydd

Aggregatstorlek: 079

Funktion: filter,tomdel

Bredd: 1

Material: aluminium

Versionsnummer: version 1

LUFTBEHANDLINGSAGGREGAT eQ

Projekt

8431 () / Dynamate Utomhusagg.

2.7.130416.1

AOC

Aggregat

Storlek



2013-05-03

Sida 7

Roterande värmeväxlare REGOTERM

Aggregatstorlek: 079

Rotorutförande: ej hygroskopisk

Effektvariant: Effektvariant 7 (1.55)

Spänning/frekvens : 1 x 230 V, 50Hz

Drivtyp/Klassning, motor : Reglerbart varvtal

Funktionslängd: standard (enbart rotor)

Tilluftsplacering: undervåning

Leveransutförande: sektoriserad rotor, delat hölje delat i höjd

Material: fz stålplåt/Alzn

Inspektionssida: vänster

Versionsnummer: Med kabelkanal

Vinter

82,6 %

290 kW

41,8 %

0,48 m³/s

Tilluft

Tryckfall

Lufttemperatur

Relativ fuktighet

Vinter

127 Pa

-20 / 14,7 °C

90 / 16,5 %

Frånluft

Tryckfall

Lufttemperatur

Relativ fuktighet

Vinter

133 Pa

22 / -10,9 °C

20 / 100 %

Tomdel

Aggregatstorlek:

079 Längd: 035

Inspektionsdörr: med (för

undertryck) Inspektionssida: vänster

Inspektionsfönster

Utförande: standard

Belysningsarmatur

Typ: LED

Leveransform: monterad armatur med förlagd kabel och genomföring till utsidan om fast panel finns

LUFTBEHANDLINGSAGGREGAT eQ

Projekt

8431 () / Dynamate Utomhusagg.

2.7.130416.1

AOC

Aggregat

Storlek



2013-05-03

Sida 8

Kammarfläkt, Centriflow Plus

Aggregatstorlek: 079

Fläktstorlek: 3

Utrustning : normal + tryckuttag för luftflödesmätning

Vibrationsdämpare: gummi

Placering i höljet: tilluft

Utloppsriktning: framåt, till efterföljande funktion

Material: fz stålplåt

Inspektionssida: vänster

Dimensionerande data

Varvtal	939 Rpm
Fläkt verkningsgrad	76,0 %
Totalverkningsgrad	64,6 %
Tryckökning, dimensionerande	657 Pa
Fläktaxe-effekt vid dim.data	5,73 kW
Näteffekt	6,74 kW
Temperaturhöjning	0,9 °C

SFP-beräkning

Näteffekt enligt SFP	5,87 kW
Tryckökning	595 Pa
Varvtal	892 Rpm

Enhastighetsmotor

Spänning: 380-420 VD/660-690 VY

Temperaturvakter i statorlindningen: med termistor

Fabrikat: FläktWoods IE2

Verkningsgrad	87,2 %
Varvtal	975 Rpm
Motoreffekt	7,5 kW
Ström	15,6 A
Poltal	6
Effektmarginal, minst	10,0 %

Frekvensomriktare

Verkningsgrad	97,5 %
Driftfrekvens	48 Hz
Maxfrekvens vid frekvensomriktardrift	50,4 Hz
Maxvarvtal vid frekvensomriktardrift	984 Rpm

Dörrstopp (för dörr vid övertryck)

Motortillbehör

Motor: 1-hastighet

Vartalsstyrning: Monterad frekvensomriktare

Anslutningstillbehör: Säkerhetsbrytare

Typ: Standard

Nätspänning: 3x400 VAC

Halkskydd

Aggregatstorlek: 079

Funktion: kammarfläkt (EQLK)

Bredd: 1

Material: aluminium

Versionsnummer: version 1

LUFTBEHANDLINGSAGGREGAT eQ

Projekt
AOC
Aggregat
Storlek

8431 () / Dynamate Utomhusagg.

2.7.130416.1



2013-05-03

Sida 9

Luftvärmare, för värmevatten

Effektvariant: 1	
Material, lamellkropp : Cu/Al	
Lamelldelning: 2 mm	
Vätskevågar: 06	
Utförande: en komplett lamellkropp	
Material, ram: fz stålplåt	
Anslutningssida: vänster	
Rörstorlek	25
Tryckfall, dimensionerande	20 Pa
Effekt	50,6 kW
Lufttemperatur	13,5 / 20 °C
Fronthastighet	2,1 m/s
Vätskevolym	14,0 l
Reglerprincip vattenvärmare	flödeskontroll
Vattentemperatur	60 / 30 °C
Vattenflöde	0,41 l/s
Vattenhastighet	0,5 m/s
Tryckfall vatten	4,6 kPa

Tomdel

Aggregatstorlek: 079
Längd: 065
Inspektionsdörr: med (för övertryck)
Inspektionssida: vänster
Halkskydd
Aggregatstorlek: 079
Funktion: filter,tomdel
Bredd: 1
Material: aluminium
Versionsnummer: version 1

Ljuddämpare

Aggregatstorlek: 079
Längd: 1300 mm
Material: fz stålplåt
Inspektionssida: vänster
Tryckfall, dimensionerande 27 Pa
Insättningsdämpning, egenljud medräknat 4,11,27,34,34,25,20,17 dB

FRÅNLUFT

Anslutningsgavel

Tryckfall, dimensionerande 1 Pa
Höljesgavel

LUFTBEHANDLINGSAGGREGAT eQ

Projekt

8431 () / Dynamate Utomhusagg.

2.7.130416.1

AOC

ACON-01263102

Aggregat

077 Lb

2013-05-03

Storlek

079

Sida 10



Filter

Aggregatstorlek: 079

Filterklass : F7

Filtertyp: glasfiber, standard

Filterlängd: lång påse (endast stående filterfickor)

Filterram: plast

Anslutningssida: inlopp gavel

Placering: undertryck

Material: fz stålplåt

Inspektionssida: höger

Tryckfall, start

59 Pa

Tryckfall, dimensionerande

109 Pa

Tryckfall, slut

159 Pa

Frontarea

3,2 m²

Fronthastighet

2,1 m/s

Halkskydd

Aggregatstorlek: 079

Funktion: filter,tomdel

Bredd: 1

Material: aluminium

Versionsnummer: version 1

Analog differanstryckmätare

Utförande: manometer (U-rör)

Ljuddämpare

Aggregatstorlek: 079

Längd: 900 mm

Material: fz stålplåt

Inspektionssida: höger

Tryckfall, dimensionerande

22 Pa

Insättningsdämpning, egenljud medräknat

2,8,19,22,23,17,14,13 dB

Tomdel

Aggregatstorlek: 079

Längd: 145

Inspektionsdörr: med (för undertryck)

Inspektionssida: höger

Halkskydd

Aggregatstorlek: 079

Funktion: filter,tomdel

Bredd: 1

Material: aluminium

Versionsnummer: version 1

Tomdel

Aggregatstorlek: 079

Längd: 070

Inspektionsdörr: med (för undertryck)

Inspektionssida: höger

Halkskydd

Aggregatstorlek: 079

Funktion: filter,tomdel

Bredd: 1

Material: aluminium

Versionsnummer: version 1

LUFTBEHANDLINGSAGGREGAT eQ

Projekt
AOC
Aggregat
Storlek

8431 () / Dynamate Utomhusagg.

2.7.130416.1



2013-05-03
Sida 11

Tomdel

Aggregatstorlek:
079 Längd: 035
Inspektionsdörr: med (för
undertryck) Inspektionssida: höger

Inspektionsfönster

Utförande: standard

Belysningsarmatur

Typ: LED

Leveransform: monterad armatur med förlagd kabel och genomföring till utsidan om fast panel finns

Tomdel

Aggregatstorlek: 079
Längd: 045
Inspektionsdörr: med (för undertryck)
Inspektionssida: höger

Halkskydd

Aggregatstorlek: 079
Funktion: filter,tomdel
Bredd: 1
Material: aluminium
Versionsnummer: version 1

Projekt 8431 () / Dynamate Utomhusagg.
 AOC ACON-01263102
 Aggregat E (0) / Lb
 Storlek 079

2.7.130416.1

2013-05-03

Sida 12



Kammarfläkt, Centriflow Plus

Aggregatstorlek: 079
 Fläktstorlek: 3
 Utrustning : normal + tryckuttag för luftflödesmätning
 Vibrationsdämpare: gummi
 Placering i höljet: frånluft
 Utloppsriktning: framåt, till efterföljande funktion
 Material: fz stålplåt
 Inspektionssida: höger

Dimensionerande data

Varvtal	959 Rpm
Fläkt verkningsgrad	75,9 %
Totalverkningsgrad	64,2 %
Tryckökning, dimensionerande	686 Pa
Fläktaxeeffekt vid dim.data	6,14 kW
Näteffekt	7,26 kW
Temperaturhöjning	0,9 °C

SFP-beräkning

Näteffekt enligt SFP	6,49 kW
Tryckökning	627 Pa
Varvtal	920 Rpm

Enhastighetsmotor

Spänning: 380-420 VD/660-690 VY	
Temperaturvakter i statorlindningen: med termistor	
Fabrikat: FläktWoods IE2	
Verkningsgrad	87,2 %
Varvtal	975 Rpm
Motoreffekt	7,5 kW
Ström	15,6 A
Poltal	6
Effektmarginal, minst	10,0 %

Frekvensomriktare

Verkningsgrad	97,0 %
Driftfrekvens	49 Hz
Maxfrekvens vid frekvensomriktardrift	50,4 Hz
Maxvarvtal vid frekvensomriktardrift	982 Rpm

Dörrstopp (för dörr vid övertryck)

Motortillbehör

Motor: 1-hastighet
 Vartalsstyrning: Monterad frekvensomriktare
 Anslutningstillbehör: Säkerhetsbrytare
 Typ: Standard
 Nätspänning: 3x400 VAC

Halkskydd

Aggregatstorlek: 079
 Funktion: kammarfläkt (EQLK)
 Bredd: 1
 Material: aluminium
 Versionsnummer: version 1

Ljuddämpare

Aggregatstorlek: 079
 Längd: 900 mm
 Material: fz stålplåt
 Inspektionssida: höger
 Tryckfall, dimensionerande 23 Pa
 Insättningsdämpning, egenljud medräknat 2,8,19,22,23,17,14,13 dB

LUFTBEHANDLINGSAGGREGAT eQ

Projekt
AOC
Aggregat
Storlek

8431 () / Dynamate Utomhusagg.

2.7.130416.1



2013-05-03
Sida 13

Tomdel

Aggregatstorlek: 079
Längd: 010
Inspektionssida: höger

Intags- och frånluftsdel (utomhusutförande, med dörr)

Storlek: 079
Installationsalternativ: Avluft i gavel, med galler och spjäll
Spjälltyp: med förzinkat spjäll, typ 4 VVS-AMA-83 (CEN 3)
Material (galler, jalousi): AZ stålplåt
Inspektionssida: höger
Tryckfall, dimensionerande

61 Pa

Tomdel

Aggregatstorlek: 079
Längd: 030
Inspektionsdörr: med (för undertryck)
Inspektionssida: höger

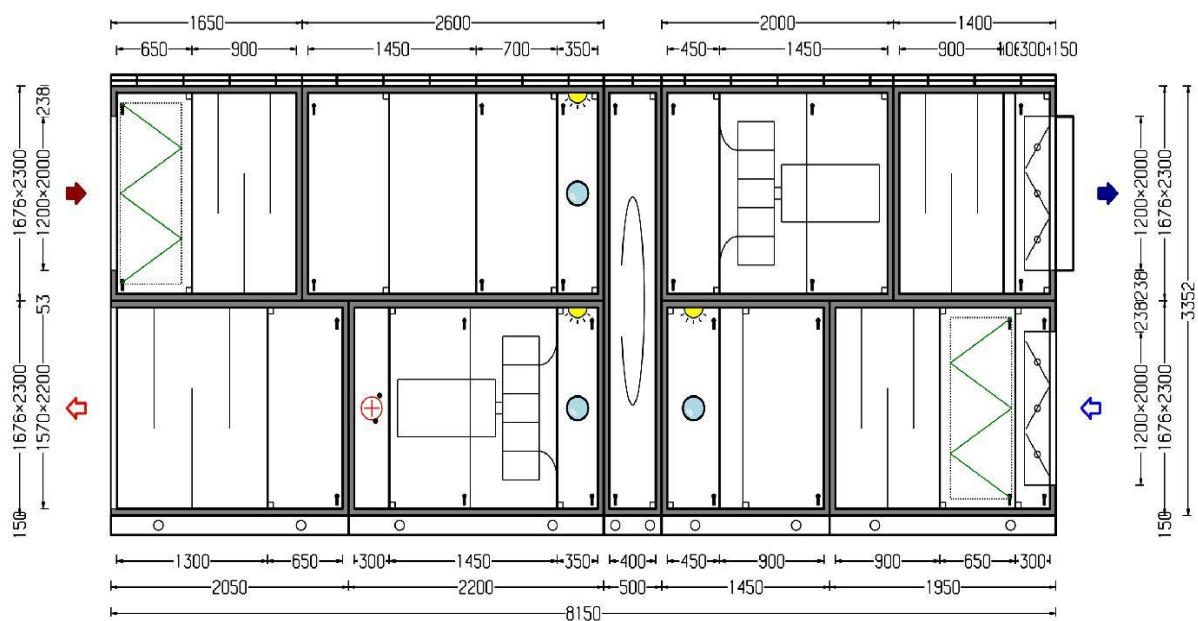
Höljesgavel

Spjäll

Bredd i cm : 200
Höjd i cm: 120
Täthetsklass: CEN 3
Anslutning: fläns
Funktion: avluft
Placering: invändigt gavel hela
Spjälltyp: 200mm blad
Material: Förzinkad stålplåt

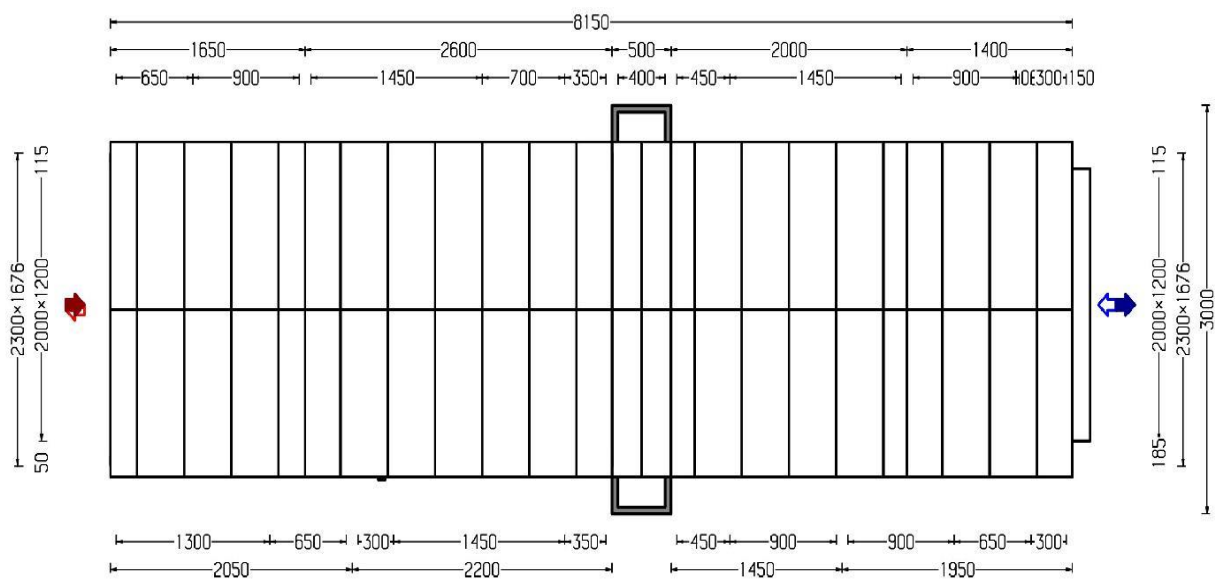
Utelufts-, avluftstillbehör för utomhusaggregat

Bredd: 200
Höjd: 120
Placering: gavel
Variant: intagsgaller
Leveransform: monterat
Material: AZ stålplåt
Versionsnummer: version 1



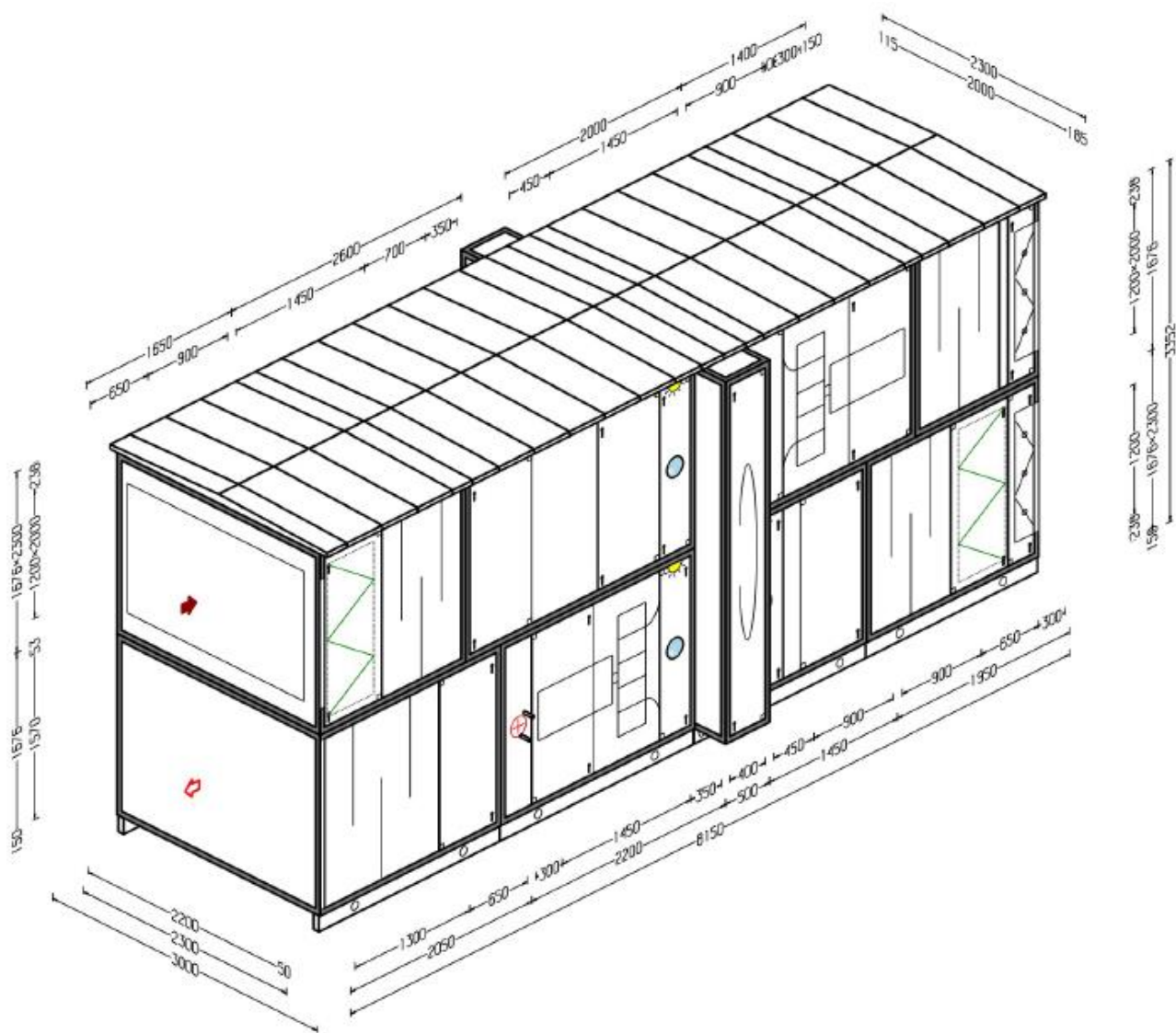
FläktWoods

Från Inspektionssida 2013-05-03 2.7.130416.1	Kund id	1622	Projektnamn	Dynamate	
	Projekt	8431	Aggregatnamn	Utomhusagg.	
	Aggregat	1	Tilluft	eQ-079	6,40 m³/s
	AOC	ACON-01263102	Frånluft	eQ-079	6,40 m³/s



Uppifrån	Kund id	1622	Projektnamn	Dynamate	
	Projekt	8431	Aggregatnamn	Utomhusagg.	
	Aggregat	1	Tilluft	eQ-079	Lb
	AOC	ACON-01263102	Frånluft	eQ-079	6,40 m³/s

2013-05-03
2.7.130416.1



Bilaga 8: Fläkt Woods aggregat CK3

LUFTBEHANDLINGSAGGREGAT eQ

Projekt	8505 () / Scanai By 005	2.7.130416.1
AOC	ACON-01275103	
Aggregat	1 () / LB	2013-05-27
Storlek	079	Sida 3
Kund		
Kundens ref.		
Vår ref.	Ulf Henriksson	
Tilluftsflöde	7,65 m³/s Frånluftsflöde	7,65 m³/s
Externt tryckfall	250 Pa Externt tryckfall	250 Pa
Spänning	3 x 400V + N, 50 Hz Vikt	3604 kg
SFPv	1,98 kW/(m³/s) Dim. för våt kondition	
Ref. täthet	1,2 kg/m³ Ref. höjd över havet	30 m

RESULTAT ÖVERSIKT

Funktionsdelar i luftriktningen	v0 (m/s)	Et (%)	tw (°C)	ts (°C)	dP (Pa)
Tilluft:					
Anslutningsdel	3,4				5
Filter	2,6				114
Inspektionsdel					0
Värmeväxlare	2,7	81,1	-20 / 14,1		151
Inspektionsdel					0
Luftvärmare	2,6		14,1 / 19		27
Inspektionsdel					0
Luftkylare	2,6			27 / 15	171
Inspektionsdel					0
Kammarfläkt		74,9	19,1 / 20	15 / 15,9	745
Frånluft:					
Anslutningsdel	3,3				5
Filter	2,5				125
Värmeväxlare	2,8		22 / -10,3		179
Inspektionsdel					0
Kammarfläkt		71,8			588

LJUDEFFEKTSNIVÅER

(standard: EN13053 ISO/CD 13347-2)

	Lw per oktavband (dB)								LwA
Oktavband (Hz)	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	dB(A)
Uteluftsanslutning	72	82	71	66	64	63	57	51	71
Tilluftsanslutning	71	86	89	90	84	82	77	74	91
Frånluftsanslutning	74	84	75	70	70	70	65	60	76
Avluftsanslutning	70	85	88	89	83	81	76	73	90
Till omgivning	72	79	67	56	58	59	54	41	67

TOLERANS

Enligt EN 13053 är LwA tolerans 4dB. Tolerans per oktavband presenteras i toleranstabellen

	Lw per oktavband (dB)								LwA
Oktavband (Hz)	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	dB(A)
Tolerans	8	6	6	6	6	4	4	7	4

Frekvensomriktare och externt monterade motorer ingår ej i ljudeffektsnivåerna

LUFTBEHANDLINGSAGGREGAT eQ

Projekt	8505 () / Scanai By 005	2.7.130416.1
AOC	ACON-01275103	
Aggregat	1 () / LB	2013-05-27
Storlek	079	Sida 4

Kund		
Kundens ref.		
Vår ref.	Ulf Henriksson	
Tilluftsflöde	7,65 m³/s	Frånluftsflöde 7,65 m³/s
Externt tryckfall	250 Pa	Externt tryckfall 250 Pa
Spänning	3 x 400V + N, 50 Hz	Vikt 3604 kg
SFP _v	1,98 kW/(m³/s)	Dim. för våt kondition
Ref. täthet	1,2 kg/m³	Ref. höjd över havet 30 m

RESULTAT ÖVERSIKT

Aggregat

Tilluftsflöde	7,65m³/s	Installation	Inomhus horisontellt
Externt tryckfall	250Pa	Material	AlZn stålplåt
Frånluftsflöde	7,65m³/s	Värmeisolering	T3
Externt tryckfall	250Pa	Kondensisolering	TB3
Dim. temp. sommar	27°C	Läckageklass	L2
Dim. luftfuktighet sommar	50%	Hållfasthet	CEN D2
Dim. temp. vinter	-20°C	Filterklass tilluft	
Dim. luftfuktighet vinter	90%	Filterklass frånluft	
Temperatur in, tilluft, sommar	16°C	Temperatur in, frånluft, sommar	25°C
Luftfuktighet in, tilluft, sommar	40%	Luftfuktighet in, frånluft, sommar	55%
Temperatur in, tilluft, vinter	20°C	Temperatur in, frånluft, vinter	22°C
Luftfuktighet in, tilluft, vinter	40%	Luftfuktighet in, frånluft, vinter	20%
Återvinnare verkningsgrad	81,1%	Återvinnare, kapacitet	339kW
SFP _v tilluft	1,10kW/(m³/s)	Total vikt	3604kg
SFP _v frånluft	0,88kW/(m³/s)		
SFP _v totalt	1,98kW/(m³/s)	Största blockvikt	1040kg
		Största block(inkl emb)	1200 x 2025 x 3255 mm

Batterier

	Effekt [kW]	Luft In [°C/%]	Luft Ut [°C/%]	Vatten in/ut [°C]	Frostskydd	Vatten [l/s]	Vatten [kPa]	Ansl. [mm]
Luftvärmare	45,4	14,1/16,5	19/12,1	60/30		0,37	3,8	25
Luftkylare	156	27/50,2	15/88,1	7/12		7,44	15,8	80

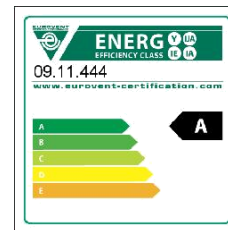
Motordata

Spänning	3 x 400V + N, 50 Hz	
Effekt, tilluft	11 kW	Effekt frånluft 11 kW
Ström, full last, tilluft	23 A	Ström, full last, frånluft 23 A

LJUDEFEKTSNIVÅER

(standard: EN13053 ISO/CD 13347-2)

	Lw per oktavband (dB)								LwA
Oktavband (Hz)	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	dB(A)
Uteluftsanslutning	72	82	71	66	64	63	57	51	71
Tilluftsanslutning	71	86	89	90	84	82	77	74	91
Frånluftsanslutning	74	84	75	70	70	70	65	60	76
Avluftsanslutning	70	85	88	89	83	81	76	73	90
Till omgivning	72	79	67	56	58	59	54	41	67



TOLERANS

LUFTBEHANDLINGSAGGREGAT eQ

Projekt	8505 () / Scanai By 005	2.7.130416.1
AOC	ACON-01275103	
Aggregat	1 () / LB	2013-05-27
Storlek	079	Sida 5
Kund		
Kundens ref.		
Vår ref.	Ulf Henriksson	
Tilluftsflöde	7,65 m³/s Frånluftsflöde	7,65 m³/s
Externt tryckfall	250 Pa Externt tryckfall	250 Pa
Spänning	3 x 400V + N, 50 Hz Vikt	3604 kg
SFPv	1,98 kW/(m³/s) Dim. för våt kondition	
Ref. täthet	1,2 kg/m³ Ref. höjd över havet	30 m

Enligt EN 13053 är LwA tolerans 4dB. Tolerans per oktavband presenteras i toleranstabellen

	Lw per oktavband (dB)								LwA
Oktavband (Hz)	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	dB(A)
Tolerans	8	6	6	6	6	4	4	7	4

Frekvensomriktare och externt monterade motorer ingår ej i ljudeffektsnivåerna

LUFTBEHANDLINGSAGGREGAT eQ

Projekt
AOC
Aggregat
Storlek

8505 () / Scanai By 005

2.7.130416.1



2013-05-27

Sida 6

TEKNISK SPECIFIKATION

(komponenter ordnade efter luftströmmens riktning)

TILLUFT

Anslutningsdel

Tryckfall, dimensionerande

5 Pa

Höljesgavel

Spjäll

Bredd i cm : 200

Höjd i cm: 120

Täthetsklass: CEN 3

Anslutning: fläns

Funktion: uteluft

Placering: invändigt gavel hela

Spjälltyp: 200mm blad

Material: Förzinkad stålplåt

Övergång

Bredd: 200

Höjd: 120

Anslutningstyp: PG-anslutning

Material: förzinkad stålplåt / AluZink

Tomdel

Aggregatstorlek: 079

Längd: 030

Inspektionsdörr: med (för undertryck)

Inspektionssida: höger

Filter

Aggregatstorlek: 079

Filterklass : F7

Filtertyp: glasfiber, standard

Filterlängd: lång påse (endast stående filterfickor)

Filterram: plast

Anslutningssida: inlopp gavel

Placering: undertryck

Material: fz stålplåt

Inspektionssida: höger

Tryckfall, start

78 Pa

Tryckfall, dimensionerande

128 Pa

Tryckfall, slut

178 Pa

Frontarea

3,2 m²

Fronthastighet

2,6 m/s

Halkskydd

Aggregatstorlek: 079

Funktion: filter,tomdel

Bredd: 1

Material: aluminium

Versionsnummer: version 1

Analog differanstryckmätare

Utförande: manometer (U-rör)

Tomdel

Aggregatstorlek: 079

Längd: 035

Inspektionsdörr: med (för undertryck)

Inspektionssida: höger

LUFTBEHANDLINGSAGGREGAT eQ

Projekt
AOC
Aggregat
Storlek

8505 () / Scanai By 005

2.7.130416.1



2013-05-27

Sida 7

Roterande värmeväxlare REGOTERM

Aggregatstorlek: 079
Rotorutförande: ej hygroskopisk
Effektvariant: Effektvariant 7 (1.55)
Spänning/frekvens : 1 x 230 V, 50Hz
Drivtyp/Klassning, motor : Reglerbart varvtal
Funktionslängd: standard (enbart rotor)
Tilluftsplacering: undervåning
Leveransutförande: sektoriserad rotor, delat hölje delat i höjd
Material: fz stålplåt/Alzn
Inspektionssida: höger
Versionsnummer: Med kabelkanal

Temperaturverkningsgrad
Effekt reduktion
Fuktverkningsgrad
Luftflödesöverföring

Vinter

81,1 %
339 kW
39,3 %
0,46 m³/s

Tilluft

Tryckfall
Lufttemperatur
Relativ fuktighet

Vinter

151 Pa
-20 / 14,1 °C
90 / 16,5 %

Frånluft

Tryckfall
Lufttemperatur
Relativ fuktighet

Vinter

160 Pa
22 / -10,3 °C
20 / 100 %

Tomdel

Aggregatstorlek: 079
Längd: 040
Inspektionsdörr: med (för undertryck)
Inspektionssida: höger

Halkskydd

Aggregatstorlek: 079
Funktion: filter,tomdel
Bredd: 1
Material: aluminium
Versionsnummer: version 1

LUFTBEHANDLINGSAGGREGAT eQ

Projekt
AOC
Aggregat
Storlek

8505 () / Scanai By 005

2.7.130416.1



2013-05-27

Sida 8

Luftvärmare, för värmevatten

Effektvariant: 1	
Material, lamellkropp : Cu/Al	
Lamelldelning: 2 mm	
Vätskevågar: 06	
Utförande: en komplett lamellkropp	
Material, ram: fz stålplåt	
Anslutningssida: höger	
Rörstorlek	25
Tryckfall, dimensionerande	27 Pa
Effekt	45,4 kW
Lufttemperatur	14,1 / 19 °C
Fronthastighet	2,6 m/s
Vätskevolym	14,0 l
Reglerprincip vattenvärmare	flödeskontroll
Vattentemperatur	60 / 30 °C
Vattenflöde	0,37 l/s
Vattenhastighet	0,4 m/s
Tryckfall vatten	3,8 kPa

Tomdel

Aggregatstorlek: 079
Längd: 035
Inspektionsdörr: med (för undertryck)
Inspektionssida: höger

Luftkylare, för kylvatten

Använd som: Kylbatteri	
Aggregatstorlek: 079	
Effektvariant: 6	
Utförande : normal frontarea	
Lamelldelning: 2 mm	
Material, lamellkropp: Cu/Al	
Material, ram : fz stålplåt	
Anslutningssida: höger	
Rörstorlek	80
Vätskevolym	88,8 l
Tryckfall, dimensionerande	171 Pa
Tryckfall	147 Pa
Effekt	156 kW
Lufttemperatur	27 / 15 °C
Relativ fuktighet	50,2 / 88,1 %
Fronthastighet	2,6 m/s
Vattentemperatur	7 / 12 °C
Vattenflöde	7,44 l/s
Vattenhastighet	0,8 m/s
Tryckfall vatten	15,8 kPa

Vattenlås

Typ: Undertryck –800 Pa

Tomdel

Aggregatstorlek: 079
Längd: 035
Inspektionsdörr: med (för undertryck)
Inspektionssida: höger

LUFTBEHANDLINGSAGGREGAT eQ

Projekt
AOC
Aggregat
Storlek

8505 () / Scanai By 005

2.7.130416.1



2013-05-27

Sida 9

Kammarfläkt, Centriflow Plus

Aggregatstorlek: 079
Fläktstorlek: 3
Utrustning : normal + tryckuttag för luftflödesmätning
Vibrationsdämpare: gummi
Placering i höljet: tilluft
Utloppsriktning: framåt, till kanal (rektangulär)
Material: fz stålplåt
Inspektionssida: höger

Dimensionerande data

Varvtal	1026 Rpm
Fläkt verkningsgrad	74,9 %
Totalverkningsgrad	65,9 %
Tryckökning, dimensionerande	745 Pa
Fläktaxe-effekt vid dim.data	7,62 kW
Näteffekt	8,67 kW
Temperaturhöjning	0,9 °C

SFP-beräkning

Näteffekt enligt SFP	8,47 kW
Tryckökning	728 Pa
Varvtal	1018 Rpm

Enhastighetsmotor

Spänning: 380-420 VD/660-690 VY	
Temperaturvakter i statorlindningen: med termistor	
Fabrikat: ABB, hög verkningsgrad IE2	
Verkningsgrad	89,4 %
Varvtal	974 Rpm
Motoreffekt	11 kW
Ström	23,0 A
Poltal	6
Effektmarginal, minst	25,0 %

Frekvensomriktare

Verkningsgrad	98,3 %
Driftfrekvens	53 Hz
Maxfrekvens vid frekvensomriktardrift	58,5 Hz
Maxvarvtal vid frekvensomriktardrift	1140 Rpm

Dörrstopp (för dörr vid övertryck)

Motortillbehör

Motor: 1-hastighet
Vartalsstyrning: Monterad frekvensomriktare
Anslutningstillbehör:
Säkerhetsbrytare Typ: Standard
Nätspänning: 3x400 VAC

Halkskydd

Aggregatstorlek: 079
Funktion: kammarfläkt
(EQLK) Bredd: 1
Material: aluminium
Versionsnummer: version 1

Analog flödesmätning för fläktar (EQLK = U-rör, EQLR = Visarinstrument) Övergång

Bredd: 200
Höjd: 120
Anslutningstyp: PG-anslutning
Material: förzinkad stålplåt / AluZink

LUFTBEHANDLINGSAGGREGAT eQ

Projekt
AOC
Aggregat
Storlek

8505 () / Scanai By 005

2.7.130416.1



2013-05-27
Sida 10

FRÅNLUFT

Anslutningsgavel

Tryckfall, dimensionerande

5 Pa

Höljesgavel

Spjäll

Bredd i cm : 200

Höjd i cm: 120

Täthetsklass: CEN 3

Anslutning: pg

Funktion: frånluft

Placering: utvändigt gavel hela

Spjälltyp: 200mm blad

Material: Förzinkad stålplåt

Filter

Aggregatstorlek: 079

Filterklass : F7

Filtertyp: glasfiber, standard

Filterlängd: lång påse (endast stående filterfickor)

Filterram: plast

Anslutningssida: inlopp gavel

Placering: undertryck

Material: fz stålplåt

Inspektionssida: vänster

Tryckfall, start

75 Pa

Tryckfall, dimensionerande

125 Pa

Tryckfall, slut

175 Pa

Frontarea

3,2 m²

Fronthastighet

2,5 m/s

Halkskydd

Aggregatstorlek: 079

Funktion: filter,tomdel

Bredd: 1

Material: aluminium

Versionsnummer: version 1

Analog differanstryckmätare

Utförande: manometer (U-rör)

Tomdel

Aggregatstorlek: 079

Längd: 035

Inspektionsdörr: med (för undertryck)

Inspektionssida: vänster

LUFTBEHANDLINGSAGGREGAT eQ

Projekt 8505 () / Scanai By 005
 AOC ACON-01275108
 Aggregat 10 / LB
 Storlek 079

2.7.130416.1

2013-05-27

Sida 11



Kammarfläkt, Centriflow Plus

Aggregatstorlek: 079

Fläktstorlek: 3

Utrustning : normal + tryckuttag för luftflödesmätning

Vibrationsdämpare: gummi

Placering i höljet: frånluft

Utlösriktning: framåt, till kanal (rektangulär)

Material: fz stålplåt

Inspektionssida: vänster

Dimensionerande data

Varvtal	1001 Rpm
Fläkt verkningsgrad	71,8 %
Totalverkningsgrad	63,4 %
Tryckökning, dimensionerande	588 Pa
Fläktaxe effekt vid dim.data	6,6 kW
Näteffekt	7,48 kW
Temperaturhöjning	0,8 °C

SFP-beräkning

Näteffekt enligt SFP	6,75 kW
Tryckökning	529 Pa
Varvtal	964 Rpm

Enhastighetsmotor

Spänning: 380-420 VD/660-690 VY

Temperaturvakter i statorlindningen: med termistor

Fabrikat: ABB, hög verkningsgrad IE2

Verkningsgrad

89,4 %

Varvtal

974 Rpm

Motoreffekt

11 kW

Ström

23,0 A

Poltal

6

Effektmarginal, minst

20,0 %

Frekvensomriktare

Verkningsgrad

98,7 %

Driftfrekvens

51 Hz

Maxfrekvens vid frekvensomriktardrift

59,1 Hz

Maxvarvtal vid frekvensomriktardrift

1150 Rpm

Dörrstopp (för dörr vid övertryck)

Motortillbehör

Motor: 1-hastighet

Vartalsstyrning: Monterad frekvensomriktare

Anslutningstillbehör:

Säkerhetsbrytare Typ:

Standard

Nätspänning: 3x400 VAC

Halkskydd

Aggregatstorlek:

079 Funktion:

kammarfläkt

(EQLK) Bredd: 1

Material:

aluminium

Versionsnummer

: version 1

Analog flödesmätning för fläktar (EQLK = U-rör, EQLR = Visarinstrument) Övergång

Bredd: 200

Höjd: 120
 Anslutningstyp: PG-
 anslutning Material:
 förzinkad stålplåt / AluZink

