



Optimering av ventilationsvärmesystem

Tobias Asplund

Examensarbete för ingenjörsexamen (YH)

Utbildningsprogrammet för elektroteknik

Vasa 2017



EXAMENSARBETE

Författare: Tobias Asplund
Utbildningsprogram och ort: Elektroteknik, Vasa
Inriktningsalternativ: Automationsteknik
Handledare: Erik Englund

Titel: Optimering av ventilationsvärmesystem

Datum 3.5.2017

Sidantal 31

Abstrakt

Syftet med detta examensarbete var att undersöka om det är möjligt att minska på energiförbrukningen för ventilationsvärmesystemet. Detta möjliggjordes genom att skapa ett styrsystem som sänker framledningstemperaturen. För att det skulle vara möjligt att jämföra testperioder mot varandra utan utetemperaturens inverkan, användes graddagsberäkning. Uppföljningen av energiförbrukningen samt temperaturmätningen genomfördes under flera perioder. Målet med arbetet var att skapa ett tillförlitligt och säkert funktionsblock som är lätt att implementera i befintliga automationssystem.

Resultatet av arbetet blev ett tillförlitligt samt säkert funktionsblock som sänker framledningstemperaturen till ventilationsvärmekretsen. Enligt de beräkningar som blivit gjorda är det möjligt att sänka framledningstemperaturen med flera grader Celsius, vilket ger en inbesparning på uppvärmningsenergin för ventilationsvärmesystemet.

Språk: svenska

Nyckelord: Fastighetsautomation, Fidelix, graddagar, ventilationsvärmesystem

OPINNÄYTETYÖ

Tekijä: Tobias Asplund
Koulutusohjelma ja paikkakunta: Sähkötekniikka, Vaasa
Suuntautumisvaihtoehto: Automaatiotekniikka
Ohjaajat: Erik Englund

Nimike: Ilmanvaihtolämmitysjärjestelmän optimointi

Päivämäärä 3.5.2017

Sivumäärä 31

Tiivistelmä

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää, onko mahdollista vähentää energiankulutusta ilmanvaihdon lämmitysjärjestelmässä. Tämä oli mahdollista luomalla ohjausjärjestelmä, joka alentaa menolämpötilaa. Jotta voisi verrata testijaksoja toisiinsa ilman ulkolämpötilan vaikutusta, käytettiin lämmitystarvelukua. Energiankulutuksen ja lämpötilan mittauksen seuranta suoritettiin useilla ajanjaksoilla. Työn tavoite on ollut luoda luotettava ja turvallinen toimilohko, joka olisi helppo ottaa käyttöön olemassa olevissa automaatiojärjestelmissä.

Opinnäytetyön tulos on luotettava ja turvallinen toimilohko, joka alentaa menolämpötilaa ilmanvaihdon lämmitysjärjestelmässä. Laskelmien mukaan on mahdollista alentaa menolämpötilaa useilla asteilla, ja tällä tavalla on mahdollista säästää lämmitysenergiaa ilmanvaihdon lämmitysjärjestelmässä.

Kieli: ruotsi

Avainsanat: rakennusautomaatio, lämmitystarveluvut, ilmanvaihto lämmitysjärjestelmä

BACHELOR'S THESIS

Author: Tobias Asplund
Degree Programme: Electrical Engineering
Specialization: Automation technology
Supervisors: Erik Englund

Title: Optimization of Ventilation Heating System

Date	May 3, 2017	Number of pages	31
------	-------------	-----------------	----

Abstract

The purpose of this Bachelor's thesis was to investigate the possibility to reduce energy consumption for a ventilation heating system. It became possible by creating a system that lowers the input temperature to the ventilation heating system. To make it possible to compare different test periods with each other, heating degree calculations were made. The gathering of data from energy consumption and temperature was made in several different periods. The aim of this thesis was to create a reliable and safe function block that is easy to implement to an existing system.

The result was a reliable and safe function block that lowers the input temperature to the ventilation heating system. According to the calculations that were made, it is possible to lower the input temperature with several degrees Celsius, which resulted in reduced energy consumption for the ventilation heating system.

Language: Swedish

Key words: Building automation, Fidelix, heating degree days, ventilation heating system

Innehållsförteckning

1	Inledning	1
1.1	Syfte och mål	1
1.2	Beställaren	2
2	Fidelix automationssystem	2
2.1	OpenPCS	3
3	Ventilationssystem	3
3.1	Luftbehandling	4
3.2	Ventilationsaggregat	4
3.3	Värmeåtervinning	5
3.3.1	Cyklisk värmewäxling	6
3.3.2	Statisk värmewäxling	6
3.4	Värmesystem	7
3.4.1	Reglering av värmesystem	8
3.5	Värmeöverföring	9
4	Ventiler	9
4.1	Reglerventiler	10
4.2	Avstängningsventiler	11
4.2.1	Kulventiler	11
4.2.2	Vridspjällventil	12
4.2.3	Slussventil	13
5	Graddagar	13
5.1	Beräkning av graddagar	14
5.1.1	Räkneexempel av graddagstal	15
5.2	Graddagskorrigeringsfaktor	15
5.2.1	Korrigeringsfaktor	16
5.2.2	Graddagskorrigeringsfaktor	16
5.2.3	Exempel på jämförelseberäkning	16
5.3	Kommunspecifikt graddagstal	17
6	Utförande	17
6.1	Testobjekt	18
6.1.1	Testperiod	19
6.1.2	Utmaningar och risker	20
6.2	Funktionsblocket	20
6.2.1	Funktionsblockets uppgift	20
6.3	Jämförelseberäkning	22
6.3.1	Beräkning av kommunspecifikt graddagstal	22

6.3.2	Normalisering av graddagstal	23
6.3.3	Temperatursänkning	25
6.3.4	Energiförlust i rörledning	26
7	Resultat.....	27
8	Avslutande diskussion.....	28
	Källhänvisning.....	30

1 Inledning

Energieffektivitet är dagens melodi och all förbrukning skall optimeras så mycket och bra som möjligt. Energieffektivering av byggnader intresserar privatpersoner, företag och bostadsbolag (Fidelix, 2016). Kunder ställer idag krav på smarta lösningar som är energieffektiva och som behöver så lite underhåll som möjligt.

På grund av dessa krav har Fidelix som är beställaren för detta arbete, valt att satsa på utredning om vilka möjligheter det finns att spara energi på flera ställen i en fastighet. Även om vissa delar inte sparar stora pengar, men med den principen att *"många bäckar små"* kan man uppnå en betydande inbesparing. Beställaren ville skapa ett styrsystem som sparar på den energi som går åt att värma upp luften till en fastighet. Det nya systemet bör vara lätt att implementera i en fastighet med Fidelix automatik. Målobjekten är större fastigheter som använder sig av flera ventilationsaggregat.

För att få ett resultat av hur bra systemet fungerar, kommer det att utföras testperioder som kan jämföras med varandra. För att det skall vara möjligt att jämföra två olika perioder behövs det göras en normalisering av energiförbrukningen och det görs med hjälp av graddagsberäkning. Graddagar används för att man skall kunna göra en rättvis bedömning hur stor energi det går åt för uppvärmning av en byggnad utan utetemperaturens inverkan.

För att kunna bevisa systemets direkta följder görs en mätning som visar hur många grader det sänker framledningstemperaturen jämfört med konventionellt system.

1.1 Syfte och mål

Syfte med detta examensarbete är att genom en ny styrstrategi optimera värmesystemet i ett ventilationsaggregat samt undersöka vilket alternativ som är mest energieffektivt, konventionellt eller reglerat system. För att undersöka alternativen skall jag utföra ett test på en befintlig byggnad där båda systemen används och därefter jämförs energiförbrukningarna. Syftet är också att visa vilka direkta effekter som kommer med det nya systemet.

Målen med arbetet är att skapa ett system som lätt kan implementeras i en befintlig byggnad som har Fidelix automatik och att visa hur mycket köparen kan spara i energiförbrukningen. Kravet som ställs på systemet är säkerhet, det skall inte bli större frysrisk i värmeväxlaren.

1.2 Beställaren

Beställaren och uppdragsgivaren för examensarbetet är Fidelix Oy. Fidelix Oy är ett finskt företag som grundades år 2002 för att utveckla intelligenta och pålitliga fastighetsautomations- och säkerhetssystem.

Fidelix Oy:s huvudkontor samt forsknings- och utvecklingsenhet finns i Vanda. I Finland finns det totalt 12 regionala kontor och ca 40 återförsäljare. Fidelix har också ett dotterbolag i Sverige. Utöver Sverige exporterar Fidelix produkter till Norge, Indien, Storbritannien, Baltikum, Korea, Kina, Mellanöstern och Ryssland. Fidelix sysselsätter i dagsläget kring 135 personer. År 2015 var deras omsättning ca 18 miljoner euro. (Fidelix, 2016)

2 Fidelix automationssystem

Fidelix erbjuder ett komplett automationssystem som består av en centralenhet, ett eller flera modulkort samt fältutrustning. Deras system är fritt programmerbart och kan tillämpas i alla olika byggnader både till privatpersoner och större företag. Fidelix har en beprövad PLC-teknik och använder sig av öppen källkod, OpenPCS. Vid användning av systemet resulterar det ofta i ett mervärde för fastigheten. (Fidelix, 2016)

Centralenheten kan fås både med eller utan skärm, det vanligaste är dock att man väljer en centralenhet med inbyggd skärm. Från skärmen kan man se och styra de olika processerna som finns i fastigheten. Det är möjligt att ansluta sig till centralenheten via en dator och på så sätt är det inte ett krav att ha en inbyggd skärm. (Fidelix, 2016)

Systemet går att köra helt lokalt, man kan även koppla upp systemet till internet. Ifall det är uppkopplat kan man lätt ansluta sig till systemet via en vanlig webbläsare och därifrån övervaka eller göra de ändringar som behövs. (Fidelix, 2016)

Fidelix har genom FX-Editor utvecklat ett eget programmeringsverktyg. Som tidigare nämnts är det ett fritt programmerbart verktyg där konfigurationen av fysiska punkter genereras till HTML-editorn som är ett integrerat bildverktyg. PLC-programmeringen sker i verktyget OpenPCS, där det ofta används standardiserade programblock. (Fidelix, 2017)

2.1 OpenPCS

OpenPCS V.7 är ett programmeringsverktyg som är utvecklat av infoteam software AG. Verktöget är snabbt och lättanvänt, det används av många ledande internationella tillverkare av industriella styrsystem.

Verktöget är byggd på IEC 61131-3 standarden, som används för programmerbara styrsystem. Standarden har totalt fem olika programmeringsspråk: (Infoteam software AG, 2017)

- Structured Text (ST)
- Function Block Diagram (FBD)
- Ladder Diagram (LD)
- Sequential Function Charts (SFC)
- Instruction List (IL)

Tre av dessa programmeringsspråk är grafiska, FBD, LD och SFC medan ST och IL är textbaserade. ST är det programmeringsspråk som används av Fidelix Oy och det liknar de traditionella högnivåspråken, C och Pascal m.fl. (Fidelix, 2016)

3 Ventilationssystem

Ventilationen har stor betydelse för hur vi uppfattar klimatet inne i en byggnad. Ventilationens huvuduppgift är att byta ut den gamla använda luften mot ny frisk luft. Den används även för att värma rummet när det är kallt, och när det är för varmt transporterar ventilationen ut överskottsvärme för att kyla ner rummet. (Cederborg & Ekman, 1998) När man använder systemet för att kyla eller värma kallas det för luftbehandling. (Björklund & Peter, 2012)

Förr i tiden behövdes inte ventilation p.g.a. att byggnaderna inte var så tätt byggda. På 60-talet förlitade man sig på att husen i sig själva var tillräckligt ventilerade. På 70-talet och framåt började man få ner energiförbrukningen och därmed började man bygga tätare hus. Det ledde till att det behövdes tilläggs ventilation för att hålla samma klimat inne i husen. När man väl har en tät byggnad kan man också återanvända energin som finns i luften och det görs med hjälp av värmeåtervinning. (Cederborg & Ekman, 1998)

3.1 Luftbehandling

När man pratar om ventilation tänker de flesta på inomhusluftens kvalitet, men egentligen betyder ventilation endast utbytet av luft i en byggnad eller ett rum. När ventilationssystemet behandlar, filtrerar, värmer, kyler, befuktar eller torkar luften talar man om luftbehandling. (Björklund & Peter, 2012)

Förr trodde man att luftkvaliteten inne i en byggnad påverkades i huvudsak av utomhusluften, men när vi idag vet att de största föroreningarna kommer inifrån kan vi säga att det inte stämmer. (Björklund & Peter, 2012)

Orsaken till de vanligaste föroreningarna som kommer inifrån är:

- Människor och husdjur
- Matlagning
- Rökning
- Mögel och kvalster
- Rengöringsmedel

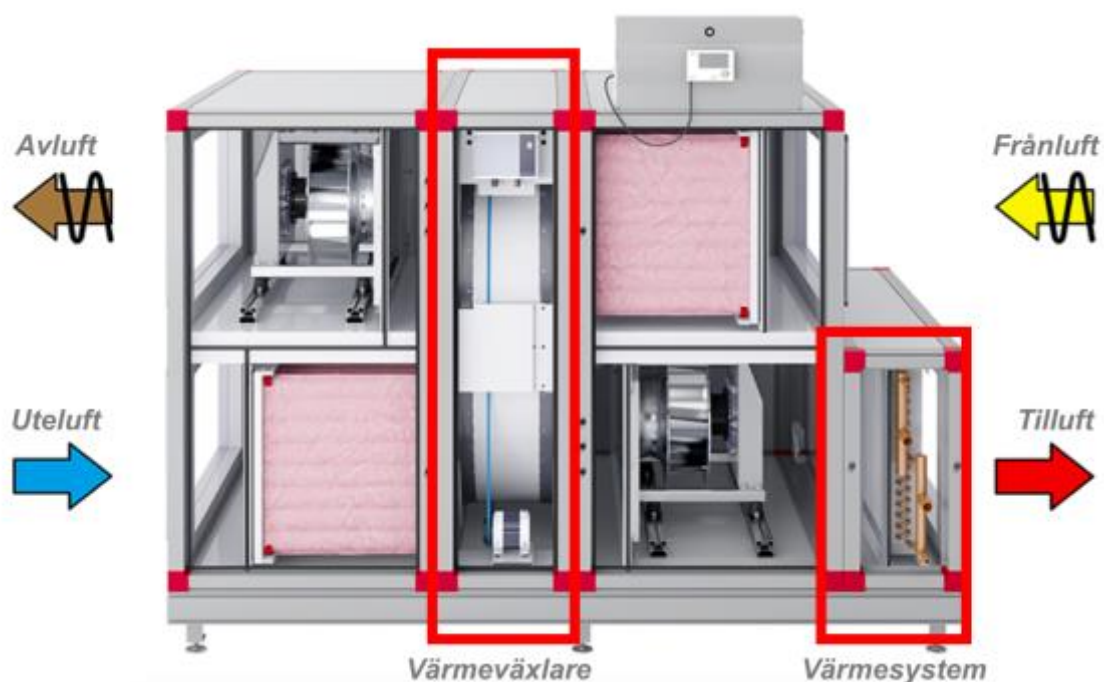
Storleken av luftflödet bestäms av olika krav såsom behovet av ventilation, värme, kyla samt fukt. Med dessa krav bör ventilationsaggregatet kunna påverka luftmängden, lufttemperaturen samt luftens renhet till byggnaden. (Björklund & Peter, 2012)

Luftbehandling är alltså ett brett begrepp. Det finns många olika teorier om hur luften skall behandlas men detta arbete kommer inte att behandla luftkvaliteten i ett större perspektiv utan det avgränsas till uppvärmning av luften.

3.2 Ventilationsaggregat

Ett ventilationsaggregat hanterar tilluft, frånluft och värmeåtervinning. Aggregatet placeras ofta i rummet där det finns de värmetekniska installationerna samt undercentralen. Den kan även placeras ovan undertaket eller i lokalen där den används. (Björklund & Peter, 2012)

Vanligtvis består aggregatet av fläktar, värmeväxlare, värmning, kylning, filter och luftfuktare. Detta arbete avgränsas dock till värmeenheterna. (Cederborg & Ekman, 1998)
Figuren nedan beskriver de olika enheterna samt luftflödesriktning.



Figur 1. Ventilationsaggregat (redigerad bild). (IV Produkt, 2016)

Uteluften som tas från utsidan av byggnaden passerar först ett filter, där luften renas. Luften strömmar vidare till värmeåtervinningsdelen där den värms upp eller kyls ner av frånluften. Därefter strömmar luften vidare till värmesystemet eller kylsystemet var luften värms upp eller kyls ner till önskad temperatur. (Björklund & Peter, 2012)

Tilluftsfläkten transporterar den friska uppvärmda/nerkylda luften vidare in till byggnaden genom huvudkanalen som i sin tur fördelar den till byggnadens olika delar. För att luften skall fördelas rätt till de olika delarna bör spjällen injusteras. (Björklund & Peter, 2012)

Frånluften sugas ut från byggnaden genom frånluftsdon, därefter transporteras den använda luften tillbaka till ventilationsaggregatet via kanalsystemet. Frånluften renas först med hjälp av ett filter före den transporteras vidare till värmeåtervinningen. (Björklund & Peter, 2012)

3.3 Värmeåtervinning

Av den totala energin som förbrukas vid uppvärmningen av en byggnad går 20–40% åt till uppvärmningen av ventilationsluften. Därför är det mycket viktigt med värmeåtervinningen, speciellt under sommarmånaderna. Att spara energi ligger i allas intresse och genom att använda en värmeåtervinningsdel i ett ventilationssystem kan man minska betydligt på energiförbrukningen. Värmeåtervinningsdelen som finns i ett ventilationsaggregat kallas värmeväxlare. (Björklund & Peter, 2012)

Värmeväxling fungerar genom att värme överförs från frånluften, dvs den luft som kommer från byggnaden, till uteluften, luften som tas utifrån. Värmeväxlingen används även för att kyla ner istället för att värma upp luften, vilket är en bra egenskap som används vid varma sommardagar. (Cederborg & Ekman, 1998)

Man brukar tala om två olika grupper av värmeväxlare:

- *Cykliska* eller *regenerativa värmeväxlare*.
- *Statiska* eller *rekuperativa värmeväxlare*. (Cederborg & Ekman, 1998)

3.3.1 Cyklisk värmeväxling

Den vanligaste typen av *cykliska värmeväxlare* är den *roterande värmeväxlaren*, dess största fördel är dess höga verkningsgrad som kan ligga runt 80 %. En annan fördel är att den kräver lite rum eftersom den är relativt smal. Nackdelen med den *roterande värmeväxlaren* är att den överför lukten av frånluften till tilluften. Detta kan vara ett problem vid ställen där man har starka lukter eller farliga ämnen, exempelvis vid sjukhus eller laboratorium.

Andra typen av *cykliska värmeväxlare* är *kammarvärmeväxlaren*. Den fungerar med värmelagrande delar som växlar med antingen den värmande frånluften eller värmeupptagande tilluften. *Kammarvärmeväxlarens* starkaste fördel är verkningsgraden som når upp till 90 %. Nackdelarna är att frånluften blandas fritt med tilluften och det medför föroreningar samt ökad brandrisk. Denna värmeväxlare används dock inte så ofta p.g.a. den ökade brandrisken. (Cederborg & Ekman, 1998)

3.3.2 Statisk värmeväxling

Statiska värmeväxlare har inga rörliga delar och är på så sätt driftsäker. Den vanligaste typen av dessa är *plattvärmeväxlare*, de fungerar med hjälp av skivformade element som är åtskilda från varandra. Det positiva med denna värmeväxlare är även att till- och frånluften är skilda från varandra och då sker ingen luftförorening. Riktningen på till- och frånluften kan variera och värmeväxlarna kallas då medströms-, korsströms- eller motströmsvärmeväxlare. Den vanligaste av dessa är korsströmsvärmeväxlare p.g.a. dess enkla konstruktion. De nackdelar som *plattvärmeväxlarna* har är att de är betydligt bredare än *roterande värmeväxlare* och deras verkningsgrad ligger kring 50–60 %.

En annan typ är *rörvärmväxlare*, dess funktionsprincip är samma som *plattvärmväxlarens* men istället för skivformade element är de rörformade. Dessa har ungefär samma för- och nackdelar, dock är *rörvärmväxlaren* aningen mindre.

Tredje typen av *statiska värmväxlare* är *vätskekopplade värmväxlare*. De har ett eget vätskeburet system där vätskan värms upp av frånluften för att sedan med den energin värma upp tilluften. Fördelarna med dessa värmväxlare är att de tar lite plats samt från- och tilluften kan vara helt skilda från varandra, vilket är lämpligt vid renoveringsprojekt. Den har samma nackdelar som de andra *statiska värmväxlarna*; låg verkningsgrad, till och med lite lägre, ca 50 %. Vätskekopplade värmväxlare kräver även mer service än andra värmväxlare p.g.a. att de har fler komponenter, såsom elektriska och mekaniska komponenter. (Cederborg & Ekman, 1998)

3.4 Värmesystem

Även om man använder sig av värmväxlare kan man konstatera att deras värmeeffekt inte räcker till, men är dock till stor hjälp. För att man skall uppnå den behagliga temperaturen krävs även ett tillägg till värmväxlarna, ett s.k. värmesystem. (Cederborg & Ekman, 1998)

Värmesystemet är oftast vattenburen och det ger möjligheten till en snabb och lätt kontrollerbar process. På grund av att vatten har mycket högre värmeöverföringstal än luft, behöver luften en större kontaktyta än vattnet. Som lösning på problemet används lameller. (Cederborg & Ekman, 1998)



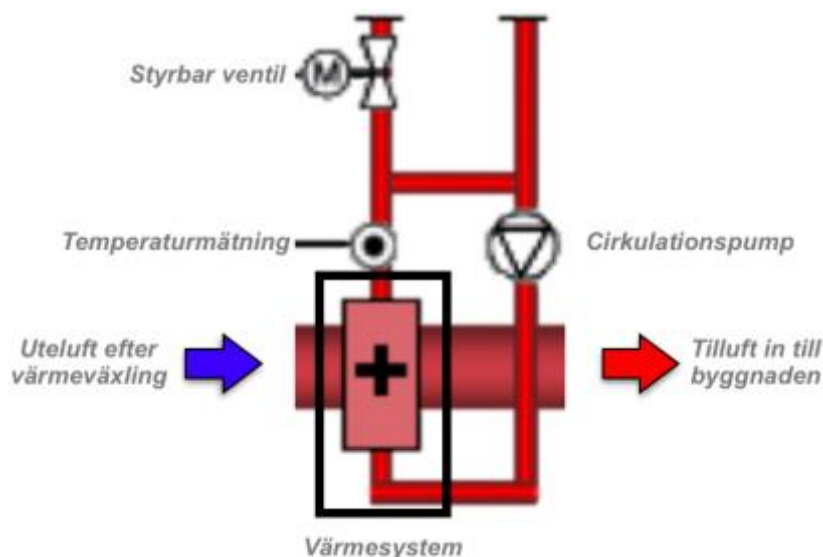
Figur 2. Värmesystem. (IV Produkt, 2016)

Temperaturen efter ett värmesystem har stor variation beroende på till vilket ändamål den används. I en vanlig byggnad rör den sig vanligtvis kring 22 °C jämfört med ett torkrum där den kan stiga uppemot 50 °C. (Cederborg & Ekman, 1998)

Ett krav som värmesystemet har är att tilluften bör vara ren, ifall luften är smutsig samlas smutsen på värmesystemets ytor och det leder till en betydligt försämrade verkningsgrad. En följd av detta är ökad energiförbrukning. (Cederborg & Ekman, 1998)

3.4.1 Reglering av värmesystem

Värmesystemets framledningstemperatur regleras oftast enligt utetemperaturen. Regleringen av värmesystemet bestäms av tilluftstemperaturen, ifall tilluftstemperaturen är högre än börvärdet stängs reglerventilen och vice versa. Figuren nedan är ett enkelt regler exempel.



Figur 3. Reglering av värmesystem, figuren tagen från Fidelix editor.

Ofta används temperaturmätning på returvattnet, vattnet som kommer efter värmesystemet och den indikerar i sin tur ifall det finns en frysrisk. Frysrisk kan uppstå ifall cirkulationspumpen stannar, värmeväxlingen avfrostas eller ifall framledningstemperaturen inte räcker till. Ifall detta sker stannar ventilationsaggregatet och ett alarm uppstår samt indikation om vad som är fel. (Cederborg & Ekman, 1998)

3.5 Värmeöverföring

Värmeöverföring sker när det finns en temperaturskillnad. Värmen överförs alltid från den delen med högre temperatur till den med lägre temperatur. Det finns tre olika sätt som värme kan överföras på, nämligen genom ledning, konvektion och strålning. (Sundén, 2006) Detta arbete behandlar dock endast ledningsöverföring.

Det som nu är intressant är hur stor energiförlust som det uppstår vid värmesystemet. Beräkningen av värmeöverföring i ett rör beräknas på följande sätt.

Φ = Värmeöverföring (W)

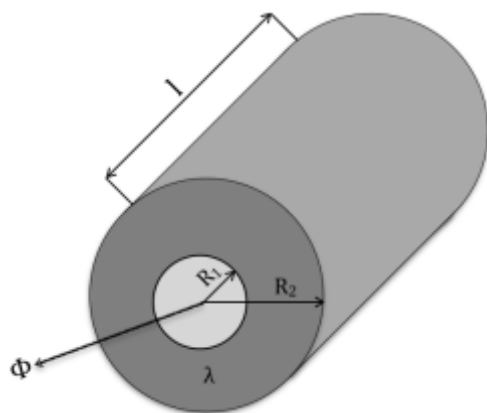
λ = Värmekonduktivitet (W/mK)

R_1 = Innerradie (mm)

R_2 = Ytterradie (mm)

l = Rörets längd (m)

ΔT = Skillnaden mellan temperaturen inne i och utanför röret ($^{\circ}\text{C}$)



$$\Phi = \lambda * \frac{2 \pi l \Delta T}{\ln \frac{R_2}{R_1}} \quad (1)$$

Figur 4 Värmeöverföring i rörledning.

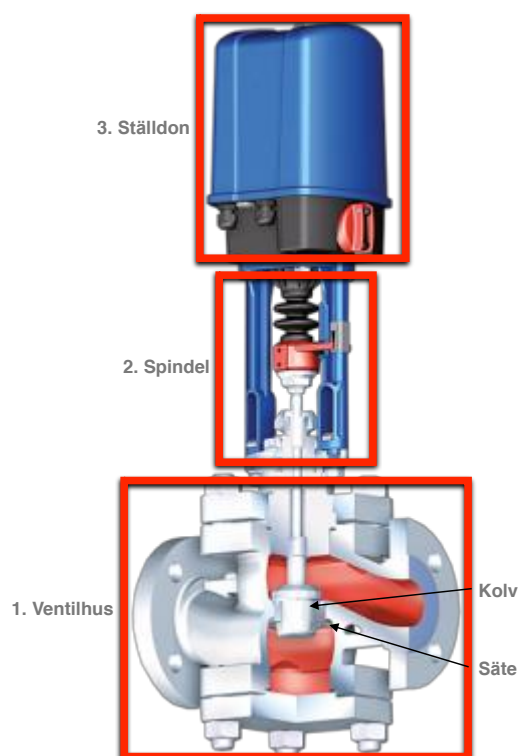
4 Ventiler

Ventiler är bland de mest använda komponenter i en automationsanläggning. Det finns två huvudtyper av dem, reglerventiler och avstängningsventiler. Men användningen av ventiler kan även leda till många problem såsom kavitation, slitage och olika slags läckage. Med dessa problem i beaktande förstår man att det behövs många olika, speciella ventiler och lösningar. (Engesbreten, 2013)

4.1 Reglerventiler

Reglerventiler är den mest använda typen av ventiler därför att det kan vara ett högt tryck över ventilen och den har möjlighet att styra ett brett flödesområde. (Engesbreten, 2013)

En reglerventil består i stort sett av tre huvuddelar; ventilhus, spindel och ställdon, enligt Figur 5.



Figur 5. Illustrerande bild av reglerventilens delar. (Ventim, 2016)

Ventilhuset är monterad i själva processröret vilket är den viktigaste och mest kritiska komponenten. Det är inne i ventilhuset som vätskan regleras, kolven blockerar röret helt eller delvist. Komponenten är komplicerad och har blivit utvecklad i många olika former. Det som kanske bör tas i beaktande är att inga reglerventiler garanterar 100 % täthet. (Engesbreten, 2013)

Spindeln är den komponent som driver kolven, inne i ventilhuset, som i sin tur blockerar röret helt eller delvist. Traditionellt sett drivs ventilmotorn pneumatiskt ena vägen och med fjäder den andra vägen. Detta är p.g.a. säkerhet och det finns ventilmotorer som kallas ”spring close” eller ”spring open”. Vilken som väljs är beroende på vad som behövs i den specifika processen. (Engesbreten, 2013)

Ställdonet omvandlar styrsignalen för att sen styra själva spindeln och bestämmer i vilket läge ventilen skall befinna sig i. Styrsignalen är ofta en 4–20 mA strömsignal. 4 mA betyder stängd, 0 %, och 20 mA fullt öppen, 100 %. Det vanligaste ställdonet för större ventiler är en IP-omvandlare som styr ett pneumatiskt membran vilket kräver att man har tryckluft till ventilen. Vanligaste lösning för mindre ventiler är en elektrisk servomotor som styr ventilmotorn på elektriskt sätt. (Thomas, 2011)

Även om kulventiler oftast är avstängningsventiler finns det även två typer av reglerkulventiler, två- och trevägsventiler. Tvåvägsreglerkulventilen fungerar enkelt. Genom att vrida åt ena hållet öppnas ventilen och tillåter vätskan att passera och när den vrids åt andra hållet stängs ventilen och vätskan hindras passera. (Belimo, 2015)

Trevägsreglerkulventilen har samma uppbyggnad som den med två vägar men kan dock blanda två vätskeflöden för att till exempel få rätt temperatur. (Belimo, 2015)



Figur 6. Trevägsreglerkulventil med motor. (Belimo, 2015)

4.2 Avstängningsventiler

Avstängningsventiler är designade för att öppna eller stänga en rörledning. Därför är det viktigt att ventilen är helt tät när den är stängd. Det finns många olika slags avstängningsventiler och de vanligaste är kulventil, vridspjällventil och slussventil. (Engesbreten, 2013)

4.2.1 Kulventiler

Kulventil är enkelt sagt en kula som är inne i processröret. Det finns ett hål borrat i kulan som kan roteras för att stå på tvärs, dvs helt stängd eller hålet i linje med röret, dvs helt

öppen. Kulventiler har packningar och för att livslängdens skall vara så lång som möjligt måste packningsmaterialet väljas så att det passar ihop med de andra materialen som finns i processen. (Engesbreten, 2013)

Kulventiler passar bra som avstängningsventiler, eftersom det är lätt att få indikationen i vilket läge ventilen befinner sig. Det som bör tas i beaktande vid användning av kulventil som en avstängningsventil är att när den är stängd är "hålet" fylld med vätska. Det kan vara ett problem med frostsprängning eller eventuella hygieniska krav. (Engesbreten, 2013)



Figur 7. Kulventil som avstängningsventil. (Askalon, 2016)

4.2.2 Vridspjällventil

Vridspjällventilen är konstruerad som ett spjäll med en axel centrerad i röret. Då axeln vrids öppnas eller stängs ventilen. Ventilen är snabb och tål stora påfrestningar. Nackdelen med vridspjällventilen är att den alltid är synlig i röret även om den är helt öppen. (Engesbreten, 2013)



Figur 8. Vridspjällventil med motor. (Somas, 2017)

4.2.3 Slussventil

Slussventil är som namnet säger en sluss som skruvas in eller ut, och stänger eller öppnar således röret. Slussventilen har samma egenskap som kulventilen, dvs. det syns inte något i röret när den är helt öppen. Nackdelen med denna typ av ventil är att den kan börja krångla ifall styrspåret för slussen har kommit till skada. (Engesbreten, 2013)



Figur 9. Slussventil. (Belos, 2017)

5 Graddagar

Graddagar ger ett mått på behovet av uppvärmningsenergi för en byggnad. Talet bestäms på basen av skillnaden mellan utetemperaturen och en referenstemperatur. Med hjälp av graddagstalet kan man få en rättvis bedömning på hur stor energiförbrukning som krävs för uppvärmningen av en byggnad. Detta är möjligt därför att energimängden som används är så gott som proportionell med skillnaden mellan inne- och utetemperaturen. (Meteorologiska institutet, 2014)

Referenstemperaturen varierar beroende på vem som gör beräkningen. Meteorologiska institutet (Meteorologiska institutet, 2014) och SMHI använder +17 °C (SMHI, 2016) som referens, vilket skiljer sig från MälarEnergi som använder +20°C (MälarEnergi, 2016). En så låg referenstemperatur som +17 °C används p.g.a. att det tillkommer en viss del ”gratisvärme” av exempelvis solen, apparater och människor. Tillsammans med referenstemperaturen och den ”gratisvärme” man får, uppnår man en behaglig innetemperatur. (Norrtälje Energi, 2016)

För att en rättvis bedömning skall vara möjlig, jämförs graddagstalen med s.k. normaltalen. Talen bestäms av en jämförelseperiod som utfördes under åren 1981–2010. Det finns totalt 16 olika jämförelseortar i Finland. (Meteorologiska institutet, 2014)

Graddagsberäkning tar inte i beaktande vindförhållande, solstrålning eller luftfuktighet. Det är en relativt enkel beräkning som endast beaktar utetemperaturen. Det positiva med detta är att det simplificerar beräkningen och det ger en relativt rättvis bedömning om hur mycket energi en byggnad egentligen använder oberoende av utetemperaturen. (Meteorologiska institutet, 2014)

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Året
Mariehamn	592	567	551	406	216	34	3	17	135	308	432	542	3803
Vanda	682	640	586	376	146	16	2	21	158	348	497	625	4097
Helsingfors	647	612	566	383	153	11	1	12	125	316	464	588	3878
Björneborg	677	633	585	389	181	26	3	25	171	352	497	622	4161
Åbo	663	625	575	377	161	19	2	18	149	338	486	608	4021
Tammerfors	724	675	612	400	176	28	5	34	192	382	529	667	4424
Lahtis	726	677	610	395	159	20	4	31	191	383	528	668	4392
Villmanstrand	759	699	621	403	165	22	5	28	184	386	546	692	4510
Jyväskylä	785	721	646	440	206	40	10	56	227	414	569	718	4832
Vasa	719	666	619	424	214	29	5	35	192	377	526	663	4469
Kuopio	812	741	653	445	198	31	7	38	194	400	571	735	4825
Joensuu	826	753	665	456	216	39	10	47	215	416	589	752	4984
Kajana	864	777	695	479	251	57	17	75	245	441	618	785	5304
Uleåborg	824	742	677	465	249	47	9	55	224	423	593	749	5057
Sodankylä	946	838	760	548	345	106	49	136	316	523	722	891	6180
Ivalo	923	819	755	557	377	146	69	147	318	523	722	875	6231

Figur 10. Graddagstal för jämförelseperioden 1981–2010. (Meteorologiska institutet, 2014)

5.1 Beräkning av graddagar

Antalet graddagar beräknas genom att varje månad addera skillnaden mellan dygnsmedeltemperaturen och referenstemperaturen. Vid beräkning av graddagstalet finns det även en s.k. tröskeltemperatur som är +10 °C på våren och +12 °C på hösten. Ifall dygnsmedeltemperaturen överskrider tröskeltemperaturen beaktas inte den dagens graddagar. Vid beräkningen antar man att uppvärmningen av en bostad slutar när temperaturen överstiger tröskeltemperaturen. (Meteorologiska institutet, 2014)

Det används olika beräkningssätt i Finland och Sverige. Meteorologiska institutet räknar skillnaden mellan dygnsmedeltemperaturen och referenstemperaturen som är $+17\text{ °C}$. Ifall dygnsmedeltemperaturen överstiger tröskelgränsen tas den inte i beaktande. (Meteorologiska institutet, 2014) Däremot ändrade SMHI sina graddagsberäkningar och tröskelgränserna togs ur bruk vid årsskiftet 2014–2015. Graddagstalet beräknas nuförtiden alltid genom att räkna skillnaden mellan dygnsmedeltemperaturen och $+17\text{ °C}$. (SMHI, 2014) Eftersom Meteorologiska institutet fortfarande använder tröskeltemperaturen kommer deras räknesätt att användas i fortsättningen av detta arbete.

5.1.1 Räkneexempel av graddagstal

Beräkningen görs på april månad. Anta att dygnsmedeltemperaturen för ett dygn är -4 °C och referenstemperaturen $+17\text{ °C}$, skillnaden är då 21 graddagar. Eftersom april är en vårmånad används även tröskeltemperaturerna. Ifall dygnsmedeltemperaturen stiger över 10 °C tas alltså inte de graddagarna i beaktande. Om medeltemperaturen är 10 °C är det 7 graddagar för den dagen men om temperaturen stiger till 11 °C är det 0 graddagar. För att få det slutliga graddagstalet för april, adderas alla graddagar ihop. (Meteorologiska institutet, 2014)

April	Dygnsmedeltemperatur	Graddagar
Dag 1	-4 °C	$17\text{ °C} - (-4\text{ °C}) = 21$
Dag 2	10 °C	$17\text{ °C} - 10\text{ °C} = 7$
Dag 3	11 °C	Tas ej i beaktan = 0
.....		
totalt		$21 + 7 + 0 + \dots = \text{ex. } 400$

Tabell 1. Exempel på beräkning av graddagar.

Man jämför det beräknade graddagstalet med månadens jämförelsetal som tas från Meteorologiska institutets tabell (Figur 10) där Vasas graddagstal för april är 424. Man kan se ifall det har varit en varmare eller kallare månad än normalt och sedan räkna ut uppvärmningsbehovet som visas i nästa exempel.

5.2 Graddagskorrigering

Energiförbrukningen hos en byggnad kan delas in i två olika delar. En del som är och en del som inte är beroende av utetemperaturen. Till delen som inte är beroende av utetemperaturen hör exempelvis tappvarmvatten och fastighetsel. Andra delen, den resterande delen, kan korrigeras med hjälp av graddagstalet och jämförelsetalet och därmed får man en rättvis bedömning om man förbrukade mer eller mindre energi jämfört med en normalmånad. (SMHI, 2016)

5.2.1 Korrigeringsfaktor

När graddagskorrigeringen räknas ut, är första steget att räkna ut en korrigeringsfaktor. Den räknas på följande sätt:

Enligt Meteorologiska institutet hade Vasa 604 graddagar i januari 2017. En normal januarimånad har för samma plats 719 graddagar. (Figur 10) Korrigeringsfaktorn blir då:

$604/719 = 0,84$ ($1 - 0,84 = 0,16$) vilket betyder att årets januari månad var 16 % varmare än en normal månad.

När korrigeringsfaktorn är beräknad övergår man till graddagskorrigeringen. Då korrigeringen beräknas bör energidelen som inte är beroende av utemperaturen dras bort för att få det bästa resultatet. (SMHI, 2016)

5.2.2 Graddagskorrigerig

Anta att energiförbrukningen för januari är 25 kWh. Av det har 7 kWh gått åt till uppvärmning av förbrukningsvarmvatten och resten åt uppvärmningen av byggnaden. Tidigare räknades det ut att januari år 2017 var 16 % varmare än en normalmånad, vilket exemplet nedan visar. Den totala energiåtgången beräknas enligt följande:

$$\text{Uppvärmning} + \text{Förbrukningsvarmvatten} : \frac{(25-7)}{0,84} + 7(\text{kWh}) = 21,4 + 7 = 28,4 \text{ kWh} \quad (2)$$

En normal januarimånad skulle energiförbrukningen alltså vara 28,4 kWh. (SMHI, 2016)

5.2.3 Exempel på jämförelseberäkning

Med hjälp av graddagskorrigeringen kan man jämföra olika tidsperioder för att se ifall man har använt mer eller mindre energi för uppvärmningen av en byggnad. Graddagstalen är tagen från Meteorologiska institutets hemsida men energiförbrukningen samt förbrukningen av varmvatten eget exempel.

År	Uppmätt förbrukning	Energi för förbrukningsvarmvatten	Uppvärmningsenergin	Aktuellt antal graddagar	Normalt antal graddagar	Korrigeringsfaktorn
2015:	22,5 kWh	7 kWh	16 kWh	630	719	$630/719 = 0,88$ dvs varmare än normalt
2016:	27 kWh	7 kWh	25 kWh	842	719	$842/719 = 1,17$ dvs kallare än normalt
2017:	25 kWh	7 kWh	18 kWh	604	719	$604/719 = 0,84$ dvs varmare än normalt

Tabell 2. Exempel på jämförelse av tre st. januarimånader i Vasa. (Meteorologiska institutet, 2014)

Den normaliserade energiförbrukningen för de tre januarimånaderna:

$$2015: \frac{(22-7)}{0,88} + 7(kWh) = 17,0 + 7 = 24,0 kWh \quad (3)$$

$$2016: \frac{(27-7)}{1,17} + 7(kWh) = 17,1 + 7 = 24,1 kWh \quad (4)$$

$$2017: \frac{(25-7)}{0,84} + 7(kWh) = 21,4 + 7 = 28,4 kWh \quad (5)$$

Ökningen av energiförbrukningen mellan åren 2015 och 2016 är alltså helt normal, p.g.a. att temperaturen är betydligt lägre år 2016, vilket syns i korrigeringsfaktorn. Däremot minskar förbrukningen mellan åren 2016 och 2017 medan den normaliserade förbrukningen ökar. Detta tyder på en högre energiförbrukning i proportion till utetemperaturen. (SMHI, 2016)

5.3 Kommunspecifikt graddagstal

Det finns totalt 16 jämförelseorter i Finland, ifall man vill utföra en graddagsberäkning på en annan ort kan man utföra en kommunspecifik korrigeringsfaktor. Detta görs med en korrigeringsfaktor som är specifik för olika kommuner.

När man skall utföra en kommunspecifik graddagstals beräkning använder man sig av en korrigeringsfaktor k_1 och den närmsta jämförelseortens graddagstal. Meteorologiska institutet har korrigeringsfaktorn för alla kommuner i Finland. Beräkning av detta görs enligt formel (6), där kommunen som man vill beräkna graddagstalet för är $S_{N \text{ kommun}}$. $S_{N \text{ jämförelsekommun}}$ är graddagstalet för den kommun som ligger närmast den kommun man är intresserad av. (Meteorologiska institutet, 2014)

$$S_{N \text{ kommun}} = \frac{S_{N \text{ jämförelsekommun}}}{k_1} \quad (6)$$

6 Utförande

Idén till detta arbete kom från beställaren Fidelix eftersom de var intresserade av att se hur mycket det går att spara in på energiförbrukning i ventilationsvärmesystemet. Beställaren önskade att styrsystemet skulle vara universellt samt att ett test skulle genomföras för att fastställa hur mycket det är möjligt att spara.

Arbetet avgränsades till styrning av endast ventilationvärmesystemets framledningstemperatur. Detta ställde vissa krav på testobjektet som skulle väljas. Dessa var

att det skulle finnas minst två ventilationsaggregat, möjlighet att styra framledningstemperaturen, energimätning över värmesystemet och att ventilerna skulle kunna styras.

Följande punkter ingick i utförandet:

- Val av testobjekt
- testperiod med konventionellt system
- skapandet av styrsystemet
- testperiod med systemet
- samlandet och jämförelse av data
- resultatredogörelse.

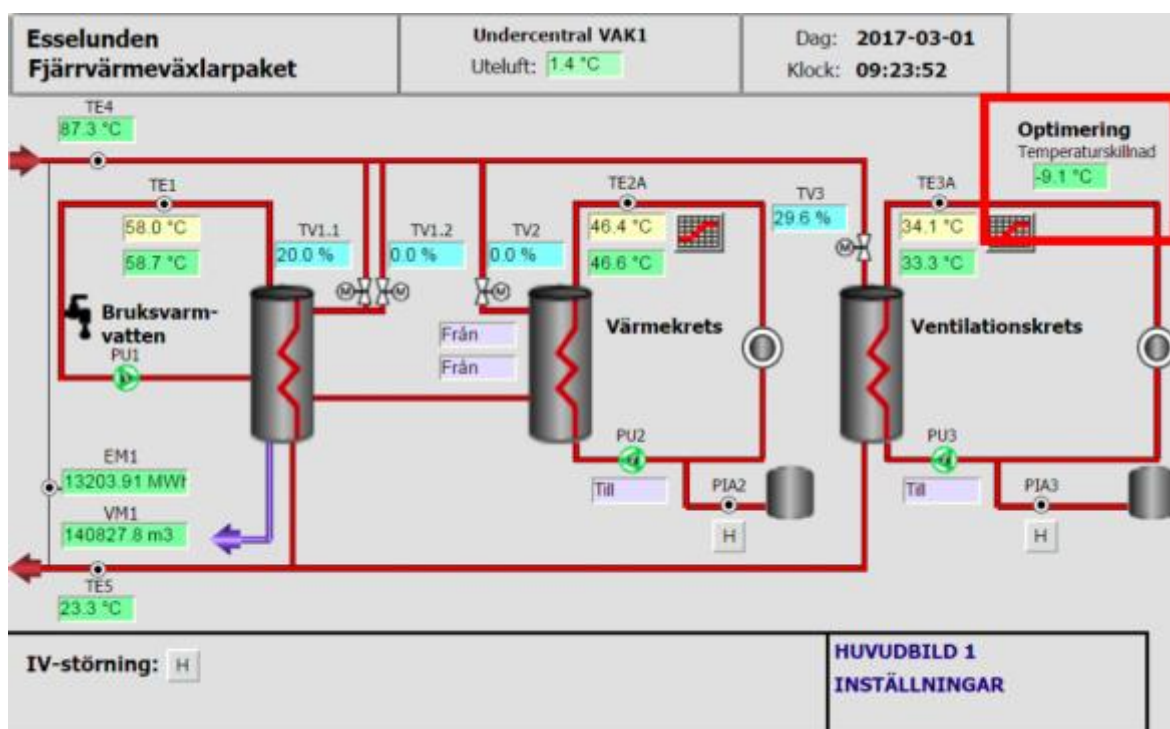
6.1 Testobjekt

Esselunden valdes p.g.a. att kraven på testobjektet uppfylldes. Esselunden ligger i Pedersöre och är ett serviceboende för personer som behöver vård, dygnet runt. Serviceboendet rymmer ca 20 ordinarie boende klienter. (SOCHV Jakobstad, 2016)

Esselunden var på så sätt ett bra objekt därför att det fanns uppföljning av energimätning, temperaturmätning och graddagsberäkning. Uppföljningen startades i februari 2016, vilket var optimalt eftersom det går att jämföra energiförbrukningen för februari 2016 och 2017. En annan positiv sak med Esselunden var att klienterna har väldigt rutinmässiga vanor och därmed kan det antas att energiförbrukningen är stabil.

Den största nackdelen som det valda objektet hade var att energiuppföljningen sker på hela fjärrvärmepaketet. Där ingår uppvärmning av bruksvarmvatten, värmekrets samt värmekretsen för ventilationen. Vid användning av graddagsberäkning beräknas bruksvarmvatten skilt p.g.a. att energiförbrukning för bruksvarmvatten inte är beroende av utetemperaturen. Detta problem behandlas mera vid beräknings- och resultatdelen av arbetet.

Figuren på nästa sida beskriver värmesystemet vid Esselunden.



Figur 11. bild av värmesystemet, tagen av Fidelix.

När funktionsblocket implementeras bör även den markerade delen tillsättas. Den indikerar läget hos funktionsblocket, t.ex. optimering, frysrisk eller ingen optimering mm. Den visar även hur många grader Celsius funktionsblocket sänker framledningstemperaturen.

6.1.1 Testperiod

Objektet Esselunden som valdes var bra på så sätt att det fanns uppföljning redan från februari 2016. Det valdes att den reglerade testperioden skulle ske i februari 2017 så den kunde jämföras mot februari 2016.

Den första tanken var att jämföra januari och februari 2017, men när det fanns tillgång till äldre data konstaterades det att en bättre lösning är att jämföra samma månader med varandra. För att få en så rättvis bedömning av hur mycket energi som sparades under den reglerade testperioden som möjligt kommer det även att utföras flera testperioder.

Den mest rättvisa bedömningen sker dock när jämförelsen sker mellan två motsvarande tidsperioder, t.ex. februari 2017 mot februari 2016. Detta p.g.a. att då normaliseringen sker används samma graddagstal som jämförelse och således minskas felberäkningen.

När testperioderna var utförda samlades all data för sammanställningen av resultatet. Den data som var mest intressant var energiförbrukningen, antalet graddagar och temperatursänkningen.

6.1.2 Utmaningar och risker

Den största utmaningen var att göra en rättvis beräkning på energiförbrukningen för de olika perioderna. Utmaningen blev ännu större då Esselunden valdes som testobjekt där energimätningen sker över hela fjärrvärmepaketet. Därför var det viktigt att vara extra noggrann med all data och alla beräkningar. Data behövde även granskas och jämföras mot andra mätningar, t.ex. graddagarna som beräknas i Pedersöre jämfördes med Vasa graddagar.

Till utmaningarna hörde även att skapa ett styrsystem som är tillförlitligt och inte medför risker samt att kunna påvisa vilka direkta effekter systemet har. Risken med att sänka framledningstemperaturen är att frysriskerna ökar. Ifall värmesystemet fryser blir det mångfalt dyrare än inbesparningen vid temperatursänkningen.

6.2 Funktionsblocket

Open PCS är programmeringsverktyget som användes för att skapa funktionsblocket. Verktöget valdes p.g.a. att det används av Fidelix och tanken är att det skapade funktionsblocket skall vara lätt att implementera i ett befintligt system. Funktionsblockets uppgift är att skapa en optimering av energiflödet genom ventilationvärmesystemet. Själva algoritmen i styrfunktionen är en affärshemlighet och behandlas inte i arbetet.

Funktionsblocket programmerades på ett enkelt sätt och tanken med arbetet är att i första hand se hur mycket man kan sänka energiförbrukningen. Ifall funktionsblocket visar sig vara lönsamt finns det möjlighet att vidareutveckla det. Funktionsblocket blev skapat så att det kan styra upp till fyra ventilationsaggregat samtidigt, vid användning av flera aggregat bör blocket utvecklas.

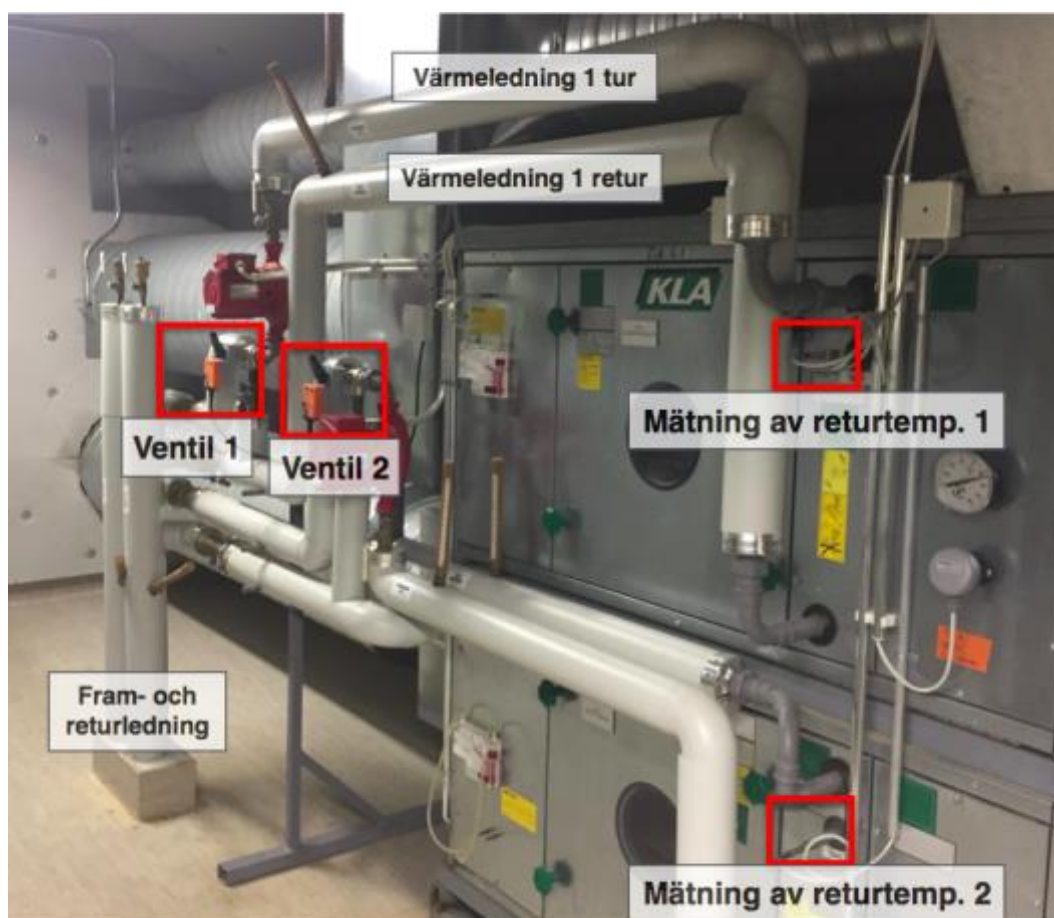
6.2.1 Funktionsblockets uppgift

Detta kapitel beskriver funktionsblockets uppgift för att öka förståelsen för läsaren. Flera av dessa är redan nämnda men upprepas för en bättre helhetsförståelse.

Uppgiften för funktionsblocket är att sänka framledningstemperaturen så mycket att läget hos ventilerna 1 och 2 (Figur 12) skall vara kring 90 %. Blocket blev gjort med en funktion som lätt kan justera ventillägens börvärde. Funktionen används ifall aggregatet behöver mera ”spelrum” än 10 %, då kan man sänka börvärdet för ventilerna till exempelvis 80 %.

Ett av kraven som ställdes på funktionsblocket var att frysrisk inte skulle öka. Detta löstes med att göra en uppföljning av returtemperaturerna, vilka mäts efter värmesystemet. Funktionsblocket blev skapat så att då returtemperaturen sjunker för lågt kopplas blocket bort och styrning av framledningstemperaturen återgår till konventionell styrning.

När ett ventilationsaggregat startar är energibehovet av värmesystemet större än innan värmeväxlingen kommer fullt igång. Följden av detta är att den sänkta framledningstemperaturen inte räcker till, alltså behöver börvärdet för den temperaturen höjas. För att funktionsblocket inte skulle skapa större frysrisk skapades en s.k. boostfunktion som används när ett ventilationsaggregat startas. Boostfunktionen sänker börvärdet för läget hos ventil 1 och 2 med 10–20 % vilket leder till att framledningstemperaturen ökar.



Figur 12. Bild av Esselundens ventilationsaggregat med förklaringar.

6.3 Jämförelseberäkning

För att det skall vara möjligt att utföra en jämförelseberäkning av två testperioder bör graddagarna först normaliseras och för att öka läsarens förståelse går jag noggrant igenom hur jag har gått tillväga. När normalisering är utförd går det att jämföra energiförbrukningen av månaderna mot varandra.

Den närmsta jämförelseorten som meteorologiska institutet använder för graddagsberäkning är Vasa (Meteorologiska institutet, 2014). För att få ett så verklighetstroget graddagstal som möjligt blev uppföljningen och beräkningen gjord i Pedersöre och det utfördes med hjälp av Fidelix temperaturmätning. De beräknade graddagarna jämfördes med Vasa graddagar för att säkerställa att de är korrekta.

För att jag skulle ha möjlighet att använda de uppmätta graddagarna bör en beräkning av graddagstalet specifikt för Pedersöre göras, enligt formel (6).

När jag utförde mina beräkningar angränsade jag arbetet till beräkningen av den totala energiförbrukningen i fjärrvärmepaketet. Jag räknade med att flödet i värmeledningarna är konstant. Dessa avgränsningar gjordes för att minska på arbetets komplexitet. I kapitlet ”vidare forskning” berättas mera om vad som ännu kan tas i beaktande för ett noggrannare resultat.

6.3.1 Beräkning av kommunspecifikt graddagstal

När beräkningen av graddagstalet specifikt för Pedersöre görs, används Vasa som närmsta jämförelseort. Korrigeringsfaktorn för Pedersöre är 0,96 och den är tagen från Meteorologiska institutet. De har uppdaterat faktorerna år 2013 (Meteorologiska institutet, 2014).

Korrigeringen sker för varje månad, som exempel väljer jag att visa beräkningen av februari månad. Graddagstalet, S , för februari månad är 666 i Vasa graddagstal, enligt Figur 10.

$$S_{Pedersöre} = \frac{S_{Vasa}}{k_1} \rightarrow \frac{666}{0,96} = 694 \quad (7)$$

Februari månad är en specialmånad p.g.a. skottåret då det tillkommer en dag. Detta problem löstes genom att beräkna dygnsmedeltalet för februari och sedan multiplicera det med 29 dygn, vilket leder till att Pedersöres graddagstal för februarimånad är 719 varje skottår.

Figuren nedan är Pedersöres beräknade graddagstal för hela året.

	jan	feb	mars	april	maj	juni	juli	aug	sep	okt	nov	dec	Året
Vasa	719	666 (*690)	619	424	214	29	5	35	192	377	526	663	4469
Pedersöre beräknad	749	694 (*719)	645	442	223	30	5	36	200	393	548	691	4655

Figur 13. Vasa jämfört med Pedersöres beräknade graddagstal. *Skottår.

6.3.2 Normalisering av graddagstal

För att normalisera Esselundens energiförbrukning gjorde jag ett antagande att energiförbrukningen för uppvärmning av bruksvarmvattnet är konstant. Detta bör göras därför att den mätning som finns tillgänglig är endast den totala energiförbrukningen för hela fjärrvärmepaketet. Antagandet anser jag att är möjligt p.g.a. att det är ett äldreboende där klienterna har i stort sett samma dagsvanor, hur ofta de duschar mm.

Jag börjar med att normalisera de månaderna som jag var intresserad av för att se ifall det varit varmare eller kallare än en normalmånad. Här används endast de uppmätta graddagarna och jämförelse graddagstalen.

2016	Jämförelse Graddagar	Uppmätta graddagar	Korrigeringsfaktorn
februari	719	570	$570/719 = 0,79 \rightarrow 21\%$ varmare än normalt
2017			
januari	749	605	$605/749 = 0,81 \rightarrow 19\%$ varmare än normalt
februari	694	589	$589/694 = 0,85 \rightarrow 15\%$ varmare än normalt

Figur 14. Beräkning av månadernas korrigeringsfaktor i Pedersöre.

Som vi kan se i tabellen har det varit mycket varmare än ett normalår. Om man jämför dessa tal med Vasa, Figur 15 kan man se att enligt mina beräkningar har det varit varmare i Pedersöre än vad det har varit i Vasa.

2016	Jämförelse Graddagar	Uppmätta graddagar	Korrigeringsfaktorn
februari	690	564	$564/690 = 0,82 \rightarrow 18\%$ varmare än normalt
2017			
januari	719	604	$604/719 = 0,84 \rightarrow 16\%$ varmare än normalt
februari	666	589	$589/666 = 0,88 \rightarrow 12\%$ varmare än normalt

Figur 15. Beräkning av månadernas korrigeringsfaktor i Vasa.

Detta kan bero på att den kommunspecifika korrigeringsfaktorn är aningen hög. En annan orsak kan vara att temperaturmätningen som blivit gjord har en viss felprocent t.ex. ifall temperaturmätningen ligger mera på solsidan blir temperaturen lite för hög.

När korrigeringsfaktorn är beräknad kan jag räkna ut den normaliserade energiförbrukningen för månaderna. För att lättare jämföra de olika månaderna görs en beräkning på energiförbrukningen per dygn.

2016	förbrukning MWh	Korrigeringsfaktorn	Normaliserad förbrukning MWh	förbrukning per dygn
Februari (29 dagar)	38,16	0,79	$38,16/0,79 \rightarrow 48,14$	1,66
2017				
Januari (31 dagar)	38,85	0,81	$38,85/0,81 \rightarrow 48,09$	1,55
Februari (28 dagar)	38,06	0,85	$38,06/0,85 \rightarrow 44,83$	1,60

Figur 16. Normaliserad dygnsmedelförbrukning i månadsperiod. (*Test 1 och 2*).

Denna kalkyl visar ett tudelat resultat, ett där funktionsblocket har sparat 60 kWh per dygn och ett där blocket har använt 50 kWh mera per dygn.

Test 1 jämför samma tidsperioder mot varandra, februari 2016 mot februari 2017. Där visar resultatet på att energisparningen med hjälp av funktionsblocket ligger på 60 kWh per dygn, vilket är en energiminskning på drygt 1,7 MWh för februari månad.

Test 2 jämför två månader efter varandra, januari och februari. Resultatet för detta test är att perioden med funktionsblocket använde mera energi, genomsnittligt 50 kWh per dygn mera.

Eftersom de här två testens resultat låg så långt ifrån varann utfördes även ett tredje test. **Test 3** utfördes under en kortare tidsperiod i mars månad som bestod av två dagar med funktionsblock och två dagar utan. Resultatet för **Test 3** visar att energiförbrukningen minskade med genomsnittligt 80 kWh per dygn då blocket användes.

Jämförelsegraddagstalet är beräknat av dygnsmedeltalet för marsmånad.

2017	förbrukning MWh	Jämförelsegraddagstal	Graddagar uppmätt	Normaliserad förbrukning MWh	förbrukning per dygn
7–8.3 med funktionsblock	2,80	41,6	43	2,71	1,35
9–10.3 utan funktionsblock	2,33	41,6	34	2,85	1,43

Figur 17. Beräkning av normaliserad dygnsförbrukning med två-dags perioder. (*Test 3*).

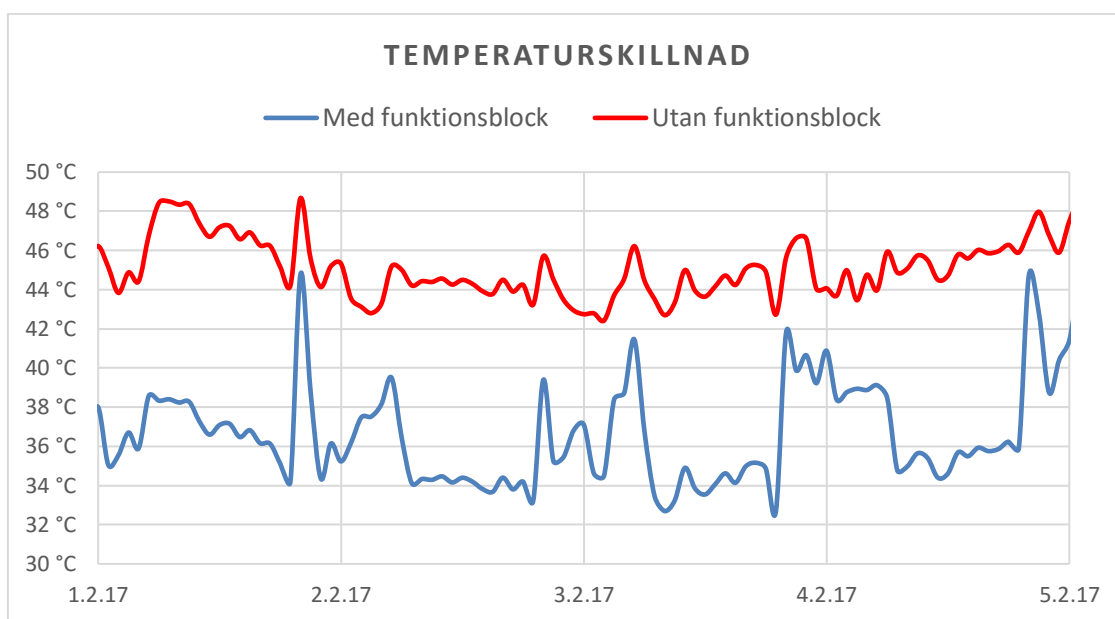
Jag tror att den största orsaken till att det är så stor skillnad på de olika testperioderna är energiförbrukningen för uppvärmning av bruksvatten. För att få ett så bra och tillförlitligt resultat som möjligt skulle det krävas en längre tidsperiod, såsom ett helt år. Uppföljning kommer även att fortsätta men den delen avgränsas från mitt arbete.

6.3.3 Temperatursänkning

Detta kapitel går igenom hur mycket framledningstemperaturen sänks med hjälp av funktionsblocket. Jag valde att ta upp detta p.g.a. att man här kan se svart på vitt hur många grader blocket sänker framledningstemperaturen.

Innan funktionsblockets användning styrdes framledningstemperaturen av en konverteringstabell, vilken är beroende av utetemperaturen. Blocket som skapades sänker i sin tur konverteringstabellens kurva när det är möjligt.

Grafen nedan visar framledningstemperaturen med och utan funktionsblock.



Tabell 3. Diagram för temperaturskillnaden i framledningen med och utan funktionsblock.

Den blåa linjen som visar framledningstemperaturen med funktionsblocket är tagen av uppmätt temperatur. Den röda linjen är en illustrerad linje hur temperaturen skulle vara ifall funktionsblocket inte används.

Som grafen visar är det en betydligt lägre framledningstemperatur när funktionsblocket används. Medeltalet för temperaturändringen ligger på $-8,2$ °C. Det som är värt att notera är att under dagen kan skillnaden vara nära noll vilket betyder att kurvan för

konverteringstabellen inte går att sänka direkt med 8,2 °C. Detta skulle medföra att temperaturen inte räcker till då den behövs som mest.

6.3.4 Energiförlust i rörledning

Den största energiförbrukaren är fjärrvärmepaketet, men en del av förlusterna sker i rörledningarna. Förlusterna i rören går dock inte att räkna som direkta förluster p.g.a. att denna energi hjälper även till att värma upp fastigheteten.

Rören går från fjärrvärmerummet upp till ventilationsrummet som ligger på vindsvåningen. Rören är dragna genom byggnaden och placerade på översidan om undertaket. På basen av var rören är dragna kan man konstatera att då de ligger över undertaket är största delen av energiförlusten en egentlig förlust. Arbetet avgränsas till en förlustberäkning och tar inte upp hur mycket som egentligen är en förlust eller hur mycket som gynnar uppvärmningen av fastigheten.

Framledningen består av en stigare som senare fördelas i ventilationsrummet. Därför görs beräkningarna med två olika längder och rörstorlekar som man kan se i formel (8). Framledningen består av ett kopparrör som är isolerad. Värmeledningsförmågan hos koppar är 398 vilket är mycket mera än rörets isolering och en skild energiöverföringsberäkning för kopparröret är därför försumbar.

Φ = Värmeöverföring (W)

$\lambda = 0,036$

$R_{1,1} = 24,15, R_{1,2} = 13,45$ (mm)

$R_{2,1} = 60, R_{2,2} = 46$ (mm)

$L_1 = 26, L_2 = 14$ (m)

$\Delta T_1 = 26, \Delta T_2 = 28$ (utan funktionsblocket) $\Delta T_3 = 17,9, \Delta T_4 = 19,9$ (med funktionsblocket)

$$\Phi = 24h * \lambda * \left(\frac{2 \pi l_1 \Delta T_1}{\ln \frac{R_{2,1}}{R_{1,1}}} + \frac{2 \pi l_2 \Delta T_2}{\ln \frac{R_{2,2}}{R_{1,2}}} \right) \quad (8)$$

$$\Phi_{utan funktionsblock} = 5,76 kWh, \quad \Phi_{med funktionsblock} = 4,01 kWh \quad (9, 10)$$

$$\Delta \Phi_{skillnad} = \Phi_{utan funktionsblock} - \Phi_{med funktionsblock} = 1,75 kWh \quad (11)$$

Förlustberäkningen är gjord per dygn. Beräkning (9) och (10) visar energiförlusterna med och utan funktionsblock. Enligt beräkningen (11) minskade energiförlusterna i rören med 1,75 kWh per dygn.

7 Resultat

Det förväntade resultatet som kommer när framledningstemperaturen sänks är att energiförbrukningen sänks. För att få fram detta resultat gjordes en uppföljning av energiförbrukningen och en normaliserad beräkning av den. Förväntningen var att framledningstemperaturen skulle sänkas med 2–4 °C.

Resultatet består i grunden av tre olika jämförelseberäkningar; graddagsberäkning, temperaturminskning, och energiförlust i rör. Graddagsberäkningen tar upp den totala effektförbrukningen och är den mest centrala i arbetet. Resultatet av graddagsberäkningarna presenteras i figuren nedan.

	funktionsblock	Medel energiförbrukning per dygn (MWh)	Energiskillnad med och utan funktionsblock
Test 1			
feb-16	Nej	1,66	
feb-17	Ja	1,60	60 kWh
Test 2			
jan-17	Nej	1,55	
feb-17	Ja	1,60	- 50 kWh
Test 3			
7–8 mars-17	Ja	1,35	
9–10 mars-17	Nej	1,43	80 kWh

Figur 18. Testperiodernas medeldygnsförbrukning samt energiskillnaden.

Resultatet av **Test 1** visar att minskningen för energiförbrukningen i snitt är 60 kWh per dygn när funktionsblocket används, drygt 1,7 MWh mindre för hela februarimånad. **Test 2** visar dock på att det inte skedde någon sänkning alls utan tvärtom en ökning av energiförbrukningen när funktionsblocket användes. På dygnsbasis visar resultatet att förbrukningen ökade med 50 kWh. Det sista testet som utfördes under en kortare jämförelseperiod, **Test 3** stärker resultatet av **Test 1** då minskningen av energiförbrukningen per dygn i snitt var 80 kWh.

Framledningstemperaturen sänktes när funktionsblocket användes, till och med mera än förväntat. Den genomsnittliga temperaturändringen i februari ligger på -8,2 °C.

Rörens energiförluster minskade med 1,75 kWh per dygn då funktionsblocket användes. Detta resultat presenteras men kan inte betraktas som en direkt energisparning, p.g.a. en del av denna energi går åt till att värma upp byggnaden.

8 Avslutande diskussion

Optimering och energisparning är ett intressant och trendigt område. Idag ställs höga krav på att ventilationen skall fungera bra och snabbt, det får inte vara för varmt eller kallt, fuktigt eller torrt. Grundtanken bakom detta examensarbete är att spara den energi som man tidigare slösat utan att försämra kvalitet eller öka risker i ventilationsaggregatet.

Resultatet var inte så entydigt så det kommer att diskuteras här nedan. Till en början är det största problemet att energimätningen inte var optimal. För det bästa resultatet skulle det behövas en skild energi mätare över ventilationsaggregatets värmekrets.

Det som resultatet presenterar, att *Test 1* sparar energi och *Test 2* förbrukar mera energi är lite svårtolkat men enligt beräkningarna som gjordes kan det konstateras att graddagsberäkningen bör göras för samma tidsperiod för att få det mest rättvisa resultatet. Som vi kan se i *Test 3* är dygnsmedelförbrukningen betydligt lägre än januari- samt februari månad och enligt Figur 18 ligger alla månaderna på olika medeldygnsförbrukningar; januari 1,55 MWh, februari 1,60–1,66 MWh och mars på 1,35–1,43 MWh. Med tanke på detta borde man utföra jämförelser enligt *Test 1*, två samma tidsperioder mot varandra.

En annan aspekt som bör tas i beaktande är att jämförelseperioderna är för korta. Optimalt vore det att jämföra på årsnivå och uppföljning kommer även att göras i fortsättningen för att få ett mera säkert resultat.

Det positiva resultatet den stora temperaturminskningen. Om man bortser från graddagsberäkningarna kan man konstatera att det omöjligt kan ske en större energiförbrukning då ändringen i framledningstemperaturen ligger på -8,2 °C. För att denna slutsats skall vara giltig antas det att flödet i framledningen är konstant. Den fråga man kan ställa sig här är ifall det inte skulle räcka med att sänka kurvan i konverteringstabellen. Som svar till detta kan vi se från Tabell 3, där temperaturskillnaden ligger ibland så nära som -0,4 °C att ifall kurvan i konverteringstabellen sänks så mycket som 8 °C skulle det leda till en ökad frysrisk och ventilationsaggregatet skulle högst antagligen stängas ned. Med tanke på att det var möjligt att sänka temperaturen så mycket skulle det antagligen gå att sänka kurvan åtminstone ett par grader.

Den slutsats jag anser att man kan dra med tanke på temperatursänkningen samt resultaten från *Test 1* och *Test 3* är att endast genom att sänka framledningstemperaturen minskas energiförbrukningen betydligt. För att konkretisera den energimängd som kan sparas tas *Test 1* som exempel, den minskade energiförbrukningen per dygn, 60 kWh, motsvarar energimängden en normal bastuugn förbrukar på tio timmar.

Detta examensarbete avgränsades till att se ifall det är möjligt att sänka framledningstemperaturen och ifall det finns möjlighet att sänka energiförbrukningen. Då resultaten nu pekar på att det är möjligt att sänka temperaturen och minska förbrukningen vill jag ge några punkter som *förslag för vidare forskning*:

- Energi mätare som mäter endast ventilationsvärmekretsen.
- Testperioden bör vara tillräckligt lång för att få tillförlitliga resultat.
- Möjlighet att styra flödes hastigheten i värmesystemet och därmed minska förlusterna.
- När rördimensionering sker skulle det tas i beaktande hur mycket värmeenergi de olika ventilationsaggregaten kräver och framledningstemperaturen kunde sänkas ännu mera.

Till sist vill jag rikta ett stort tack till Fidelix representanter samt min handledare för den hjälp och handledning jag fått under arbetets gång.

Källhänvisning

Askalon, 2016. *Kulventiler*. [Online]

Hämtat från:

<http://www.askalon.com/sv/businessarea/Valves/Avstängningsventiler/Kulventiler>
[Använd 12 April 2017].

Belimo, 2015. *Reglerkulventiler*. [Online]

Hämtat från: <http://www.belimo.se/produkter/vridande-ventiler-och-motorer/reglerkulventiler/>
[Använd 28 Februari 2017].

Belos, 2017. *Slussventil*. [Online]

Hämtat från: <http://www.belos.se/va-under-jord/ventiler/slussventiler/4000-e2-slussventil-av-segjarn-med-flansar/pid>
[Använd 28 Februari 2017].

Björklund, J. & Peter, O., 2012. *Systemkunskap*. 1:a upplagan red. Stockholm: Liber AB.

Cederborg, F. & Ekman, P., 1998. *Grundläggande ventilationsteknik*. 2:a upplagan red. Västerås: Mälardalens Högskola.

Engesbreten, B., 2013. *Automatiseringsanlegg*. 2: upplagan red. Trondheim: Akademika forlag.

Fidelix, 2016. *Fidelix Oy*. [Online]

Hämtat från: www.fidelix.fi
[Använd 9 November 2016].

Fidelix, 2017. *FX-Editor*. [Online]

Hämtat från: <http://www.fidelix.se/fx-editor/>
[Använd 28 Februari 2017].

Infoteam software AG, 2017. *PLC software OpenPCS V.7*. [Online]

Hämtat från: <https://www.infoteam.de/en/>
[Använd 28 Februari 2017].

IV Produkt, 2016. *Värmeåtervinning*. [Online]

Hämtat från: <http://www.ivprodukt.se/värmeåtervinning>
[Använd 27 Februari 2017].

Meteorologiska institutet, 2014. *Graddagar: Meteorologiska institutet*. [Online]

Hämtat från: <http://sv.ilmatieteenlaitos.fi>
[Använd 21 Februari 2017].

MälarEnergi, 2016. *Graddagar och temperaturstatistik: MälarEnergi*. [Online]

Hämtat från: <https://www.malarenergi.se>
[Använd 20 Februari 2017].

Norrtälje Energi, 2016. *Graddagar*. [Online]

Hämtat från: <http://www.norrtelje-energi.se/produkter-priser/elavtal/elhandel-bratt-veta/graddagar/>
[Använd 20 Februari 2017].

SMHI, 2014. *Ny Normalårsperiod*. [Online]

Hämtat från:

http://www.smhi.se/polopoly_fs/1.79614!/Menu/general/extGroup/attachmentColHold/mainCol1/file/Mer%20information%20om%20nya%20Normalsårsperioder.pdf

[Använd 20 Februari 2017].

SMHI, 2016. *Graddagar*. [Online]

Hämtat från: <http://www.smhi.se/professionella-tjanster/professionella-tjanster/fastighet/smhi-graddagar-normalarskorrigerad-energiuppfoljning-1.3478>

[Använd 20 Februari 2017].

SMHI, 2016. *Graddagskorrigering*. [Online]

Hämtat från: http://www.smhi.se/polopoly_fs/1.3483!GD_korrigering.pdf

[Använd 20 Februari 2017].

SOCHV Jakobstad, 2016. *Esselunden*. [Online]

Hämtat från:

<https://www.sochv.jakobstad.fi/index.php?use=publisher&id=11706&lang=1>

[Använd 9 Mars 2017].

Somas, 2017. *Vridspjällventiler*. [Online]

Hämtat från: <http://www.somas.se/ventil/produktinformation-vridspjallsventiler.asp>

[Använd 28 Februari 2017].

Sundén, B., 2006. *Värmeöverföring*. 1:a upplagan red. Lund: Studentlitteratur.

Thomas, B., 2011. *Modern Reglerteknik*. 4:e upplagan red. Stockholm: Liber AB.

Ventim, 2016. *Reglerventiler*. [Online]

Hämtat från:

<https://www.ventim.se/20.0.0.0/6913/b08632d0f779203488338af70bff0162.png>

[Använd 12 April 2017].