

CHALMERS



Utformning och drift av ventilationen i en förskola

– En jämförelse mellan CAV och VAV-system

*Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet
Byggingenjör*

FREDRIK LARSSON, NATIK AL-TAYYAR

Institutionen för energi och miljö
Avdelningen för installationsteknik
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg 2012
Examensarbete 2012:08

EXAMENSARBETE 2012:08

Utformning och drift av ventilationen i en förskola

– En jämförelse mellan CAV och VAV-system

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet

Byggingenjör

FREDRIK LARSSON, NATIK AL-TAYYAR

Institutionen för energi och miljö
Avdelningen för installationsteknik
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, 2012

Utformning och drift av ventilationen i en förskola
– En jämförelse mellan CAV och VAV-system
*Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet
Byggingenjör*

FREDRIK LARSSON, NATIK AL-TAYYAR

© FREDRIK LARSSON, NATIK AL-TAYYAR, 2012

Examensarbete / Institutionen för energi och miljö,
Chalmers tekniska högskola 2012:

Institutionen för energi och miljö
Avdelningen för installationsteknik
Chalmers tekniska högskola
412 96 Göteborg
Telefon: 031-772 10 00

Institutionen för energi och miljö
Göteborg 2012

Utformning och drift av ventilationen i en förskola

– En jämförelse mellan CAV och VAV-system

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet

Byggingenjör

FREDRIK LARSSON, NATIK AL-TAYYAR

Institutionen för energi och miljö

Avdelningen för installationsteknik

Chalmers tekniska högskola

SAMMANFATTNING

Dagens samhälle är i behov och strävar efter att få ner energianvändningen. Inte minst i byggsektorn där nyare teknik och smarta innovationer gör att vi kan sänka vår energiförbrukning och då även få ner våra energikostnader. Ett sätt att reducera dessa båda faktorer är att byta ut gamla ventilationslösningar mot nya mer energieffektiva system. Att välja en viss typ ventilationssystem är däremot inte alltid ett enkelt beslut då det finns ett flertal olika principer av system man kan utgå ifrån för att ventilera en lokal och skapa ett bra inneklimat. De enklaste ventilationssystemen ger ett konstant luftflöde medans man med mer avancerade system kan använda sig av varierande luftflöden för att förse en lokal med frisk luft utefter det behov som finns.

Denna rapport har i sin helhet tittat på de förutsättningar som finns då man utformar ett ventilationssystem för en förskola. Det har även gjorts en kostnadsjämförelse mellan två olika systemlösningar vilket senare jämförts med varandra i en livscykelkostnadsanalys för att se på kostnaderna under ett längre tidsperspektiv. Det ena systemet med konstant luftflöde och högre energiförbrukning har varit ett så kallat CAV-system. Det andra med varierande luftflöden och lägre energiförbrukning, dock med en större investeringskostnad, är ett så kallat VAV-system. Som referensobjekt till undersökningen och för att avgränsa projektet har Hammerö förskola i Kungsbacka kommun använts

Den information som har samlats in och bearbetats till rapporten, tillsammans med fältundersökningar och kontakt med olika personer, visar på vikten av att förse en förskola med frisk luft. Både för att säkerställa ett bra inneklimat för personalen men även för att barn är en mer känslig grupp och påverkas lättare av olika luftföroreningar. Beräkningarna som har gjorts för att titta på vilket system som är det mest kostnadseffektiva valet visar att det mer avancerade systemet med dess högre investeringskostnader inte lönar sig på lång sikt. Detta till trots att systemet drar mindre energi. Resultatet kan dock tolkas på olika sätt. Val av ventilationssystem uppfyller olika kriterier där ett system som förbrukar mindre energi, trots att det är dyrare i investering, kan vara ett bättre val för vår miljö.

Nyckelord: Ventilation, luftföroreningar, driftstrategi, CAV, VAV, inneklimat, luftflöde, energiförbrukning, kostnadseffektivitet.

Design and operation of ventilation in a preschool
– A comparison between CAV and VAV-systems
Diploma Thesis in the Engineering Programme
Building and Civil Engineering
FREDRIK LARSSON, NATIK AL-TAYYAR
Department of Energy and Environmental Engineering
Division of Building Services Engineering
Chalmers University of Technology

ABSTRACT

In today's society, there is a need of reduce the energy usage. Especially in the construction industry newer technology and smart innovation allows us to reduce our energy consumption which also can lower our energy costs. This can be done by replacing old ventilation systems with new more energy efficient ones. However, it is not always easy since there are several different types of ventilation systems to choose between.

This report has looked at the conditions that exist when designing a ventilation system for a preschool. It has also been a cost comparison between two different systems which later has been compared with each other in a life cycle cost analysis to look at the costs over a longer period of time. The first system has been a so called CAV system that provides a constant air flow but has higher energy consumption. The second ventilation system has been a VAV system that can provide varying air flow rates and thereby reduce energy consumption. However, these systems has a higher investment cost. Hammerö preschool which is located in Kungsbacka, Sweden, has been used as a reference object for the study and also to delineate the project.

All information that has been collected and compiled for the report shows the importance of providing a pre-school with fresh air and to ensure a healthy indoor environment for staff. But also for children which is a more sensitive group and affected more easily by different air pollutants. The calculations in the report show that the VAV system, with its higher investment costs, is the least profitable choice when comparing it with the CAV system during a longer period of time. The result in this report may still be interpreted in different ways. Choice of ventilation system will however comply with various criteria. A system that uses less energy, even though it is more expensive in investment, may be a better choice for our environment.

Key words: Ventilation, air pollution, operating strategy, CAV, VAV, indoor climate, air flow, energy consumption, cost efficiency.

Innehåll

SAMMANFATTNING	I
DIPLOMA THESIS IN THE ENGINEERING PROGRAMME	II
ABSTRACT	II
INNEHÅLL	III
FÖRORD	V
BETECKNINGAR	VI
1 INLEDNING	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Syfte	2
1.3 Frågeställning	2
1.4 Metod	3
1.5 Avgränsningar	3
1.6 Disposition	4
2 FÖRUTSÄTTNINGAR FÖR EN FÖRSKOLA	5
2.1 Krav och rekommendationer på luftflöde	5
2.2 Föroreningar och hälsoeffekter	6
2.3 Städ rutiner	6
3 VENTILATIONSSYSTEM I EN FÖRSKOLA	8
3.1 Driftstrategier	8
3.1.1 CAV	8
3.1.2 VAV	9
3.1.3 DCV	9
3.1.4 Reflektioner kring olika ventilationssystem	9
3.2 Hammerö förskolas ventilation	10
3.2.1 Studie kring befintligt ventilationssystem	11
3.2.2 Nyprojekterade ventilationssystemlösningar för Hammerö förskola	12
4 KOSTNADSJÄMFÖRELSE	13
4.1 Investeringskostnader	13
4.2 Driftskostnader	15
4.2.1 Tilluftstemperaturer	15
4.2.2 Ventilationssystemens driftstider	16
CHALMERS , <i>Energi- och miljö</i> , Examensarbete 2012:08	III

4.2.3	Driftkostnad CAV-system	17
4.2.4	Driftkostnad VAV-system	17
4.3	Underhållskostnader	20
4.4	LCC kalkyler	20
5	RESULTAT	22
6	DISKUSSION OCH SLUTSATSER	23
7	REFERENSER	25

BILAGOR

Bilaga 1 – Ritningar över Hammerö förskola

Bilaga 2 – Underlag enkätundersökning

Bilaga 3 – Medeltemperatur Kungsbacka kommun

Bilaga 4 – Sammanställning på kostnadskalkyl från Wikells sektionsdata

Bilaga 5 – Driftkostnader

Bilaga 6 – Underhållskostnader

Bilaga 7 – LCC kalkyler

Förord

Denna rapport skrivs på initiativ av konsultföretaget WSP och redovisas som ett examensarbete. Examensarbetet består av 15 högskolepoäng vilket är en del av den treåriga utbildningen i Byggteknik på Chalmers Tekniska Högskola och har genomföras i samarbete med institutionen för energi och miljö, avdelning installationsteknik.

Vi vill härmed framföra ett stort tack till våra handledare Erwin Spijker och Tomas Utterhall på WSP i Göteborg som tagit initiativet till detta examensarbete och hjälp oss driva projektet framåt. Största möjliga tack även till examinator Jan Gustén och handledare Anders Trüschel på Chalmers tekniska högskola som tagit sig an alla våra frågor och bollat idéer. Er hjälp har varit ovärderlig för att driva detta projekt i mål. Vi vill även passa på att tacka övriga som tagit sig tid att hjälpa och samla in material. Däribland Johan Edlund, energiingenjör på Lokalförvaltningen i Göteborg. Pontus Qvist, marknadsförningsansvarig på Swegon AB samt personal på Kungsbacka kommun och Hammerö förskola. Tack!

Att ha gjort detta examensarbete har varit mycket lärorikt och värdefullt för oss. Vi hoppas även att rapporten kommer vara till hjälp för de som finner intresse i att läsa den.

Göteborg juni 2012

Fredrik Larsson, Natik Al-Tayyar

Beteckningar

Beteckning	Enhet	Storhet
A_{temp}	m^2	Area tempererad
c_p	$kJ/kg \cdot K$	Specifik värmekapacitet
I	kr	Investeringskostnad
N	år	Ekonomisk livslängd
$NuSF$	-	Nusummeffaktor
$p, \Delta p$	Pa	Tryck, tryckuppsättning fläkt
Q	Wh	Värmeenergi
\dot{Q}	$J/s = W$	Värmeeffekt
r	%	Ränta
SFP	$kW/m^3/s$	Specifik fläkteffekt (Specific Fan Power)
$t, \Delta t$	$^{\circ}C$	Temperatur, temperaturdifferens
\dot{V}	m^3/s	Volymflöde
W	J, Wh	Elenergi
\dot{W}	W	Eleffekt
η	%	Verkningsgrad
ρ	kg/m^3	Densitet
τ	h	Tidskonstant

1 Inledning

Kärnan i denna rapport kommer att behandla vilket typ av ventilationssystemen, CAV-system (Constant Air Volume) och VAV-system (Variable Air Volume), som är den mest kostnadseffektiva driftstrategin att använda i en förskola. Till detta kommer rapporten även att redogöra för de förutsättningar som finns och bör beaktas då man projekterar ett ventilationssystem och resonera kring hur man på bästa sätt kan skapa ett bra inneklimat med hjälp av ventilationen.

1.1 Bakgrund

I dagens samhälle strävar man efter att få ner den höga energianvändningen och på detta sätt kunna reducera sina energikostnader. Då bygg- och fastighetssektorn i Sverige, enligt energimyndigheten, står för cirka 30 % av energianvändningen så finns det ett behov av att minska på denna (Köhler 2010). Mycket av energianvändningen under en byggnads livslängd går åt till driften av dess installationer och det utgör en dominerande del av samhällets energibehov. Det är framförallt i det befintliga byggnadsbeståndet som man med hjälp av ny kunskap och bättre teknik kan få ner energianvändningen genom att byta ut föråldrad teknik. Exempelvis då genom att byta ut gamla ventilationssystem.

Tidigare undersökningar och beräkningar visar att det ofta är kostnadslönsamt att byta ut det gamla ventilationssystemet mot en nyare men det är inte alltid självklart att det är mer lönsamt att välja ett VAV-system framför ett CAV-system. Huruvida det är lönsamt eller ej beror ofta på den form av verksamhet som bedrivs i lokalen vilket leder rapporten in på förskolor. Verksamheten i förskolor skiljer sig från annan skolverksamhet där elever eller studenter under lektionstid vistas i en föreläsningssal alternativt ett klassrum. Efter lektionstid så lämnas ofta rummen tomma vilket ger en möjlighet att vädra ur lokalen samt gå ner i luftflöde medans det i en förskola finns ett mer varierande rörelsemönster. Till hjälp för att genomföra undersökningen och som referensobjekt finns Hammerö förskola i Kungsbacka kommun. Hammerö förskola har i dagsläget endast ett frånluftssystem och luften som tillförs lokalerna tas in via friskluftsventiler installerade längsmed väggarna. För Hammerö förskola har WSP i dagsläget projekterat ett CAV-system och ett VAV-system med tillhörande rambeskrivningar som ger en förutsättning för att teoretiskt undersöka vilket av dessa system som är det mest kostnadslönsamma alternativet.

I dagsläget finns det ett antal studier kring hur människors hälsa påverkas av dåliga ventilationsförhållanden i förskolelokaler. Detsamma gäller studier i hur man sparar energi och pengar genom byggtekniska åtgärder i förskolor vilket omfattar byggnaderna som helhet. Denna rapport kommer istället, ur ett installationstekniskt perspektiv, fokusera på byggnadernas ventilationssystem. Tyngdpunkten kommer främst vara att titta på vilket val av system som är det mest kostnadseffektiva och inkluderar investering (material och arbete), drift samt underhåll där alla dessa delar sammanställs i en LCC-kalkyl (livscykelkostnadsanalys). Utöver kostnadsjämförelsen

så tar rapporten upp de förutsättningar som finns för att skapa ett tillfredsställande inneklimat och bra trivselförhållanden vilket ger en bättre förståelse för ventilationssystemens uppbyggnad.

1.2 Syfte

Det huvudsakliga syftet med denna rapport är att undersöka och ge underlag på frågan om vilket luftbehandlingssystem som är det mest kostnadseffektiva alternativet av driftstrategi då man jämför ett CAV-system respektive ett VAV-system i en lokal där man har förskoleverksamhet. Frågans relevans fås ur det faktum att det finns få liknande undersökningar om vilket system som är det mest kostnadseffektiva även om man kan spara mer energi med ett VAV-system. Ett VAV-system är dock nödvändigtvis inte lika kostnadseffektivt då dessa system är mer tekniskt avancerade, innehåller fler komponenter, dyrare i inköp samt kräver mer underhåll än ett CAV-system.

Genom att rapporten dessutom tar upp de förutsättningar som finns då man utformar ett ventilationssystem för en förskola är det slutliga målet att den sammanställda informationen i framtiden skall kunna användas som ett hjälpmedel för olika aktörer. Det gäller exempelvis aktörer inom konsultverksamhet, byggindustrin eller beslutsfattare inom den offentliga sektorn. Rapporten skall till viss del även fungera som ett hjälpmedel under utformningen av liknande objekt och ge möjlighet till spridning av kunskap inom området. Dessutom ger rapporten förslag på fortsatta studier inom området då det ej kommer bli ett komplett projekteringsunderlag.

1.3 Frågeställning

De huvudsakliga frågeställningarna i denna rapport är följande:

- Vilka förutsättningar finns för en förskola med avseende på luftmängd och luftkvalitet, föroreningar, hälsoeffekter samt städrutiner?
- Hur ser systemuppbyggnaden ut och på vilket sätt skiljer sig de projekterade ventilationssystemen på Hammerö förskola? Finns det ett behov av att byta ut frånluftssystemet som finns där idag?
- Vilket av de båda olika systemen är det mest kostnadseffektiva alternativet då man tittar på bland annat investering, drift och underhåll? Vad fås för resultat av de olika systemen i en livscykelkostnadsanalys (LCC).

1.4 Metod

För att kunna avgöra vilket ventilationssystem som bäst lämpar sig för Hammerö förskola, både utifrån det mest kostnadseffektiva alternativet samt den typ av system som lämpar sig bäst för verksamheten, så har information samlats och utvärderats på flera sätt.

Genom tidigare tekniska rapporter, föreskrifter och andra litteraturstudier har viss information valts att presenteras. Informationen har gallrats genom ett installationstekniskt perspektiv vilket lägger en god grund i ämnet och bygger en förståelse för hur man på ett bra sätt kan skapa ett tillfredställande inneklimat med hjälp av ventilationen.

Under projektets gång har även studiebesök och intervjuer ägt rum. Det har bland annat gjorts med personal på Hammerö förskola för att få en bättre insyn i hur förskoleverksamhet fungerar. Under besöket på Hammerö förskola fick personal svara på frågor angående hur de upplevde inneklimatet på deras arbetsplats. Samtidigt togs mätningar på luftkvalitet och temperaturer för att utreda behovet av ett nytt ventilationssystem. Intervjuer har även gjorts med Lokalförvaltningen (LF) i Göteborg för att diskutera och få ta del av deras statistik över energiförbrukningen i förskolor.

Med hjälp av handledare på WSP och Chalmers har kostnadsjämförelsen på de olika projekterade ventilationssystemen gjorts. Investeringspris på de olika systemen har beräknats samtidigt som vi undersökt driftskostnader och underhållskostnader varefter alla delar sammanställts i rapporten.

1.5 Avgränsningar

Detta examensarbete jämför huruvida det är mest kostnadseffektivt att välja ett CAV-alternativt VAV-system i en förskola. Till detta kommer det även att tas upp vad man bör tänka på då man projekterar en förskolas ventilationssystem och förklaring på hur de olika systemen är uppbyggda och vad som skiljer dem åt.

Fokus kommer huvudsakligen ligga på de tekniska lösningar som finns på marknaden för att skapa bra luft inomhus och inte på de beteendemässiga mönster som förutsätts finnas för de verksamma på förskolan eller hur dessa kan ändras. Det skall dock tilläggas att det är viktigt att beakta hur de beteendemässiga mönstrarna ser ut för att säkerställa att man ventilerar på rätt plats med tillräcklig mängd luft.

Arbetet koncentrerar sig framför allt på Hammerö förskola vilket gör att rapporten naturligtvis inte är representativ för alla förskolor. En utförligt detaljerad genomgång av alla aspekter är inte möjlig att genomföra och gynnar inte heller analysen som har en mer övergripande karaktär.

1.6 Disposition

Nedan följer en kort beskrivning av rapportens olika kapitel samt en kort beskrivning av dess innehåll.

Kapitel 2 – FÖRUTSÄTTNINGAR FÖR EN FÖRSKOLA tar upp bland annat upp de krav och rekommendationer som finns angående luftflöden. Vidare ges här övergripande information om varför man ventilerar lokaler och vad konsekvenserna blir vid otillräckligt luftutbyte där man bedriver verksamhet.

Kapitel 3 – VENTILATIONSSYSTEM I EN FÖRSKOLA redovisar de olika typer av ventilationssystem som finns på marknaden och förklarar principiellt hur dessa fungerar och vad som skiljer de olika systemen åt. I detta kapitel tar vi även en närmare titt på Hammerö förskolas ventilation i dagsläget samt kollar på de framtida lösningar på ventilationssystem som finns.

Kapitel 4 – KOSTNADSJÄMFÖRELSE kommer att beskriva hur vi har gått tillväga i beräkningarna av investerings-, drifts- och underhållskostnaderna för CAV-respektive VAV-systemet samt den resulterande LCC kalkylen. I detta kapitel kommer sammanställningen för beräkningarna visas medans de utförliga handberäkningarna återfinns i bilaga.

Kapitel 5 – RESULTAT sammanställer de resultat som redovisats i kapitel 2 – 4 samt återknyter till frågeställningen.

Kapitel 6 – DISKUSSION OCH SLUTSATSER kommer att resonera kring rapportens resultat samt belysa dess innehåll. Här kommer även ges förslag till vidare frågeställningar.

2 Förutsättningar för en förskola

Vi människor spenderar en väsentlig del av sitt liv inomhus, antingen i våra bostäder eller på våra arbetsplatser. Det gör i sin tur att människors hälsa och välbefinnande påverkas därefter. Samma mönster som för vuxna personer gäller oftast för deras barn. Då föräldrarna är på arbetsplatsen så tillbringar de flesta barnen sina dagar i skola, förskola eller på fritidshem. Att barn i åldrarna 1-5 år spenderar dagarna i förskola blir allt mer vanligt. Hösten 2011 var 472 200 barn inskrivna på förskola vilket motsvarar 83 procent av det totala antalet i åldersgruppen 1-5 år (Skolverket 2012).

Genom tekniska installationer i byggnader så kan man säkerställa en god inomhusmiljö vilket leder till att människors hälsa och välbefinnande bibehålls och motverka symptom på bland annat trötthetskänsla och koncentrationssvårigheter som kan uppstå till följd av dåligt inneklimat (Sahlgrenska Universitetssjukhuset 2009, s.1). Ett väl fungerande ventilationssystem utgör en stor faktor på hur man upplever inomhusklimatet, så även i en förskolelokal. Ventilationssystemets uppgift är att vädra ur byggnaden och samtidigt förse den med ren och frisk luft (Svensk Ventilation 2004, s.39). Det kalla klimatet i Sverige gör att vi bygger mycket täta huskonstruktioner. Följden av detta blir att ventileringen av byggnader sker på mekanisk väg och inte genom självdragsventilation för att säkerställa tillräckligt luftutbyte i lokalerna.

2.1 Krav och rekommendationer på luftflöde

Enligt Boverkets normer i BBR12, huvudparagraf 6.25 så framförs följande angående ventilationen:

Ventilationssystem skall utformas så att erforderligt uteluftsflöde kan tillföras byggnaden. De skall också kunna föra bort hälsofarliga ämnen, fukt, besvärande lukt, utsöndringsprodukter från personer och byggmaterial samt föroreningar från verksamheter i byggnaden. (*BFS 2006:12*)

Detta inledande avsnitts följs av de krav som ställts på ventilationsflödet där lägsta uteluftsflöde skall uppgå till 0,35 l/s per m² golvarea när rummet används. Som komplement till det kravet finns att i rum eller del av rum som samlingslokaler där personer vistas mer än tillfälligt så bör uteluftsflödet uppgå till minst 7 l/s per person vilket gäller för varje person som samtidigt kan tänkas vistas där och det är under denna kategori som förskola hamnar under.

Socialstyrelsen allmänna råd (SOSFS 1999:25) har som norm att i skolor och andra lokaler för barnomsorg så bör uteluftsflödet vid stillasittande sysselsättning inte understiga 7 l/s per person (Socialstyrelsen 1999). De säger också att hänsyn skall tas till andra källor som alstrar föroreningar vilket innebär att ett tillägg på minst 0,35 l/s per m² golvarea bör göras. Dessa riktlinjer är även de som arbetsmiljöverket utgår ifrån.

På lokaler i Kungsbacka kommun så har man enligt Åberg¹ satt ett luftflöde på 10 l/s och person. För förskolor gäller dessutom att dessa lokaler skall hålla en inomhustemperatur på 21 °C samt att man under helger och vardagskvällar efter det att verksamheten har slutat så stängs ventilationen av.

2.2 Föroreningar och hälsoeffekter

Byggnader utsetts för belastningar som påverkar deras inomhusklimat. Dessa belastningar kan både komma utifrån och inifrån byggnaden. Vi människor alstrar föroreningar genom andning, svettning och partiklar från hud och kläder. Möbler, apparater och kemikalier avger också föroreningar. En annan belastning som inte får glömmas är internvärme från exempelvis människor, belysning och maskiner. Utan dessa belastningar och krav på inomhusmiljön skulle de inte finnas något behov av installationer. Förr i tiden så ventilerade man genom att öppna fönstren i lokalen vid behov. Detta görs fortfarande trots att vi idag vet att uteluften kan vara förorenad från industrier och trafik och därför kräva filtrering för att uppnå en god kvalitet (Karlsson, 2005, s.8).

För projektering av förskola skall i första hand den geografiska placeringen beaktas då närliggande kraftigt trafikerade vägar och industrier kan ge upphov till luftföroreningar och buller. Även placering vid närliggande djurhållningsmiljöer som exempelvis häststall och ladugårdar bör undvikas med hänsyn till lukt- och allergiproblem. Placering i närhet av kraftledningar, nätstationer och annan installation som genererar magnetiska fält bör undvikas då även detta kan medföra hälsorisker (Miljöförvaltningen 2008, s.11). Andra exempel på föroreningar är radon och föroreningar orsakade av fuktskador vilket leder till dålig luftkvalitet. För skolor och förskolor ska radonhalten vara lägre än 200 Becquerel per kubikmeter luft - Bq/m³. Dålig luftkvalitet inomhus kan leda till besvär i form av illamående, ögon- näs och halsirritation, huvudvärk och allmän trötthet som kan leda till framtida allergibesvär för både personal och barn. Därav det viktiga behovet för ett väl fungerande mekaniskt ventilationssystem.

2.3 Städrutiner

Då barn är en känslig grupp är det viktigt att värna om miljöerna de vistas i. Genom frekvent skötsel och städning skall förskolan anordnas så att sanitär olägenhet ej uppstår (SFS 1998:808. 9 kap.). Med sanitär olägenhet menas något som kan vara skadligt för människors hälsa och som inte är ringa eller helt tillfälligt. Exempel på detta kan vara fukt- och mögelskador, dålig luftkvalitet eller annan olägenhet som kan leda till allergi- och överkänslighetsreaktioner. Bedömningen för sanitära olägenheter görs ur ett medicinskt och hygiensikt perspektiv vilket inte skall leda till att olägenheter inte undanröjs på grund av tekniska eller ekonomiska faktorer. Det har

¹ Erik Åberg (Projektsamordnare, Serviceområde fastigheter, Kungsbacka kommun) 14 maj 2012.

även visats ett samband mellan städning och bedömning av luftkvalitet och inneklimat. Vid sämre genomförd städning kan detta leda till ökad stress och minskad trivsel som upplevs bero på belysning, ljudnivå eller värmekomfort men i själva verket grundar sig i dålig luftkvalitet (Gustavsson 2002, s.7).

Då städning är en faktor som leder till god inomhusluftskvalitet är det viktigt att denna sker regelbundet och noggrant. Av Socialstyrelsen krävs ett skriftligt rengöringsprogram som upprättas utifrån en riskbedömning av verksamheten där det framgår hur ofta de olika delarna av förskolan som hygienrum och andra belastade områden skall städas, i vilken omfattning och vem som skall genomföra städningen. De olika städmetoderna och valen av rengöringskemikalier bör också redovisas i programmet. Andra faktorer som påverkar inomhusluften är exempelvis byggnadens konstruktion och material, värmesystem, inredning och ventilation.

Då byggnadens ventilation påverkar inomhusluften så skall ventilationsdon rengöras för att både vara effektiva och bibehålla luftflödena samt minska spridningen av dammpartiklar i luften. Det är viktigt då damm kan innehålla bakterier, virus, pollen, mögelsporer och många andra ämnen som skulle kunna vara en hälsorisk (Edofsson, Gillbro, Runsteen & Norbäck 2002, s.8-10). Rengöring av till- och frånluftsdon ansvarar förskolan för medan fastighetsägaren ansvarar över kontroll och underhåll av ventilationssystemet. Även här skall det förekomma skriftliga instruktioner om skötsel. Exempel på det är information om när filtren i ventilationsaggregat skall bytas och när den obligatoriska ventilationskontrollen (OVK) skall genomföras. Denna information bör även förskolan ha kännedom om (Socialstyrelsen 1996).

3 Ventilationssystem i en förskola

Att ha tillgång till ren och frisk inomhusluft är en förutsättning för att uppnå ett bra inomhusklimat i en förskola. Det krävs då att man har ett väl fungerande ventilationssystem som kan tillföra tillräcklig mängd luft via tilluftskanalerna för att späda ut den förorenade rumsluften. Samtidigt skall gammal och dålig luft som består av exempelvis högre halter koldioxid, fukt och emissioner från byggmaterial transporteras bort ut ur vistelsezonen via frånluftskanalerna. Det som avgör ventilationens storlek utgår då inte från människors syrebehov utan från de hygieniska och termiska krav som finns och måste därefter hållas på en viss nivå.

Under lång tid projekterades de flesta ventilationsanläggningar efter myndighetskrav. Det gjordes med avseende på att uppfylla minimikrav på bland annat luftmängd, antalet luftväxlingar och kyl- eller värmebehov. Nu för tiden projekteras en lokal utefter den verksamhet som bedrivs i lokalen då man inte kan standardisera olika lokalers behov (Svensk Ventilation 2004, s.45). I en förskola kan det dock bli komplicerat att utforma ventilationssystemet efter verksamheten då behovet av ventilation varierar med tiden. På kort sikt kan det beskrivas med att personal och förskolebarn rör sig runt i lokalerna vilket kan medföra att fler personer kan vistas samtidigt i ett rum än vad ventilationen klarar av. På längre sikt så varierar även antalet inskrivna barn på förskolan vilket gör att behovet av ventilation förändras med tiden (Härryda kommun, miljö- och hälsoskydd 2011, s.8). Principiellt gäller dock att ventilationen skall klara av att förse förskolan med tillräcklig mängd ventilationsluft vid normal användning.

3.1 Driftstrategier

Ordet driftstrategi syftar i sammanhanget till att beskriva ventilationssystemets möjligheter att styra storleken och eventuell variation på luftflödena samt reglera systemets drifttid. Detta kapitel kommer till stor del, om inget annat nämns, att bygga på A, Karlssons (2005). *Behovsstyrd ventilation i lokalbyggnader*, Kapitel 2.9 och 4. För att förse en lokal med luft finns det olika driftstrategier att utgå ifrån och dessa kan delas in i tre huvudgrupper:

- CAV (Constant Air Volume)
- VAV (Variable Air Volume)
- DCV (Demand Controlled Ventilation)

3.1.1 CAV

CAV-systemet (Constant Air Volume) är den mest vanliga formen av ventilationssystem i Sverige idag. Systemet använder sig av ett konstant luftflöde där temperaturen på tilluften kan variera för att upprätthålla de rätta förutsättningarna för inneklimatet. Systemet dimensioneras för en nästan maximal belastning vilket gör att

det kan vara överdimensionerat för de fall då exempelvis en lokal står tom. Detta leder till att systemet ofta använder mer energi än vad som är nödvändigt.

3.1.2 VAV

VAV-systemen (Variable Air Volume) använder sig av ett variabelt luftflöde. Det medför att dessa system är lämpliga där man exempelvis kontrollerar temperaturen via ventilationen eller där man har varierande belastning. Om systemet använder sig av samma konstanta tilluftstemperatur gör det att inneklimatet bestäms av luftflödets variation. Flödet i dessa system kan regleras på flera olika sätt. Det vanligaste är dock att man använder sig av frekvensomvandling vilket innebär att man ändrar den frekvensen på strömmen som driver fläktmotorn och gör att hastigheten hos motorn ändras. Det leder i sin tur till att man kan få högre respektive lägre luftflöden och på detta sätt skapa ett system som är mer energieffektivt.

3.1.3 DCV

DCV (Demand Controlled Ventilation) är med vardagligt tal mer känt som behovsstyrd ventilation. Dessa system fungerar så att ventilationsflödet antingen styrs automatiskt med hänsyn till de behov som finns i rummet eller manuellt av de personer som befinner sig i ett rum, exempelvis konferensrum och samlings-salar. Vid automatisk styrning kan systemet styras på ett flertal olika sätt. Bland annat kan systemet styras med hänsyn till luftföroreningar, temperatur eller brandskydd. Men som namnet även anger så är det verksamheten och dess förutsättningar som styr vilket innebär att det är behovet som bestämmer systemets uppbyggnad och funktion.

3.1.4 Reflektioner kring olika ventilationssystem

Det kan ibland vara svårt att skilja på de olika systemen då dess egenskaper integrerar varandra. Ett CAV-system som kan använda sig av två olika flödes-hastigheter kan av vissa ses som ett VAV-system på grund av flödesvariationerna. Exempel på detta är ett två-hastighetssystem som är ett mer flexibelt CAV-system och skapar möjligheten att reducera eller stänga av ventilationen under tiden då verksamheten inte pågår. För andra så är ett VAV-system ett system som är uppbyggt av aktiva don och spjäll som styrs av givare för att reglera luftflödena. Desamma gäller skillnaderna mellan DCV och VAV. Då VAV-systemet styrs med hänsyn till belastningen i rummen kan det även ses som ett DCV-system. Vidare kan man säga att DCV bör istället ses som en beskrivning av styrparametrar och mål för systemet medan VAV och CAV får bli de tekniska lösningarna som kan användas för att uppfylla önskade mål och krav.

Beroende på utformning av val av driftstrategi så får ventilationssystem olika möjligheter kopplade till systemets funktion, energiförbrukning, ekonomi och kan även indirekt kopplas till miljöpåverkan. Gemensamt för utformningen av ventilationssystem är att det ska använda så lite energi som möjligt för att spara på

energikostnaderna utan att göra anspråk på den luftkvalitet som eftersträvas. CAV-systemet har en enklare uppbyggnad och utformning som gör att dessa system ofta är billigare i inköp än ett VAV-system. Samtidigt är det enklare att reglera då det saknar utrustning för att anpassa systemet efter olika flöden. Med ett VAV-system skapas större möjligheter till reglering av luftflödena och dessa system kan anpassas så att man ventilerar med rätt mängd luft på rätt plats där behov finns. Fördelarna med VAV är att man med dessa system även kan dra ner på energiförbrukningen vilket i sin tur medför lägre kostnader (Innergård 2011, s.17).

3.2 Hammerö förskolas ventilation

Hammerö förskola som byggdes 1971 består i dagsläget av tre avdelningar för barnen som går där. En avdelning för de yngre barnen, ett till tre år samt två avdelningar för barn i åldrarna tre till sex år. I byggnaden finns även en avdelning med bland annat tillgängligt personalutrymme, expedition och kök. Lunchmaten kommer levererad till förskolan från ett tillagningskök medans frukost, mellanmål och salladsbuffé tillagas i det egna köket.

På förskolan finns idag upprättat ett frånluftssystem (F-system) med tio frånluftsfläktar. Uteluft erhållas via friskluftventiler monterade i fasaden på byggnaden och kan justeras till den öppningsgrad man önskar. I de fall då personalen på Hammerö förskola upplever att friskluftventilerna ger otillräckligt med luftutbyte i lokalerna vädrar man genom att öppna fönstren. Frånluftsdonen i lokalerna är normalt placerade i matrum, toaletter, ovanför diskbänkar och i verkstäder. Även i de större lekrummen finns frånluftsdon vilket skapar ett undertryck som suger in uteluften via friskluftventilerna. Frånluftssystemet är i drift under verksamhetens öppettider (06.00-18.00) och avstängt då förskolan inte används. Exempelvis på kvällar och helger.



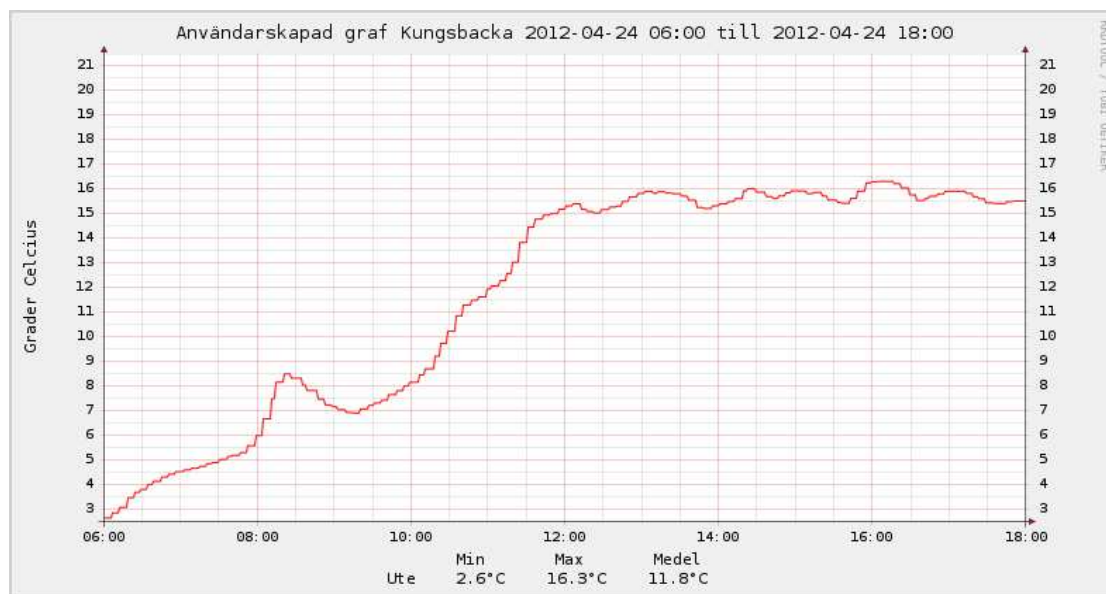
Figur 3.1 Friskluftventil monterad i fasaden på Hammerö förskola.

3.2.1 Studie kring befintligt ventilationssystem

Genom de enkätundersökningar, se Bilaga 2, och intervjuer som ägt rum med personal på förskolan så upplevde samtliga deltagande att de någon gång eller ofta upplevt instängd ”dålig” luft och obehaglig lukt. Vanligast upplevdes detta efter helgerna då förskolan har varit stängd men även till viss del då verksamheten startar på morgonen. En bidragande orsak till upplevelsen av dålig luft och lukt kan bero på att ventilationen i lokalen är avstängd då verksamheten inte pågår.

Under studiebesök på förskolan, den 24 april 2012, gjordes mätningar av temperatur (°C) och koldioxidhalt (CO₂). CO₂-halten utomhus låg under dagen kring 440 ppm. Mätningar av CO₂-halten inomhus gjordes både på obelastade och belastade lekrum, matrum och vilorum. Gemensamt för de olika avdelningarna på förskolan var att halten koldioxid snabbt ökade vid belastning. Exempel på detta var före och efter måltid. Vid obelastad mätning erhöles CO₂-halten 660 ppm i rummet då en person ur personalen vid mättillfället vistades där. Under samma tidpunkt var resten av personalen samt barnen på denna avdelning utomhus. Vid den belastade mätningen då alla på avdelningen, 13 barn och 3 vuxna, hade samlats för måltid erhöles CO₂-halten 1040 ppm även om friskluftsventilerna i lokalerna stod öppna och frånluftssystemet var igång. Detta överstiger de föreskrifter givna av Socialstyrelsen och Arbetsmiljöverket som säger att man skall eftersträva att hålla koldioxidhalten lägre 1000 ppm under dagen (Arbetsmiljöverket 2009, s.50).

Utomhustemperaturen låg under dagen på runt 15,5 °C vilket var samma temperatur som uppmättes kring friskluftsventilerna. Luften som via friskluftsventilerna förser förskolan har alltså inte möjlighet att värmas upp innan den sprids i lokalerna. Under vinterhalvåret när det är låga utomhustemperaturer har detta lett till att personalen upplever kallras nära friskluftsventilerna vilket gjort att man stängt igen ventilerna. Det leder vidare till en oventilerad inomhusmiljö med försämrad luftkvalitet vilket har visats i våra mätningar ute på Hammerö förskola. Under förskolebarnens vilostund, då vilorummet var belastat, uppmättes en CO₂-halt på 1250 ppm medans den obelastade CO₂-halten låg på ca 600 ppm. Här var vilorummets friskluftsventil stängd och gömd bakom hyllor samtidigt som frånluftssystemet var igång. Till vilorummet går det två dörrar varav en dörr var helt stäng samtidigt som den andra stod lite på glänt under vilostunden. Det medförde i sin tur att luftcirkulationen till rummet försvårades ytterligare.



Figur 3.2 Lufttemperaturens variationer utomhus i Kungsbacka den 24 april 2012.

3.2.2 Nyprojekterade ventilationssystemlösningar för Hammerö förskola

De nyprojekterade ventilationssystem för Hammerö förskola består av ett CAV-system och ett VAV-system som ska kostnadsjämföras med varandra. Både de projekterade systemen är FTX-systemet där de flesta av tilluftsdonen skall placeras i mat- och lekrum. Med FTX-system menas att ventilationssystemen har både till och frånluft samt att de har värmeåtervinning. Frånluftsdonen i lokalerna kommer att placeras i närliggande rum som exempelvis verkstad, skötrum, förråd och kök, se Bilaga 1. Luften skall då via överluftsdon, placerade ovanför dörrar, förflytta sig genom de olika rummen och transporteras ut genom frånluftsdonen. Aggregatet skall placeras i fläktrum på taket med till- och frånluftkanaler dragna genom vinden vidare ut i lokalerna. De nya systemen kommer precis som tidigare också att ha avstängd ventilation då verksamheten inte är igång.

4 Kostnadsjämförelse

För att få en uppfattning om kostnaderna för de båda olika ventilationssystemen måste hänsyn tas till kostnader för investering (material- och arbetskostnader) drift samt underhåll. Med denna information kan sedan en LCC beräknas fram vilket visar de långsiktiga kostnaderna för de två olika systemen. Det system som är minst kostsamt i investering kan visa sig vara mer kostsamt under en viss tidsperiod på grund av höga driftskostnader.

Luftbehandlingsaggregatet som skall användas i de båda nya systemen är eQ-aggregat från Fläkt Woods. Detta är Fläkt Woods nya serie aggregat vilket marknadsförs som energi- och kostnadseffektiva samt flexibla. Fläktmotorerna för aggregaten som valts att användas är asynkronmotorer med effektivitetsklass IE2 (EFF1).

För CAV-systemet används ett aggregat av storlek eQ-023 vilket är större än för VAV-systemet som använder sig av storleken eQ-014. Fläktarna för de två aggregaten är även de olika vilket hänsyn har tagits till i driftskostnadsberäkningarna.

4.1 Investeringskostnader

Materialkostnaden för de olika systemen har beräknats med Wikells sektiondata vilket är ett kalkylprogram för bygg, el och VVS branschen. Alla komponenter i de olika ventilationssystemen är listpriser, alltså priser utan rabattsatser. Genom rambeskrivningen för de olika systemen kunde antal enheter som don, spjäll och galler tas fram. Antal enheter kontrollerades sedan mot V-ritningarna, se Bilaga 1. Genom ritningarna mättes även kanalernas storlek och längd fram.

Vid avslutad materialkostnadsberäkning visade sig att VAV-systemet var nästan tre gånger mer så kostsamt än CAV-systemet. Materialkostnaderna för VAV låg på 1 429 812 kr och för CAV på 578 077 kr, se Bilaga 4. Det som utmärker sig i prisskillnaden i material för de olika systemen är de aktiva till- och frånluftsdonen samt spjäll som hör till VAV-systemet vilket visas i Tabell 4.1.

Tabell 4.1 Skillnaden i pris för de olika systemens till- och frånluftsdon samt spjäll.

System	Summa (kr) Till/frånluftsdon och spjäll.
VAV	728 331
CAV	108 085

Vid samtal med Qvist² framgick att prisskillnaden på de olika systemen inte var orimlig men att man ändå bör ta hänsyn till en viss rabattsats på VAV-systemets. Förklaringen var att systemets aktiva don och spjäll har en mycket högre rabattsats (ofta ytterligare 30 % rabatt jämför med övriga komponenter) än de don och spjäll som förekommer i CAV-systemet. Därför har en rabattsats på 30 % valts att subtraheras bort på systemets aktiva don och spjäll. Denna nya summa har valts att användas i vidare beräkningar. Detta ger en ny materialkostnad för VAV-systemet på 1 211 312 kr.

Tabell 4.2 Skillnaden i pris för de olika systemens till- och frånluftsdon samt spjäll med en avdragen rabattsats på VAV-systemet.

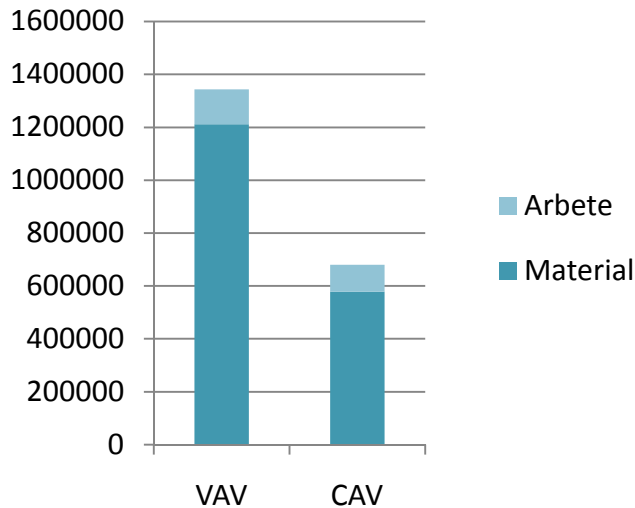
System	Summa (kr) Till/frånluftsdon och spjäll.
VAV	509 831 (med 30 % avdrag)
CAV	108 085

I Wikells sektionsdata adderas sedan en arbetskostnad för montering av systemet med en arbetslön på 143,00 kr per timma. Arbetstiden för de olika systemen visade skilja sig på cirka 50 timmar. För VAV-systemet var arbetstiden 234 timmar medan det för CAV-systemet var 180 timmar. Kostnaderna för arbete är inkluderade i investeringskostnaderna och där tillkommer även ett omkostnadspålägg för arbetet på 294 %. Se Tabell 4.3 för den nya totala investeringskostnaden som använts i vidare beräkningar samt Figur 4.1 som illustrerar skillnaden i pris mellan systemen.

Tabell 4.3 Total investeringskostnad för de båda olika ventilationssystemen som har använts i vidare beräkningar.

System	Totalsumma investering (kr)
VAV	1 343 170
CAV	679 589

² Pontus Qvist (Marknadsföringsansvarig, Swegon AB) 28 maj 2012.



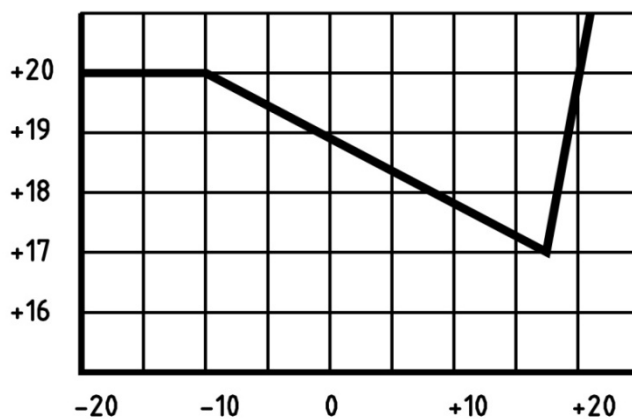
Figur 4.1 Skillnad i investeringskostnad mellan CAV- och VAV-system.

4.2 Driftskostnader

Driftskostnaderna för de olika ventilationssystemen inkluderar både driftskostnaden för luftvärmaren (fjärrvärmeenergi) och fläktarna (elenergi). För VAV-systemet har även hänsyn tagits till systemets aktiva don och spjäll vilket ökar den totala elenergikostnaden. För beräkning av driftskostnaderna har av Larsson³ priserna på el och fjärrvärme enligt 2011 år pris erhållits. Det använda elpriset är på 0,95 kr/kWh och fjärrvärmepriset på 0,40 kr/kWh.

4.2.1 Tilluftstemperaturer

För att bestämma luftvärmarens värmeeffektförbrukning per månad för båda systemen har dygnsmedeltemperaturen för den aktuella orten Kungsbacka använts, se Bilaga 3. Med diagrammet som visas i Figur 4.2 kan därefter tilluftstemperaturen plockas fram.



Figur 4.2 Tilluftstemperaturens variation som funktion av utomhustemperaturen.

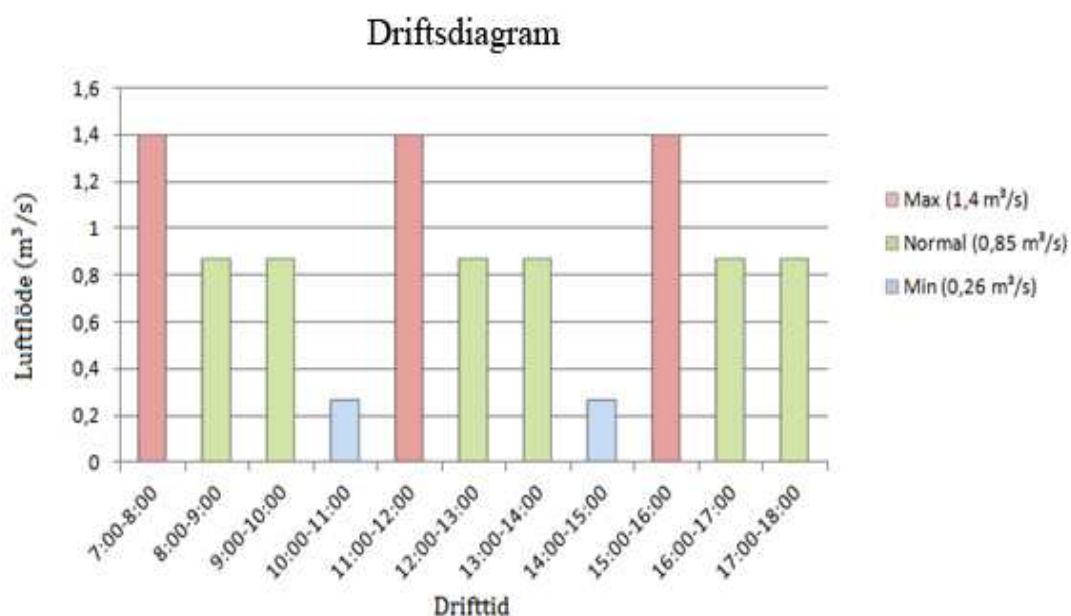
³ Gustav Larsson (Energiingenjör, Serviceområde fastigheter, Kungsbacka kommun) 21 maj 2012.

Det ska tilläggas att då man använder sig av dygnsmedeltemperaturen så blir värmeeffektförbrukningen något överdimensionerad. Det beror på att man inte tar hänsyn till den kallare temperaturen under nätterna.

4.2.2 Ventilationssystemens driftstider

Båda projekterade system kommer att vara i drift mellan kl 07:00 och 18:00 måndag till fredag vilket medför att systemen inte är igång då verksamhet inte pågår. Hammerö förskola har semesterstängt en månad per år under sommaren. Det medför att den totala drifttiden per år är exklusive juli månad. I beräkningarna har även hänsyn tagits till 50 timmar nattkyla per år som nyttjas under den varma tiden på året för att reducera inomhustemperaturen.

Vid beräkningar på VAV-systemet har ett max- normal- och minflöde använts till skillnad från CAV-systemet som går med konstant flöde. Då detta påverkar fjärrvärmeenergi- och elenergiförbrukningen så har hänsyn tagits till det vid beräkningar. Diagrammet nedan visar antal timmar under dagen då systemet går med olika flöden.



Figur 4.3 Driftsdiagram som visar det antal timmar VAV-systemet går med olika flöden.

Detta diagram är inte upprättat under exakta förhållanden för verksamheten utan har tagits fram som ett hjälpmedel för att lättare kunna göra en uppskattning av hur många timmar ventilationssystemet går med olika flöden. Det maximala luftflödet på 1,4

m³/s är igång då det antas vara hög belastning i förskolan, exempelvis under lunchtid. Då förskolebarn och personal befinner sig utomhus och belastningen i lokalerna går ner kan systemet gå med minflöde på 0,26 m³/s. För resten av brukstiden har ett normalflöde på 0,84 m³/s använts då belastningen i lokalerna antas vara varierande. Resultterande driftstid för max-, normal- och minflöde blir då 3, 6 och 2 h/dag.

4.2.3 Driftkostnad CAV-system

För CAV-systemet beräknades driftkostnaden med hänsyn till det konstanta tilluftsflödet på 2,2 m³/s. Alla driftkostnadsberäkningarna för systemet återfinns i Bilaga 5.

Första steget var att beräkna kostnaden för luftvärmaren per år. För att värma tilluften används fjärrvärme varav erforderlig värmeeffekt per månad har plockats fram exklusive juli månad då förskolan antas vara stängd. Därefter har den årliga fjärrvärmeenergiförbrukningen beräknats och multiplicerats med kostnaden för fjärrvärmeenergin per kWh. Resultterande fjärrvärmekostnad blev 8 582 kr/år

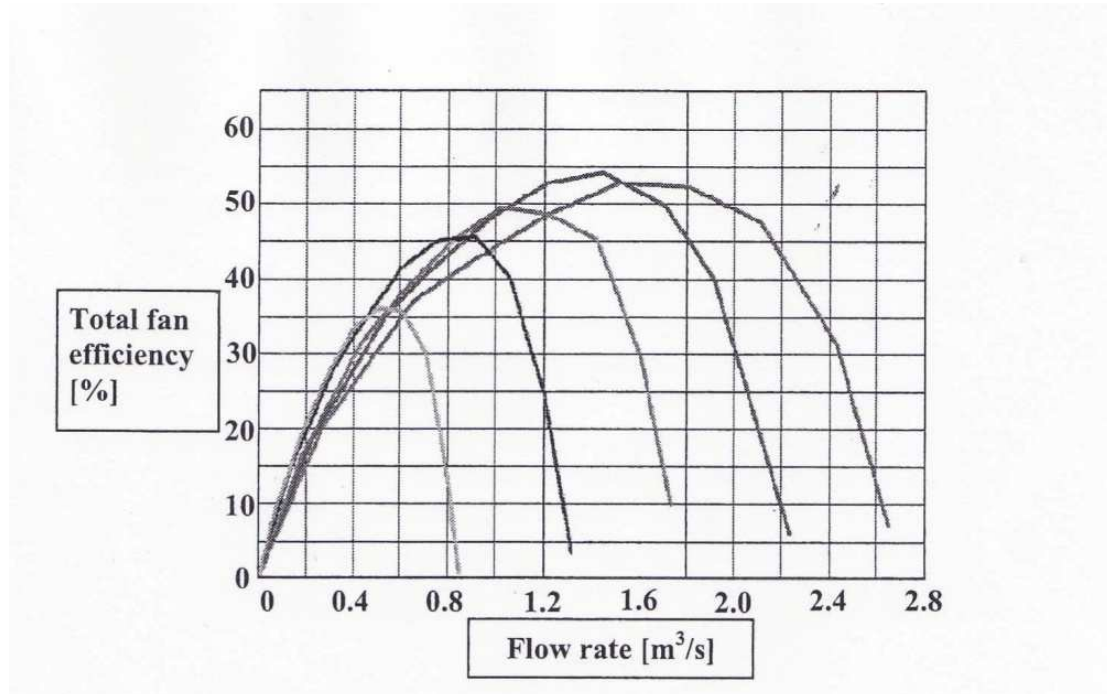
Det andra steget i beräkningen av CAV-systemet var att ta fram fläktarnas driftkostnad. För att beräkna de båda fläktarnas eleffekt användes systemets SFP värdet på 1,76 kw/m³/s som erhöles från rambeskrivningen då dessa går med samma luftflöden. Med hjälp av eleffekten för de båda fläktarna har sedan den totala elenergiförbrukningen per år beräknats inklusive 50 timmarna nattkyla. Därefter har den årliga elenergiförbrukningen multiplicerats med kostnaden för elenergin per levererad kWh. Resultterande elkostnaden blev 9 976 kr/år.

4.2.4 Driftkostnad VAV-system

Vid driftkostnadsberäkningen av VAV-systemet har hänsyn tagits till att systemet går med varierande flöden vilket påverkar både fjärrvärmeenergiförbrukningen och elenergiförbrukningen. De olika flödesnivåerna har erhållits från det projekterade systemets rambeskrivning. Alla driftkostnadsberäkningar återfinns i bilaga 5.

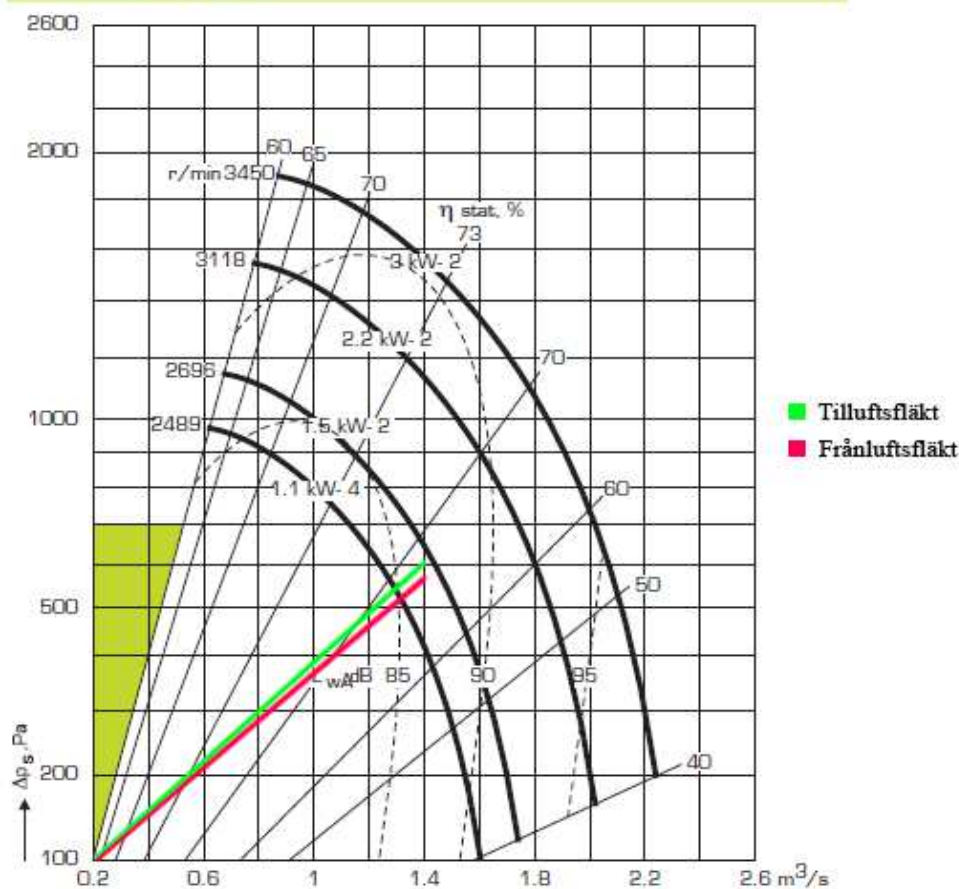
Första steget var att beräkna kostnaden för luftvärmaren per år. För att värma tilluften används fjärrvärme varav erforderlig värmeeffekt per månad har plockats fram för de olika flödena systemet går med. Beräkningen av värmeeffekt är som innan även denna exklusive juli månad då förskolan antas vara stängd. Därefter har den årliga fjärrvärmeenergiförbrukningen beräknats för de olika flödena och multiplicerats med kostnaden för fjärrvärmeenergin per kWh. Resultterande fjärrvärmekostnad blev 2 846 kr/år.

Det andra steget i beräkningen av VAV-systemet var att ta fram fläktarnas driftskostnad för respektive olika flöden som systemet går med. För att beräkna eleffekt vid de olika flödena behövdes fläktarnas totala verkningsgrad och fläktarnas totala tryckuppsättning för normal- och minflöde tas fram. Den totala fläktverkningsgraden hämtades ur diagrammet i Figur 4.4.



Figur 4.4 Med hjälp av diagrammet fås den totala fläktverkningsgraden för aggregatets asynkronmotorer (Markusson 2011, s.61).

Tryckuppsättningarna togs fram med hjälp av systemets max-, normal- och minflöde samt med systemets totala tryckförlust vid maxflöde som är hämtat ur rambeskrivningen för VAV-systemet. Resulterade tryckuppsättningar hämtades därefter ur fläktdiagrammet i Figur 4.5.



Figur 4.5 Med hjälp av diagrammet kan tryckuppsättningen tas fram för VAV-systemet på både till- och frånluftssida (Fläkt Woods AB).

Med hjälp av eleffekten för de båda fläktarna har sedan den totala elenergiförbrukningen per år beräknats inklusive 50 timmarna nattkyla. Därefter har den årliga elenergiförbrukningen multiplicerats med kostnaden för elenergin per levererad kWh. Resulterande elkostnaden för fläktarna blev 3 959 kr/år.

Det sista steget vid beräkningarna av VAV-systemets driftskostnader per år var att beräkna kostnaden för systemets aktiva don och spjäll. av Qvist⁴ erhöles en genomsnittlig effektförbrukning på 1,5 W/m² för ett system med dessa komponenter. Tillsammans med förskolans area samt driftstiden erhöles den årliga elenergiförbrukningen. Den årliga elenergiförbrukningen per år har därefter multiplicerats med kostnaden för elenergi per levererad kWh. Resulterande elkostnaden för aktiva don och spjäll blev 2 048 kr/år.

Den slutliga totala elkostnaden för VAV-systemet inkluderar både driftskostnaden för fläkarna samt driftskostnaden för aktiv don och spjäll vilket slutade på 6 007 kr/år.

⁴ Pontus Qvist (Marknadsföringsansvarig, Swegon AB) 28 maj 2012.

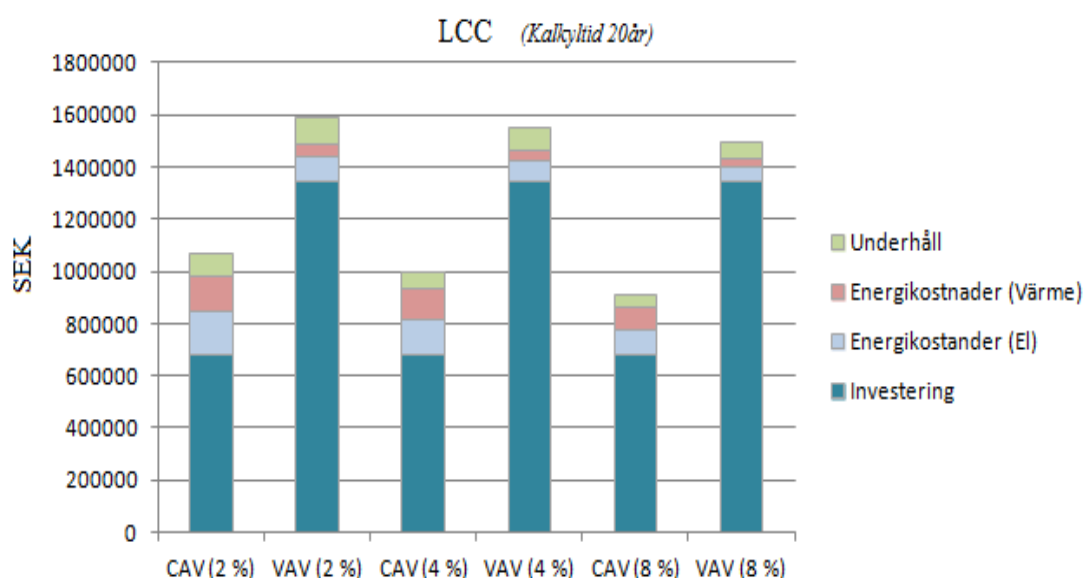
4.3 Underhållskostnader

Underhållskostnaderna för de olika systemen grundar sig i filterbyten två gånger per år plus den obligatoriska ventilationskontrollen (OVK) som för en förskola skall utföras vart tredje år (OVK-besiktning 2011). För VAV-systemet antogs även att givare behöver underhållas eller bytas ut vilket medför en ytterligare kostnad motsvarande 1000 kr/år. Priserna för filterbyten och OVK erhöles från Kungsbacka kommun. De totala underhållskostnaderna per år för de olika systemen beräknades till 5 000 kr/år för CAV-systemet och till 6 333 kr/år för VAV-systemet. Beräkningarna för underhållskostnaderna återfinns i Bilaga 6.

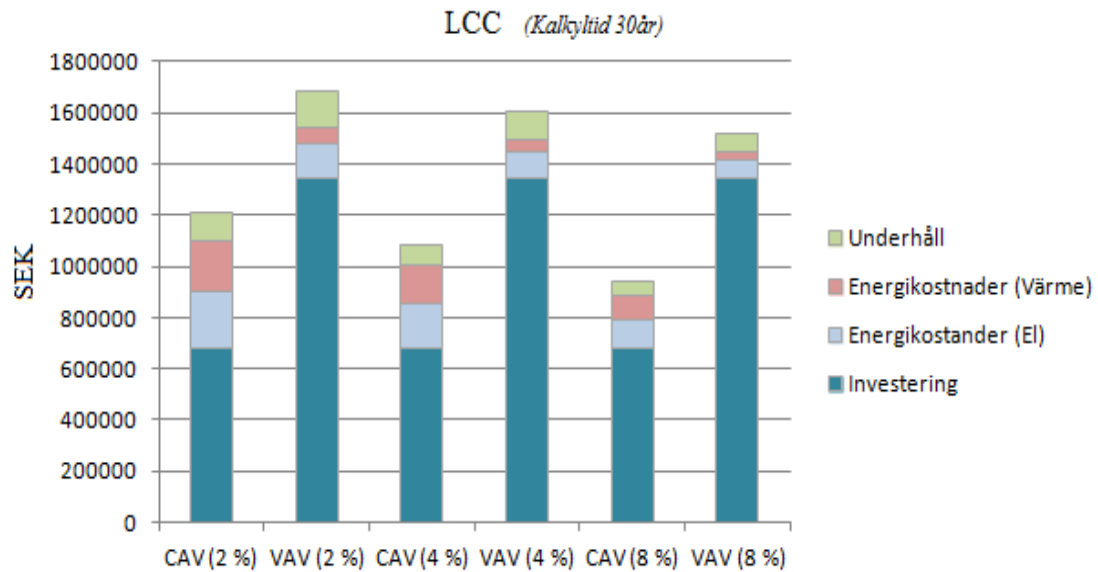
4.4 LCC kalkyler

Totalt har sex stycken olika LCC beräkningar gjorts med olika scenarier. I Kungsbacka kommun används en kalkylränta på 4 % vilket ej tar hänsyn till inflation eller energiprisökningar. Därför har det i beräkningarna använt olika räntor på 2, 4 och 8 % vilket vi valt att kalla effektivränta. För de olika scenarierna har det även använts två olika ekonomiska livslängder på systemet motsvarande 20 och 30 år. LCC beräkningarna återfinns i Bilaga 7.

LCC kalkylerna visade att skillnaden mellan CAV och VAV-systemet vid samtliga beräkningar låg mellan cirka 470 000 – 600 000 kr. Minst blev skillnaden systemen emellan då det i beräkningarna användes en effektivränta på 2 % och en ekonomisk livslängd på 30 år. Resultatet blev att VAV-systemet efter 30 år kostat 476 049 kr mer. Se Figur 4.6 och Figur 4.7 för resultatet av LCC kalkylerna.



Figur 4.6 LCC kalkyl med en kalkyltid på 20 år.



Figur 4.7 LCC kalkyl med en kalkyltid på 30 år.

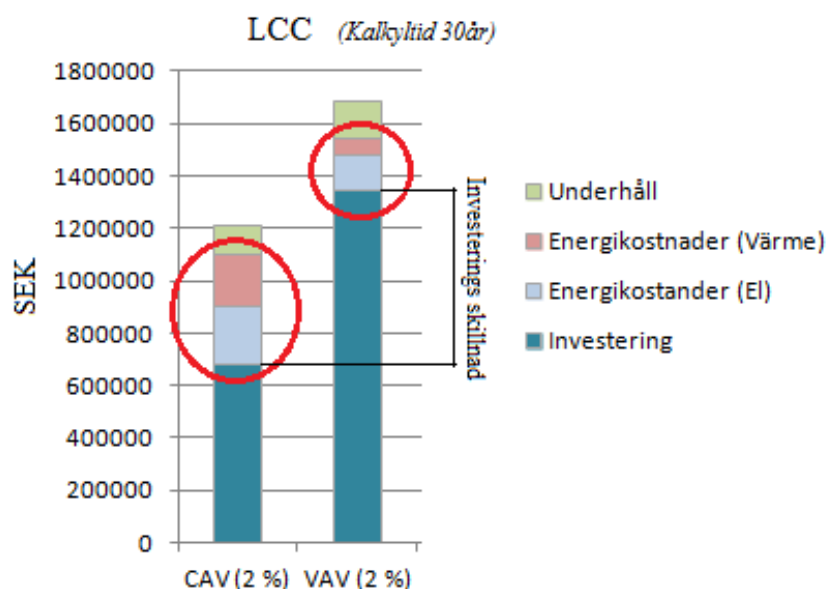
I diagrammen kan man även se att CAV-systemet har påtagligt högre driftskostnader än VAV-systemet vilket är det som vill uppnå med dessa system. Men om man istället vill välja den mest lönsamma systemlösningen ser man i diagrammet att den höga investeringskostnaden för VAV-systemet blir den avgörande faktorn i alla scenarier.

5 Resultat

För att uppfylla de krav och rekommendationer som finns för att säkerställa ett bra inneklimat i en förskola krävs kunskap. Inte bara under själva projekteringskedet utan även i själva förvaltningsskedet under hela ventilationssystemets livstid. Ventilationssystemet behöver inte bara underhållas så att systemet är igång och förser byggnaden med luft. Det behöver också hållas rent så att man minimerar risken att tilluften man blåser in inte innehåller onödiga halter föroreningar eller att frånluften förhindras från att sugas ut.

På Hammerö förskola har resulterande undersökningar, intervjuer och mätningar visat på de brister som finns och gett bilden av en icke ultimata luftkvalitet inomhus. Resultaten visade på instängd ”dålig” luft på morgonarna och efter helgerna då ventilationen varit avstängd samt höga halter koldioxid under vissa moment då verksamheten bedrivs under dagen. Det är dessa mindre bra förhållanden som i värsta fall kan kopplas till ökade hälsorisker på grund av bristande ventilation.

Kostnadsjämförelsen visade att investeringskostnaden (material och arbete) för VAV-systemet var nästan dubbelt så stor för CAV-systemet men att CAV-systemet hade betydligt högre driftskostnader i form av fjärrvärmeenergi och elenergi. I LCC kalkylerna kunde man se att CAV-systemets driftskostnader under 30 år var mer än dubbelt så stora som VAV-systemets. Men det är den stora skillnaden i investeringskostnad som gör att VAV-systemet i samliga LCC kalkyler i slutändan blir det minst kostnadseffektiva alternativet. se Figur 5.1 som illustrerar skillnaderna i investering samt skillnaderna i driftskostnader.



Figur 5.1 Visar på skillnaden i investeringskostnad samt skillnaden i driftskostnad under 30 år.

6 Diskussion och slutsatser

För att skapa ett bra inneklimat och lyckas uppfylla de krav och rekommendationer som ställs på ventilationen i en förskola, eller andra lokaler där man bedriver verksamhet, krävs kunskap. För att säkerställa att ventilationssystemet fungerar över en längre tid kan det vara nödvändigt att satsa på utbildning för att sprida kunskap om ventilationssystemets grundläggande funktioner. Framförallt bör man se till att informera personal, exempelvis personalen på en förskola, om grundläggande principer för att tillgodose att ventilationssystemet fungerar på bästa sätt. Det kan bland annat vara att principiellt förklara hur luften tillförs och rör sig i lokalerna utan att hinder uppstår för luftföringen. Det kan också vara att förklara vikten av att hålla rent runt till- och frånluftsdon för att försäkra sig om att luften kan till- eller bortföras på bästa sätt samt minska risken för spridning av partiklar.

I utformningskedet av ett ventilationssystem utgår de flesta projektörer ifrån att göra ett så effektivt system som möjligt. Det gäller för samtliga aspekter där man tar hänsyn till bland annat systemets funktion, energiförbrukning, ekonomi och miljöpåverkan. Grundprincipen bör dock alltid vara att ventilationen i en byggnad skall räcka till för de personer som vistas där vid normal användning. Ventilationen måste alltså anpassas efter hur många personer som vistas i byggnaden. Alternativet blir annars att man måste anpassa verksamheten efter den mängd luft som finns tillgänglig. Exempelvis där man redan har ett befintligt ventilationssystem eller där verksamheten på något sätt har ändrats med tiden.

Att Hammerö förskola är i behov av ett nytt ventilationssystem är inget att förneka. Resultatet på undersökningen av det gamla frånluftssystemet har visat på brister i form av en otillräcklig luftkvalitet med förhöjda halter koldioxid som ligger över de rekommenderade gränsvärdena. Friskluftventilerna som ska förse förskolan med luft är otillräckliga och icke energieffektiva. Med ett nytt ventilationssystem skulle man kunna skapa möjligheten med tillräcklig lufttillförsel samt få ett mer energieffektivt system där man kan utnyttja värmeåtervinning samt ha möjlighet att förvärma luften så att risken för kallras inte uppstår.

Utifrån rapportens beräkningar så skulle CAV-systemet rekommenderas för Hammerö förskola om man vill välja det mest kostnadseffektiva alternativet. Men val av system kan sättas in i andra aspekter. Ett VAV-system som förbrukar mindre energi, vilket visats i beräkningarna, skulle kunna vara ett bättre alternativ ur vissa aspekter. Exempelvis för de som vill visa på att man satsar på låg energiförbrukning och på detta sätt värnar om miljön.

Det har dock under projektets gång uppstått frågor kring den stora skillnaden i investeringskostnad för de båda olika systemen och framförallt då för VAV-systemet och detta systems tillhörande driftsdiagram. Priserna som använts i beräkningarna har varit listpriser vilket innebär att inga rabattsatser har använts. Det är svårt att uppskatta hur mycket de båda olika systemen hade kostat exakt och det skall tilläggas att priserna varierar beroende på vem köparen är. Att lägga på en rabattsats hade kunnat vara ett alternativ men det skall då även tilläggas att olika produkter har även

de olika mycket i rabattsats. I efterhand kan det konstateras att det inför projektet hade det varit bättre att ha fått ett prisförslag från någon leverantör på hela systemet stället för att räkna ut systemens totala kostnad med Wikells sektionsdata. Alternativt hade man kunnat ha båda dessa för en jämförelse. För att få ner investeringskostanden på det projekterade VAV-systemet till Hammerö förskola har vi sett att detta hade kunnat göras på ett annorlunda sätt för att spara in pengar på de dyrare aktiva donen. På vissa ställen i förskolan har man valt att sätta in flera aktiva don i samma rum som alla har givare och styrs individuellt. Här hade man istället kunnat använda sig av en styck givare i rummet för styrning av flera don och på det sättet reducerat materialkostnaderna. Driftdiagrammet som beskriver drifttiden som VAV-systemet går med olika flöden, Figur 4.3, hade kunnat göras än mer noggrant utifrån verksamheten. Men detta skulle kräva att man under en längre tid analyserar förskolans rörelsemönster samt utför mätningar under en längre tidsperiod. Driftdiagrammet som upprättats och används i rapporten ger dock en relativt god uppfattning om hur det kan se ut under de flesta dagarna verksamheten är i bruk.

Förutom de osäkerheter som finns kring investeringskostnaderna och driftsdiagrammet så väcks ändå en del frågor kring varför man i fallet med Hammerö förskola inte tjänar på att välja ett mer energieffektivt VAV-system. En bidragande orsak kan vara att Kungsbacka kommun idag, för både skolor och förskolor, har satt i system att ventilationen skall vara avstängd då verksamheten inte pågår. Det gör att man redan idag sparar in väldigt mycket på energikostnaderna. Samtidigt har det, som nämnts tidigare, medfört att personalen på Hammerö förskola upplevt ett bristande inneklimat. Framförallt då med att miljön inne på förskolan upplevs instängd.

Avslutningsvis så kommer rapporten ännu en gång att påvisa att studien som gjorts inte är representativ för alla förskolor. Framst för att även förskolor till utformning ser olika ut. Vidare så finns det en hel del faktorer som absolut måste beaktas för att säkerställa en god ventilation i förskolor. Det bör vara något alla beslutsfattare vill sträva efter då denna typ av verksamhet är ämnad för barn och där tekniska eller ekonomiska faktorer inte får påverka målen att uppnå en god inomhusmiljö. Då studien i denna rapport inte heller är heltäckande på flera sätt är förhoppningen ändå att den väckt ytterligare frågor och då inspirerat till vidare studier inom området. Förslagsvis skulle det kunna vara:

- Energikartläggning av förskolor med olika typer av ventilationssystem då det finns lite statistik och studier kring detta. Något Lokalförvaltningen i Göteborg börjat titta lite på.
- En studie i risker med avstängd ventilation i förskolelokaler då verksamheten inte pågår och hur man på bästa sätt kan minimera dessa.

7 Referenser

- Arbetsmiljöverket (2009) *Arbetsplatsens utformning* [www]. <http://www.av.se/> (4 Maj. 2012).
- Edofsson, M. Gillbro, H. Runsteen, S. och Norbäck, D (2002) *En tvärvetenskaplig studie på inomhusklimatet i Mölndals kommuns förskolor 1998* [www]. <http://www.deltate.se/forskningsrapporter/molndalsstudien.PDF> (30 Apr. 2012).
- Gustavsson, H-Å. (2002) *Kriterier för att identifiera förskolor med dåligt inomhusklimat* [www]. <http://miljobarometern.stockholm.se/> (4 Maj. 2012).
- Härryda kommun, miljö- och hälsoskydd (2011) *Inomhusmiljön i förskolan - Ett tillsynsprojekt med fokus på ventilation* [www]. <http://www.harryda.se/download/> (11 Apr. 2012).
- Innergård, S. (2011) *Utvärdering av VAV i nybyggt kontorshus* [www]. Stockholm: Kungliga tekniska högskolan. (Examensarbete inom Bygg och Design Programmet)
- Karlsson, A. (2005) *Behovsstyrd ventilation i lokalbyggnader – Innebörd och strömningstekniska konsekvenser*. Göteborg: Chalmers tekniska högskola. (Uppsats för licentiatexamen vid Institutionen för energi och miljö. Installationsteknik)
- Köhler, N. (2010) *Bygg- och fastighetssektorns energianvändning överskattad. Byggindustrin*. <http://www.byggindustrin.com/energi-miljo> (18 Apr. 2012).
- Markusson, C. (2011) *Efficiency of building related pump and fan operation – Application and system solutions*. Göteborg: Chalmers tekniska högskola. (Doktorsavhandling inom Institutionen för energi och miljö. Installationsteknik)
- Miljöförvaltningen (2008) *En skrift om miljö och hälsa i förskolan, skola och fritidshem* [www]. <http://www.stockholm.se> (24 Apr. 2012).
- SFS 1998:808. *Miljöbalk*. Stockholm. Miljödepartementet. (27 Maj. 2012).

OVK-besiktning.se (2011) *Om OVK besiktning* [www].
<http://www.ovkbesiktning.se/om-ovk/> (14 Maj. 2012).

Sahlgrenska Universitetssjukhuset (2009) *Hälsa och Inomhusmiljö* [www].
<http://sahlgrenska.se/> (11 Apr. 2012).

Skolverket (2012) *Fler barn än någonsin i förskolan* [www].
<http://www.skolverket.se/> (11 Apr. 2012).

Socialstyrelsen (1996) *SOSFS 1996:33 Socialstyrelsens allmänna råd om städning i skolor, förskolor, fritidshem och fritidsgårdar* [www].
<http://www.socialstyrelsen.se/sosfs/1996-33> (22 Apr. 2012).

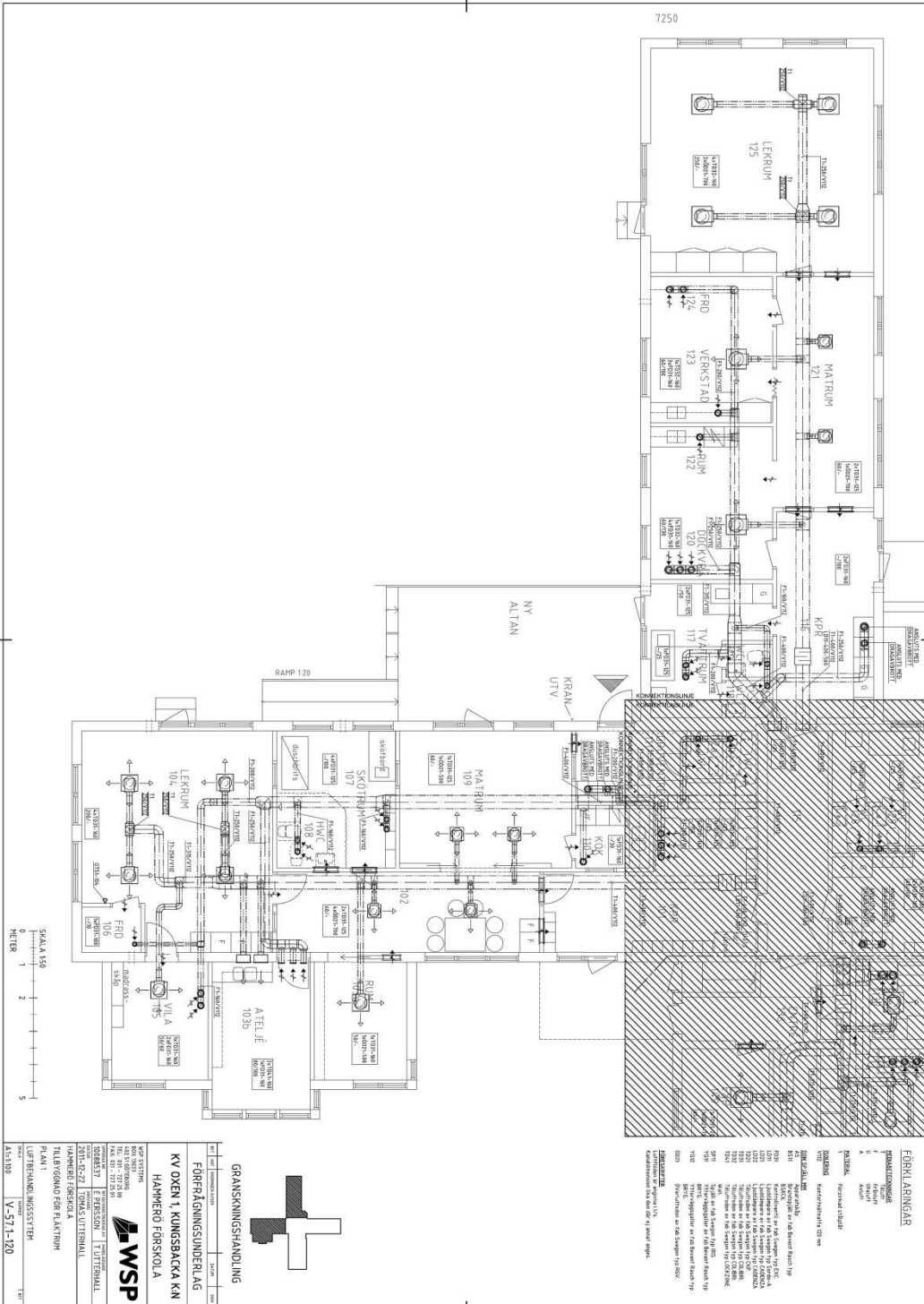
Socialstyrelsen (1999) *SOSFS 1999:25 Socialstyrelsens allmänna råd om tillsyn enligt miljöbalken – ventilation* [www]. <http://www.socialstyrelsen.se/sosfs/1999-25> (24 Apr. 2012).

Svensk Ventilation (2004) *Luften inne dödar*. Växjö: LÖWEX Trycksaker AB.

Svensk Ventilation (2006) *Bäst i klassen – en bok om lönsamt inneklimat*. Växjö: LÖWEX Trycksaker AB.

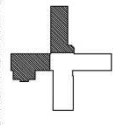
BILAGOR

KREF: P:\...-00\A-PR\05\157_701.dwg Furt_157.dwg



FÖRKLÄRNINGAR

BALKONER	
1	INRETTAD
2	ÖPPEN
3	DELVIS ÖPPEN
4	DELVIS ÖPPEN
5	ÖPPEN
VÄGGAR	
1	ÖPPEN
2	ÖPPEN
3	ÖPPEN
4	ÖPPEN
5	ÖPPEN
6	ÖPPEN
7	ÖPPEN
8	ÖPPEN
9	ÖPPEN
10	ÖPPEN
11	ÖPPEN
12	ÖPPEN
13	ÖPPEN
14	ÖPPEN
15	ÖPPEN
16	ÖPPEN
17	ÖPPEN
18	ÖPPEN
19	ÖPPEN
20	ÖPPEN
21	ÖPPEN
22	ÖPPEN
23	ÖPPEN
24	ÖPPEN
25	ÖPPEN
26	ÖPPEN
27	ÖPPEN
28	ÖPPEN
29	ÖPPEN
30	ÖPPEN
31	ÖPPEN
32	ÖPPEN
33	ÖPPEN
34	ÖPPEN
35	ÖPPEN
36	ÖPPEN
37	ÖPPEN
38	ÖPPEN
39	ÖPPEN
40	ÖPPEN
41	ÖPPEN
42	ÖPPEN
43	ÖPPEN
44	ÖPPEN
45	ÖPPEN
46	ÖPPEN
47	ÖPPEN
48	ÖPPEN
49	ÖPPEN
50	ÖPPEN
51	ÖPPEN
52	ÖPPEN
53	ÖPPEN
54	ÖPPEN
55	ÖPPEN
56	ÖPPEN
57	ÖPPEN
58	ÖPPEN
59	ÖPPEN
60	ÖPPEN
61	ÖPPEN
62	ÖPPEN
63	ÖPPEN
64	ÖPPEN
65	ÖPPEN
66	ÖPPEN
67	ÖPPEN
68	ÖPPEN
69	ÖPPEN
70	ÖPPEN
71	ÖPPEN
72	ÖPPEN
73	ÖPPEN
74	ÖPPEN
75	ÖPPEN
76	ÖPPEN
77	ÖPPEN
78	ÖPPEN
79	ÖPPEN
80	ÖPPEN
81	ÖPPEN
82	ÖPPEN
83	ÖPPEN
84	ÖPPEN
85	ÖPPEN
86	ÖPPEN
87	ÖPPEN
88	ÖPPEN
89	ÖPPEN
90	ÖPPEN
91	ÖPPEN
92	ÖPPEN
93	ÖPPEN
94	ÖPPEN
95	ÖPPEN
96	ÖPPEN
97	ÖPPEN
98	ÖPPEN
99	ÖPPEN
100	ÖPPEN



GRANSKNINGSHANDLING

FÖRFRÅGNINGSUNDERLAG

KV OXEN 1, KUNGSRÅKA K1N

HÄMMERÖ FÖRSKOLA

WSP

WSP ARKITEKTUR AB

BOX 272

141 22 TORSHALL

TEL: 08-771 54 90

WWW.WSP.AG

HÄMMERÖ FÖRSKOLA

TILLBYGGNAD FÖR FLÅKTRIN

PLÅN 1

LÖFVÄRKSSTYTTEN

SCALE: 1:50

DATE: 2011-11-20

Bilaga 2 – Underlag enkätundersökning

Undersökning

Vad är din arbets titel, yrke? _____.

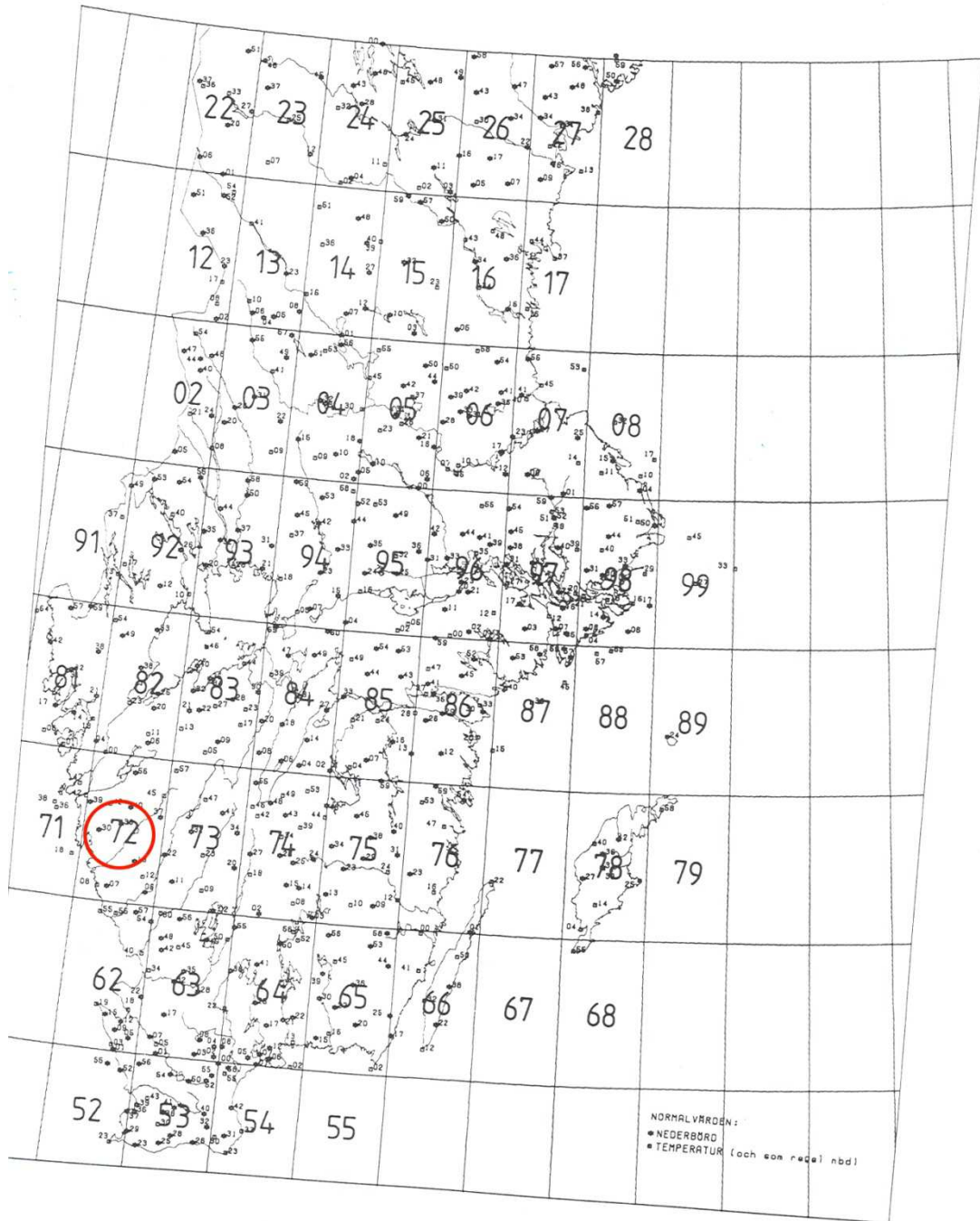
Hur länge har du arbetat här? _____.

Hur ofta sker städning i lokalerna? _____.

Hur upplever du inomhusluftens kvalitet på arbetsplatsen? Kommentera.

	Inget alls	Ibland	Ofta	Alltid
Upplever du belysningen svag eller stark (bländande)?				
Upplever du omgivning på din arbetsplats stressig?				
Känner du dig besvärad av drag?				
Besväras du av höga rumstemperaturer?				
Besväras du av låga rumstemperaturer?				
Besväras du av instängd ("dålig") luft?				
Besväras du av torr luft?				
Upplever du obehagliga lukter?				
Hur ofta upplever du tobaksrök inomhus? (lukt av cigaretter)				
Besväras du av buller? (Från don, kanaler, ventilationsaggregat)				
Upplever du arbetsmiljön dammig/smutsig?				

Bilaga 3 – Medeltemperatur Kungsbacka kommun



	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec	År
64													
6440 Uråsa	-2.9	-2.9	0.1	4.5	10.1	14.3	15.5	14.7	10.8	6.9	2.2	-1.3	6.0
6452 Växjö	-2.7	-2.6	0.4	4.9	10.8	14.9	15.9	15.2	11.2	7.2	2.5	-1.1	6.4
6456 Växjö-Krono	-3.0	-2.9	-0.1	4.5	10.3	14.5	15.6	15.0	11.1	7.2	2.3	-1.3	6.1
6462 Ryd	-2.6	-2.4	0.3	4.7	10.4	14.6	15.7	15.2	11.3	7.5	2.7	-1.1	6.4
65													
6502 Ungskär	-0.4	-0.7	0.9	4.1	8.7	13.6	15.6	15.7	12.7	9.2	5.0	1.5	7.1
6513 Marielund	-1.5	-1.5	1.0	4.9	10.3	14.8	16.2	15.8	12.1	8.1	3.6	0.0	7.0
6516 Bredåkra	-1.7	-1.7	0.8	4.8	10.4	14.7	16.1	15.4	11.7	7.8	3.3	0.0	6.8
6536 Rörsbo	-2.6	-2.5	0.2	4.4	10.1	14.4	15.7	15.0	11.2	7.1	2.4	-0.9	6.2
6545 Lessebo	-2.8	-2.7	0.2	4.6	10.4	14.6	15.8	15.2	11.2	7.2	2.4	-1.1	6.3
6564 Emmaboda	-3.1	-2.9	-0.2	4.2	9.8	14.1	15.3	14.5	10.5	6.7	2.0	-1.7	5.8
66													
6612 Ölands Södra	-0.3	-0.7	0.9	3.8	8.3	13.5	15.7	15.8	12.7	9.1	4.9	1.5	7.1
6632 Mörbylånga	-1.1	-1.4	1.1	4.8	10.1	14.9	16.8	16.4	13.0	8.9	4.4	0.7	7.4
6641 Kalmar	-1.6	-1.8	0.8	4.8	10.1	14.7	16.3	15.7	12.1	7.9	3.4	-0.1	6.9
6647 Ekerum	-1.6	-1.9	0.7	4.6	10.0	15.0	16.8	16.1	12.1	8.0	3.5	0.1	6.9
6650 Skedemosse	-1.2	-1.6	0.9	4.6	9.6	14.3	16.1	15.8	12.1	8.2	3.8	0.5	6.9
6663 Ölvingsorp	-1.9	-1.8	1.0	4.9	10.5	15.0	16.5	16.0	12.0	7.8	3.1	-0.4	6.9
68													
6855 Hoburg	-0.5	-1.2	0.3	3.4	8.4	13.5	16.0	16.0	12.6	8.6	4.4	1.3	6.9
71													
7118 Nidingen	-0.4	-0.8	1.3	5.1	10.4	14.8	16.4	16.4	13.5	9.7	5.4	1.7	7.8
7136 Trubaduren	-0.3	-0.6	1.1	4.9	10.0	14.2	15.8	15.9	13.2	9.7	5.5	2.2	7.6
7138 Vinga	-0.4	-0.8	1.2	5.0	10.4	14.7	16.3	16.2	13.2	9.6	5.2	1.7	7.7
7142 Göteborg	-1.1	-1.1	1.6	5.7	11.5	15.6	17.0	16.2	12.6	8.9	4.2	0.9	7.7
7143 Torslanda	-1.3	-1.5	1.3	5.3	11.0	15.0	16.4	16.1	12.8	8.9	4.3	0.7	7.4
7147 Säve	-1.6	-1.6	1.2	5.2	10.9	14.9	16.2	15.6	12.2	8.5	3.7	0.3	7.1
72													
7207 Grimeton	-1.5	-1.6	1.3	5.3	11.1	14.9	16.0	15.5	12.1	8.3	3.9	0.3	7.1
7208 Varberg	-1.3	-1.4	1.1	5.2	10.9	14.7	16.2	15.8	12.3	8.7	4.0	0.6	7.2
7212 Fagered	-2.7	-2.6	0.3	4.4	10.2	14.0	14.9	14.1	10.6	7.1	2.5	-1.1	6.0
7215 Ringhals	-1.2	-1.5	1.2	5.0	10.6	14.5	16.0	15.8	12.6	8.9	4.4	0.7	7.2
7229 Örby	-2.4	-2.3	0.8	4.9	10.9	14.9	15.9	15.3	11.6	7.7	2.9	-0.7	6.6
7230 Rossared	-1.7	-1.8	0.9	4.9	10.6	14.4	15.6	15.0	11.7	8.2	3.7	0.2	6.8
7234 Sandejöbacka	-2.3	-2.5	0.9	4.9	10.4	14.4	15.6	15.0	11.7	7.8	3.4	0.5	6.6
7240 Bollebygd	-2.7	-2.6	0.6	4.8	10.6	14.5	15.6	14.7	11.1	7.3	2.6	-1.0	6.3
7242 Landvetter f	-2.5	-2.4	0.2	4.6	10.5	14.3	15.5	14.8	11.3	7.6	2.8	-0.6	6.3
7245 Borås	-2.9	-3.1	0.0	4.3	10.3	14.4	15.5	14.6	11.0	7.3	2.6	-0.9	6.1
7263 Göteborg	-0.9	-0.9	2.0	6.0	11.6	15.5	16.6	16.2	12.8	9.1	4.4	1.0	7.8
73													
7309 Stora Seger	-2.7	-2.7	0.3	4.6	10.5	14.4	15.5	14.7	11.2	7.1	2.4	-1.1	6.2
7317 Gislaved	-3.3	-3.3	-0.2	3.9	9.8	13.8	15.0	14.0	10.4	6.7	1.8	-1.8	5.6
7323 Hestra	-3.5	-3.3	-0.6	3.8	9.7	13.6	14.7	14.1	10.1	6.3	1.6	-1.8	5.4
7325 Ambjörnarp	-3.7	-3.5	-0.6	4.0	10.1	14.0	15.0	14.1	10.3	6.5	1.7	-2.0	5.5
7343 Dalsjöfors	-3.5	-3.6	-0.7	3.6	9.6	13.6	14.6	13.9	10.1	6.4	1.5	-1.9	5.3
7347 Ulricehamn	-4.0	-3.9	-1.0	3.4	9.4	13.4	14.5	13.7	9.9	6.2	1.2	-2.2	5.1
7357 Molla	-3.3	-3.2	-0.2	4.1	10.0	14.0	15.1	14.3	10.5	6.8	1.9	-1.4	5.7
7366 Tinghalla	-3.8	-3.7	-0.9	3.4	9.2	13.5	14.6	13.8	9.9	6.0	1.1	-2.1	5.1

Sammanställning VAV:

WSP Sverige AB		Ort		Räkret		Datum		Rev		Sida	
031-7272500		Göteborg				2012-05-08				14 (14)	
Objekt				Hamnerö förskola VAV-system				Kostnadsberäkning			
Kapitel				SAMMANSTÄLLNING				SAMMANSTÄLLNING			
Mängd	Enhet	Material		Arbete		Underentreprenader		Anm. (p-kod)			
		Enh.-pris	Summa SEK	Tim/Enh.	Timmar	Enh.-pris	Summa SEK				

	Trpt								
1	KAPITEL	SIDA							
2	9	KANALER	1 - 4						
3	10	TILLUFTSDON	5 - 6						
4	11	FRÄNLUFTSDON	7 - 8						
5	12	ÖVERLUFTSDON	9						
6	15	BRANDSPJÄLL	10						
7	16	TAKHUVAR, GALLER	11						
8	18	LUFTBEH. AGGREGAT	12						
9	19	GIVARE	13						
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									
21									
22									
23									
24									
25									
26									
27									
28									
29									
30									
31									
32									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									
21									
22									
23									
24									
25									
26									
27									
28									
29									
30									
31									
32									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									
21									
22									
23									
24									
25									
26									
27									
28									
29									
30									
31									
32									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									
21									
22									
23									
24									
25									
26									
27									
28									
29									
30									
31									
32									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									
21									
22									
23									
24									
25									
26									
27									
28									
29									
30									
31									
32									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									
21									
22									
23									
24									
25									
26									
27									
28									
29									
30									
31									
32									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									
21									
22									
23									
24									
25									
26									
27									
28									
29									
30									
31									
32									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									
21									
22									
23									
24									
25									
26									
27									
28									
29									
30									
31									
32									

Utskrivet: 2012-05-10 10:16
 Filnamn: Hamnerö förskola VAV-system.wbl

Bilaga 5 – Driftskostnader

TILLUFTSTEMPERATUR:

Tilluftstemperaturen för både CAV- och VAV-system varierar beroende på medeltemperaturen utomhus. Se Figur 4.2.

Temperaturdifferensen beräknas med nedanstående formel:

$$\Delta t = t_{till} - t_{ute} \quad (^\circ\text{C})$$

Resultterande temperaturdifferenser:

Månad	Medeltemperatur Utomhus (°C)	Tilluftstemperatur (°C)	$\Delta t = t_{till} - t_{ute}$ (°C)
Jan	-1,7	19,0	20,7
Feb	-1,8	19,1	20,9
Mar	0,9	18,7	17,8
Apr	4,9	18,2	13,3
Maj	10,6	17,8	7,2
Jun	14,4	17,4	3,0
Jul	-	-	-
Aug	15,0	17,2	2,2
Sep	11,7	17,6	5,9
Okt	8,2	18,0	9,8
Nov	3,7	18,5	14,8
Dec	0,2	18,9	18,7

CAV-SYSTEM:

Ingående data:

Pris för fjärrvärme: 0,40 kr/kWh Kungsbacka Kommuns pris. Leverantör Statkraft AB.

Pris för el: 0,95 kr/kWh Genomsnittligt pris, rörligt elavtal för 2011. Kungsbacka Kommun.

$$\dot{V} = 2,2 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\eta_{\text{VAV}} = 75 \%$$

$$SFP = 1,76 \text{ kW}/\text{m}^3/\text{s}$$

$$\rho_{\text{luft}} = 1,2 \text{ kg}/\text{m}^3$$

$$c_p = 1,0 \text{ kJ}/\text{kgK}$$

Driftstid för systemet:

Luftvärmarens driftstid per år är 11 timmar per dag med i genomsnitt 22 dagar per månad exklusive juli månad då förskolan antas vara stängd. För att beräkna priset på fjärrvärmeenergi som försör luftvärmaren så kommer detta att beräknas månadsvis enligt nedan.

$$\tau = 11 \cdot 22 = 242 \text{ h/månad}$$

Fläktarnas driftstid är densamma som för luftvärmaren men beräknas per år och inte månadsvis samt att här är ett tillägg på 50 timmar nattkyla.

$$\tau = 11 \cdot 22 \cdot 11 + 50 = 2712 \text{ h/år}$$

Driftskostnad fjärrvärmeenergi (luftvärmare):

Erforderlig värmeeffekt beräknas med nedanstående formel för respektive mån på året exklusive juli då förskolan antas vara stängd.

$$\dot{Q}_x = \dot{V} \cdot \rho_{\text{luft}} \cdot c_p \cdot \Delta t \cdot (1 - \eta_{\text{VAV}}) \quad (\text{kW})$$

Exempel januari månad:

$$\dot{Q}_{Jan} = 2,2 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 20,7 \cdot (1 - 0,75) = 13,66 \text{ kW}$$

Resultterande värmeeffektbehov per månad:

Månad	Värmeeffektbehov (kW)
Jan	13,66
Feb	13,79
Mar	11,76
Apr	8,78
Maj	4,75
Jun	1,98
Jul	-
Aug	1,45
Sep	3,89
Okt	6,47
Nov	9,77
Dec	12,34

Fjärrvärmeenergiförbrukning för respektive månad på ett år beräknas med nedanstående formel exklusive juli då förskolan antas vara stängd.

$$Q_x = \dot{Q}_x \cdot \tau \quad (\text{kWh})$$

Exempel januari månad.

$$Q_{Jan} = 13,66 \cdot 11 \cdot 22 = 3305,72 \text{ kWh}$$

Resulterande fjärrvärmeenergiförbrukning per månad.

Månad	Fjärrvärmeenergiförbrukning (kWh)
Jan	3 305,72
Feb	3 337,18
Mar	2 850,76
Apr	2 124,76
Maj	1 149,50
Jun	479,16
Jul	-
Aug	350,90
Sep	941,39
Okt	1 565,74
Nov	2 364,34
Dec	2 986,28

Fjärrvärmeenergiförbrukning per år fås ur summan av alla månaders förbrukning.

$$Q_{\text{år}} = \Sigma Q_x \quad (\text{kWh/år})$$

Årsförbrukning fjärrvärmeenergi.

$$Q_{\text{år}} = 21\,456,73 \text{ kWh/år}$$

Slutliga totala kostnaden för fjärrvärmeenergi per år fås genom att multiplicera årlig förbrukning med priset per levererad kWh.

$$Fj.v \text{ kostnad} = 21\,456,73 \cdot 0,40 = 8\,582 \text{ kr/år}$$

Driftskostnad elenergi (fläktar):

Eleffekten för både tilluftsfläkt och frånluftsfläkten fås ur nedanstående formel.

$$SFP = \frac{\dot{W}_{Tilluftsfläkt} + \dot{W}_{Frånluftsfläkt}}{\dot{V}_{max}} \quad (\text{kW/m}^3/\text{s})$$

Vilket medför.

$$\dot{W}_{Total} = SFP \cdot \dot{V}_{max} \quad (\text{kW})$$

Resulterande eleffekt för fläktarna blir.

$$\dot{W}_{Total} = 1,76 \cdot 2,2 = 3,872 \text{ kW}$$

Elenergiförbrukning för ett år beräknas med nedanstående formel exklusive juli då förskolan antas vara stängd.

$$W_{\text{år}} = \dot{W}_{Total} \cdot \tau \quad (\text{kWh})$$

Årsförbrukning elenergi inkl. 50 timmar nattkyla.

$$W_{\text{år}} = 3,872 \cdot (11 \cdot 22 \cdot 11 + 50) = 10\,500,85 \text{ kWh/år}$$

Slutliga totala kostnaden för elenergi per år fås genom att multiplicera årlig förbrukning med priset per levererad kWh.

$$\text{El kostnad} = 10\,500,85 \cdot 0,95 = 9\,976 \text{ kr/år}$$

VAV-SYSTEM:

Ingående data:

Pris för fjärrvärme: 0,40 kr/kWh Kungsbacka Kommuns pris. Leverantör
Statkraft AB.

Pris för el: 0,95 kr/kWh Genomsnittligt pris, rörligt elavtal för 2011.
Kungsbacka Kommun.

Maxflöde:

$$\dot{V}_{\text{Max}} = 1,4 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\eta_{\text{VAV}} = 77 \%$$

$$\Delta p_{\text{tilluft}} = 606 \text{ Pa}$$

$$\Delta p_{\text{frånluft}} = 570 \text{ Pa}$$

$$\eta_{\text{tilluftsf läkt}} = 0,55$$

$$\eta_{\text{frånluftsf läkt}} = 0,537$$

Normalflöde:

$$\dot{V}_{\text{Normal}} = 0,84 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\eta_{\text{VAV}} = 81 \%$$

$$\Delta p_{\text{tilluft}} = 315 \text{ Pa}$$

$$\Delta p_{\text{frånluft}} = 305 \text{ Pa}$$

$$\eta_{\text{tilluftsf läkt}} = 0,43$$

$$\eta_{\text{frånluftsf läkt}} = 0,43$$

Minflöde:

$$\dot{V}_{\text{Min}} = 0,26 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\eta_{\text{VAV}} = 84 \%$$

$$\Delta p_{\text{tilluft}} = 120 \text{ Pa}$$

$$\Delta p_{\text{frånluft}} = 120 \text{ Pa}$$

$$\eta_{\text{tilluftsf läkt}} = 0,20$$

$$\eta_{\text{frånluftsf läkt}} = 0,537$$

$$\rho_{\text{luft}} = 1,2 \text{ kg/m}^3$$

$$c_p = 1,0 \text{ kJ/kgK}$$

$$\dot{W}_{\text{Int}/m^2} = 1,5 \text{ W/m}^2$$

$$A_{\text{Temp}} = 540 \text{ m}^2$$

Drifttid för systemet:

Luftvärmarens drifttid per år är 11 timmar per dag med i genomsnitt 22 dagar per månad exklusive juli månad då förskolan antas vara stängd. För att beräkna priset på fjärrvärmeenergi som förses luftvärmaren så kommer detta att beräknas månadsvis med det antal timmar som systemet går med max-, normal- och minflöde enligt nedan.

$$\tau = 3 \cdot 22 = 66 \text{ h/månad}$$

$$\tau = 6 \cdot 22 = 132 \text{ h/månad}$$

$$\tau = 2 \cdot 22 = 44 \text{ h/månad}$$

Fläktarnas driftstid är densamma som för luftvärmaren men beräknas per år och inte månadsvis samt att här är ett tillägg på 50 timmar nattkyla. Driftstiden under ett år beräknas för de olika för de olika flödena max-, normal- och minflöde.

$$\tau = 3 \cdot 22 \cdot 11 = 726 \text{ h/år}$$

$$\tau = 6 \cdot 22 \cdot 11 = 1452 \text{ h/år}$$

$$\tau = 2 \cdot 22 \cdot 11 = 484 \text{ h/år}$$

$$\tau = 50 \text{ h/år}$$

Givare samt aktiv don och spjäll i systemet har en driftstid som motsvarar alla de timmar på året som systemet är igång.

$$\tau = 11 \cdot 22 \cdot 11 = 2662 \text{ h/år}$$

Driftskostnad fjärrvärmeenergi (luftvärmare):

Erforderlig värmeeffekt beräknas med nedanstående formel för respektive mån på året exklusive juli då förskolan antas vara stängd samt delas upp efter max-, normal- och minflöde.

$$\dot{Q}_x = \dot{V}_x \cdot \rho_{luft} \cdot c_p \cdot \Delta t \cdot (1 - \eta_{VAV}) \quad (\text{kW})$$

Exempel januari månad.

$$\dot{Q}_{Jan} = 1,4 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 20,7 \cdot (1 - 0,77) = 8,00 \text{ kW}$$

$$\dot{Q}_{Jan} = 0,84 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 20,7 \cdot (1 - 0,81) = 3,96 \text{ kW}$$

$$\dot{Q}_{Jan} = 0,26 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 20,7 \cdot (1 - 0,84) = 1,03 \text{ kW}$$

Resultterande värmeeffektbehov.

Månad	Värmeeffektbehov maxflöde (kW)	Värmeeffektbehov normalflöde (kW)	Värmeeffektbehov minflöde (kW)
Jan	8,00	3,96	1,03
Feb	8,08	4,00	1,04
Mar	6,88	3,41	0,89
Apr	5,14	2,55	0,66
Maj	2,78	1,38	0,36
Jun	1,16	0,57	0,15
Jul	-	-	-
Aug	0,85	0,42	0,11
Sep	2,28	1,13	0,30
Okt	3,79	1,88	0,49
Nov	5,72	2,83	0,74
Dec	7,23	3,58	0,93

Fjärrvärmeenergiförbrukning för respektive månad på ett år beräknas med nedanstående formel exklusive juli då förskolan antas vara stängd. Max-, normal- och mineffektbehovet för varje månad multipliceras sedan med driftstid.

$$Q_x = \dot{Q}_x \cdot \tau \quad (\text{kWh})$$

Exempel januari månad.

$$Q_{Jan} = 8,0 \cdot 3 \cdot 22 + 3,96 \cdot 6 \cdot 22 + 1,03 \cdot 2 \cdot 22 = 1\,096,04 \text{ kWh}$$

Resultande fjärrvärmeenergiförbrukning.

Månad	Fjärrvärmeenergiförbrukning (kWh)
Jan	1 096,04
Feb	1 107,40
Mar	943,36
Apr	704,88
Maj	381,48
Jun	158,40
Jul	-
Aug	116,38
Sep	312,84
Okt	519,86
Nov	783,64
Dec	990,66

Fjärrvärmeenergiförbrukning per år fås ur summan av alla månaders förbrukning.

$$Q_{\text{år}} = \sum Q_x \quad (\text{kWh/år})$$

Årsförbrukning fjärrvärmeenergi.

$$Q_{\text{år}} = 7\,114,64 \text{ kWh/år}$$

Slutliga totala kostnaden för fjärrvärmeenergi per år fås genom att multiplicera årlig förbrukning med priset per levererad kWh.

$$Fj. v \text{ kostnad} = 7\,114,64 \cdot 0,40 = 2\,846 \text{ kr/år}$$

Driftskostnad elenergi (fläktar):

Eleffekten för tilluftsfläkt och frånluftsfläkt fås ur nedanstående formel för de olika flödena i systemet.

$$\dot{W}_x = \frac{\dot{V}_x \cdot \Delta p_x}{\eta_x} \quad (\text{kW})$$

Resultande eleffekt vid maxflöde.

$$\dot{W}_{\text{Tilluftsfläkt}} = \frac{1,4 \cdot 606}{0,55} = 1,542 \text{ kW}$$

$$\dot{W}_{\text{Frånluftsfläkt}} = \frac{1,4 \cdot 570}{0,537} = 1,486 \text{ kW}$$

Resultande eleffekt vid normalflöde.

$$\dot{W}_{\text{Tilluftsfläkt}} = \frac{0,84 \cdot 315}{0,43} = 0,615 \text{ kW}$$

$$\dot{W}_{\text{Frånluftsfläkt}} = \frac{0,84 \cdot 305}{0,543} = 0,596 \text{ kW}$$

Resultande eleffekt vid minflöde.

$$\dot{W}_{\text{Tilluftsfläkt}} = \dot{W}_{\text{Frånluftsfläkt}} = \frac{0,26 \cdot 120}{0,2} = 0,156 \text{ kW}$$

Summerad eleffekt för fläktarna vid max-, normal- och minflöde blir.

$$\dot{W}_{Max} = 1,542 + 1,486 = 3,028 \text{ kW}$$

$$\dot{W}_{Normal} = 0,615 + 0,596 = 1,211 \text{ kW}$$

$$\dot{W}_{Min} = 0,156 + 0,156 = 0,312 \text{ kW}$$

Elenergiförbrukning per år för de olika flödena beräknas med nedanstående formel exklusive juli då förskolan antas vara stängd.

$$W_{x/\text{år}} = \dot{W}_x \cdot \tau \quad (\text{kWh})$$

Årsförbrukning elenergi till fläktarna för respektive flöde samt 50 timmar nattkyla. Vid nattkyla antas fläktarna gå med normalflöde.

$$W_{Max/\text{år}} = 3,028 \cdot 3 \cdot 22 \cdot 11 = 2\,198,32 \text{ kWh/år}$$

$$W_{Normal/\text{år}} = 1,211 \cdot 6 \cdot 22 \cdot 11 = 1\,758,37 \text{ kWh/år}$$

$$W_{Min/\text{år}} = 0,312 \cdot 2 \cdot 22 \cdot 11 = 151,01 \text{ kWh/år}$$

$$W_{Nattkyla/\text{år}} = 1,211 \cdot 50 = 60,55 \text{ kWh/år}$$

Resulterande elenergin per år för fläktarna.

$$W_{\text{år}} = 4\,168,25 \text{ kWh/år}$$

Slutliga kostnaden för elenergi till fläktarna per år fås genom att multiplicera årlig förbrukning med priset per levererad kWh.

$$\text{El. kostnad fläktar} = 4\,168,25 \cdot 0,95 = 3\,959 \text{ kr/år}$$

Driftskostnad elenergi (aktiva don och spjäll):

Den genomsnittliga eleffekten för aktiv don och spjäll i systemet fås genom nedanstående formel.

$$\dot{W}_{Int} = \dot{W}_{Int/m^2} \cdot A_{Temp} \quad (\text{kW})$$

Resultterande genomsnittlig eleffekt blir.

$$\dot{W}_{Int} = \frac{1,5}{1000} \cdot 540 = 0,81 \text{ kW}$$

Elenergiförbrukning per år för aktiv don och spjäll beräknas med nedanstående formel exklusive juli då förskolan antas vara stängd.

$$W_{Int} = \dot{W}_{Int} \cdot \tau \quad (\text{kWh})$$

Resultterande elenergiförbrukning per år.

$$W_{Int} = 0,81 \cdot 11 \cdot 22 \cdot 11 = 2\,156,22 \text{ kWh}$$

Slutliga kostnaden för elenergi till aktiv don och spjäll per år fås genom att multiplicera årlig förbrukning med priset per levererad kWh.

$$\text{El. kostnad Int.} = 2\,156,22 \cdot 0,95 = 2\,048 \text{ kr/år}$$

Driftskostnad elenergi (total):

Den totala elenergiförbrukningen per år för systemet blir summan av fläktarnas och givarnas förbrukning.

$$\text{El. kostnad} = 3\,959 + 2\,048 = 6\,007 \text{ kr/år}$$

Bilaga 6 – Underhållskostnader

OVK: 3000-5000 kr/kontroll

Priserna avser förskolor i Kungsbacka kommun och varierar beroende på anläggningens komplexitet. Kontrollen sker med tre års intervall för förskola.

Filterbyten: 1000 kr/filter

Filtermodul ca 350 kr + 1 timme arbetstid (inkl bortförel, rengöring osv.). Byte av filter sker två gånger per år av både filter på tillufts- och frånluftssida.

Aktivt system: 1000 kr/år

Underhåll alt. Byte av givare eller aktiva don och spjäll i VAV-system.

Total underhållskostnad per år för respektive system redovisas i tabellen nedan.

	OVK (kr/år)	Filterbyte (kr/år)	Aktiva system (kr/år)	Total underhållskostnad (kr/år)
CAV	1000	4000	-	5000
VAV	1333	4000	1000	6333

Bilaga 7 – LCC kalkyler

Ingående data:

CAV:

$$I = 679\,589 \text{ kr}$$

$$Fj.v \text{ kostnad} = 8\,582 \text{ kr/år}$$

$$El. \text{ kostnad} = 9\,976 \text{ kr/år}$$

$$Underhållskostnad = 5\,000 \text{ kr/år}$$

VAV:

$$I = 1\,343\,170 \text{ kr}$$

$$Fj.v \text{ kostnad} = 2\,846 \text{ kr/år}$$

$$El. \text{ kostnad} = 3\,959 \text{ kr/år}$$

$$Underhållskostnad = 6\,333 \text{ kr/år}$$

$$N = 20 \text{ eller } 30 \text{ år}$$

$$r_{effektiv} = 2,4 \text{ eller } 8 \%$$

För beräkning av livscykelkostnad på systemen ansätts varierande ekonomisk livslängd, N (år) och varierande effektivränta, $r_{effektiv}$ (%) för att få nusumme faktorn, $NuSF$ (-). Nusumme faktorn fås med nedanstående formel.

$$NuSF = \frac{1 - (1 + r_{effektiv})^{-N}}{r_{effektiv}} \quad (-)$$

Slutliga livscykelkostnaden i kronor blir summan av investeringen, I (kr) samt årliga kostnaden för elenergi, fjärrvärmeenergi och underhåll som multipliceras med nusumme faktorn enligt nedan.

$$LCC_{Total} = I + K_{Fj.v \text{ kostnad}} \cdot NuSF + K_{El.kostnad} \cdot NuSF + K_{Underhåll} \cdot NuSF$$

LCC 1:

$$N = 20 \text{ år}$$

$$r_{\text{effektiv}} = 2 \%$$

$$NuSF = \frac{1 - (1 + 0,02)^{-20}}{0,02} = 16,35$$

CAV:

$$LCC_{\text{Total}} = 679\,589 + 140\,316 + 163\,108 + 81\,750 = 1\,064\,763 \text{ kr}$$

VAV:

$$LCC_{\text{Total}} = 1\,343\,170 + 46\,532 + 98\,214 + 103\,544 = 1\,591\,460 \text{ kr}$$

LCC 2:

$$N = 20 \text{ år}$$

$$r_{\text{effektiv}} = 4 \%$$

$$NuSF = \frac{1 - (1 + 0,04)^{-20}}{0,04} = 13,59$$

CAV:

$$LCC_{\text{Total}} = 679\,589 + 116\,629 + 135\,574 + 67\,950 = 999\,742 \text{ kr}$$

VAV:

$$LCC_{\text{Total}} = 1\,343\,170 + 38\,677 + 81\,635 + 86\,065 = 1\,549\,547 \text{ kr}$$

LCC3:

$$N = 20 \text{ år}$$

$$r_{\text{effektiv}} = 8 \%$$

$$NuSF = \frac{1 - (1 + 0,08)^{-20}}{0,08} = 9,82$$

CAV:

$$LCC_{\text{Total}} = 679\,589 + 84\,275 + 97\,964 + 49\,100 = 910\,928 \text{ kr}$$

VAV:

$$LCC_{\text{Total}} = 1\,343\,170 + 27\,948 + 58\,988 + 62\,190 = 1\,492\,296 \text{ kr}$$

LCC 4:

$$N = 30 \text{ år}$$

$$r_{\text{effektiv}} = 2 \%$$

$$NuSF = \frac{1 - (1 + 0,02)^{-30}}{0,02} = 22,40$$

CAV:

$$LCC_{\text{Total}} = 679\,589 + 192\,237 + 223\,462 + 112\,000 = 1\,207\,288 \text{ kr}$$

VAV:

$$LCC_{\text{Total}} = 1\,343\,170 + 63\,750 + 134\,557 + 141\,859 = 1\,683\,336 \text{ kr}$$

LCC 5:

$$N = 30 \text{ år}$$

$$r_{\text{effektiv}} = 4 \%$$

$$NuSF = \frac{1 - (1 + 0,04)^{-30}}{0,04} = 17,29$$

CAV:

$$LCC_{\text{Total}} = 679\,589 + 148\,382 + 172\,485 + 86\,450 = 1\,086\,906 \text{ kr}$$

VAV:

$$LCC_{\text{Total}} = 1\,343\,170 + 49\,207 + 103\,861 + 109\,498 = 1\,605\,736 \text{ kr}$$

LCC 6:

$$N = 30 \text{ år}$$

$$r_{\text{effektiv}} = 8 \%$$

$$NuSF = \frac{1 - (1 + 0,08)^{-30}}{0,08} = 11,26$$

CAV:

$$LCC_{\text{Total}} = 679\,589 + 96\,634 + 112\,330 + 56\,300 = 944\,853 \text{ kr}$$

VAV:

$$LCC_{\text{Total}} = 1\,343\,170 + 32\,047 + 67\,639 + 71\,309 = 1\,514\,165 \text{ kr}$$

