



CHALMERS



Alingsås Energi Fjärrvärme

Hur effektivt är systemet och kan det effektiviseras?

Examensarbete inom Sjöingenjörsprogrammet

Fredrik Teern

Institutionen för Sjöfart och marin teknik

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, Sverige 2018

RAPPORTNR. 2018:30

Alingsås Energi Fjärrvärme

Hur effektivt är systemet och kan det effektiviseras?

FREDRIK TEERN

Institutionen för sjöfart och marin teknik
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige, 2018

Alingsås Energi Fjärrvärme

Hur effektivt är systemet och kan det effektiviseras?

Alingsås Energi district heating

How efficiently is the system and could it be more efficient?

FREDRIK TEERN

© FREDRIK TEERN, 2018.

Rapportnr. 2018:30

Institutionen för sjöfart och marin teknik

Chalmers tekniska högskola

SE-412 96 Göteborg

Sverige

Telefon + 46 (0)31-772 1000

Omslag:

Alingsås Energi ackumulatortank.

(Foto: Fredrik Teern)

Tryckt av Chalmers Tekniska Högskola

Göteborg, Sverige, 2018

Alingsås Energi Fjärrvärme

Hur effektivt är systemet och kan det effektiviseras?

FREDRIK TEERN

Institutionen för sjöfart och marin teknik

Chalmers tekniska högskola

Sammanfattning

Då värmeproduktionen sker på en central anläggning istället för att varje fastighet skall ha en egen uppvärmningskälla så kan man nyttja bränslen som annars hade gått outnyttjade. Möjligheten till att kontrollera utsläppen förbättras och man kan effektivare ta hand om emissioner och utbyggnationen av fjärrvärme i Sverige har bidragit till bättre luftkvalité och är den vanligaste formen för uppvärmning. Tillverkning av värme sker i hetvattenpannor och för att distribuera värmen används vatten som värmebärare och pumpas sedan ut till de anslutna fastigheterna som via en värmeväxlare tar del av värmen och det avkylda vattnet pumpas sedan tillbaka för att åter värmas upp.

För att uppnå ett energieffektivt fjärrvärmenät så gäller det att man från början projekterar väl för att undvika problem. Till hjälp kan man använda sig av en simulering där man kan testa hur fjärrvärmenätet reagerar vid olika förutsättningar.

Syftet med undersökningen var att se hur väl simuleringen stämmer överens med Alingsås Energi fjärrvärmenät och även om man kan effektivisera nätet ytterligare. Genom att jämföra simulerade värden med observerade värden kan man avgöra hur väl simuleringen presterar.

Resultatet visar att gällande temperatur så ger simuleringen bra värden och beträffande trycket så ligger de simulerade värdena högre än de uppmätta värdena. Kontinuerlig uppföljning av fjärrvärmecentraler och dess inställningar är av stor vikt för ett effektivt fjärrvärmenät. En utökad kapacitet av lagring av värme skulle vara till fördel.

Nyckelord: Fjärrvärme, Alingsås Energi

Abstract

When heat production takes place at a central plant instead of each property having its own heating source, it is possible to use fuels that would otherwise have been untapped. The ability to control emissions is improved and there is a more efficient way to manage them. The expansion of district heating in Sweden has contributed to better air quality and is the most common form of heating. The heating process takes place in super-heated water boilers, and for distributing heat, water is used as a heat-carrying fluid and then pumped out to the connected properties, which via heat exchangers take part of the heat and the cooled water is then pumped back to reheat.

In order to achieve an energy-efficient district heating network, it is important that you project well to avoid problems. To help, a simulation can be used to test how the district heating network responds to different conditions.

The purpose of this paper was to see how well the simulation is in line with Alingsås Energy's district heating network and if you can further streamline the network. Comparing simulated values with observed values can determine how well the simulation performs.

The result shows that in regard to temperature the simulation gives good values and in regard to pressure the simulated values are higher than the measured values. Continuous monitoring of district heating substation at the costumers and its settings is of great importance for an efficient district heating network. An increased capacity of storage of heat would be beneficial.

.

Keywords: District heating, Alingsås Energi

Förord

Författaren skulle vilja tacka personalen på Alingsås Energi för det goda bemötandet och möjligheten till att kunna skriva denna rapport. Vill även tacka min handledare Ulrik Larsen och examinator Jan Skoog för deras insatser.

Innehållsförteckning

Sammanfattning	i
Abstract.....	ii
Förord	iii
Figurförteckning	vii
Tabellförteckning.....	vii
1 Introduktion.....	1
1.1 <i>Syfte</i>	1
1.2 <i>Frågeställning</i>	1
1.3 <i>Avgränsningar</i>	1
1.4 <i>Etik</i>	1
2 Teori	2
2.1 <i>Produktion</i>	2
2.2 <i>Produktionsanläggningar</i>	2
2.2.1 Fasta bränslen	3
2.2.2 Kärnkraft.....	3
2.2.3 Solenergi.....	4
2.2.4 Geotermisk energi.....	4
2.2.5 Elektrisk energi	4
2.2.6 Spillvärme från industrier.....	4
2.2.7 Naturgas	4
2.3 <i>Bränslen</i>	4
2.3.1 Torv.....	4
2.3.2 Ved/flis	5
2.3.3 Olja	5
2.3.4 Gas.....	5
2.3.5 Kol.....	5
2.3.6 Sopor	6
2.3.7 Vätgas	6

2.4	<i>Hetvattenpannor</i>	6
2.5	<i>Rökgaskondensering</i>	6
2.6	<i>Rökgasrening</i>	6
2.6.1	Kväveoxider – NO _x	7
2.6.2	Partiklar	7
2.6.3	Svaveloxider – SO _x	7
2.7	<i>Lagring</i>	7
2.8	<i>Distribution</i>	7
2.8.1	Rörssystem	8
2.8.2	Singelrörssystem	9
2.8.3	Dubbelrörssystem	9
2.8.4	Isolation	9
2.8.5	Värmebärare	9
2.9	<i>Fjärrvärmecentraler</i>	10
2.9.1	Indirekt anslutning	10
2.9.2	Direkt anslutning	10
2.10	<i>Alingsås Energi fjärrvärmenät</i>	10
2.10.1	Produktion	10
2.10.2	Distribution	10
2.10.3	Fjärrvärmecentral	10
3	Metod	11
3.1	<i>Litteratursökning</i>	11
3.2	<i>Intervjuer</i>	11
3.2.1	Utformning av intervjun	11
3.2.2	Informant	12
3.2.3	Intervjuresultat	12
3.2.4	Etik	12
3.3	<i>Observation</i>	12
3.4	<i>Simulering</i>	12

3.5	<i>Val av mätpunkter</i>	12
4	Resultat	14
4.1	<i>Resultat från FC 1</i>	14
4.1.1	Resultat för framledningstemperaturen.....	14
4.1.2	Resultat för returledningstemperaturen	14
4.1.3	Resultat för differenstryck.....	15
4.2	<i>Resultat från FC 2</i>	15
4.2.1	Resultat för framledningstemperaturen.....	15
4.2.2	Resultat för returledningstemperaturen	16
4.2.3	Resultat för differenstryck.....	16
4.3	<i>Resultat från FC 3</i>	17
4.3.1	Resultat för framledningstemperaturen.....	17
4.3.2	Resultat för returledningstemperaturen	17
4.3.3	Resultat för differenstryck.....	18
5	Diskussion	19
5.1	<i>Stämmer den teoretiska modellen överens med den verkliga datan?</i>	19
5.1.1	Framledningstemperatur	19
5.1.2	Returledningstemperatur.....	19
5.1.3	Differenstryck	20
5.2	<i>Hur kan man effektivisera det befintliga nätet?</i>	20
5.3	<i>Metoddiskussion</i>	21
6	Slutsatser	22
6.1	<i>Fortsatt forskning</i>	22
	Referenser	23

Bilageförteckning

Bilaga 1 – Resultattabell

Bilaga 2 – Frågor till intervju

Figurförteckning

Figur 1. Principskiss över fjärrvärme.....	2
Figur 2. Upplaga av singel- och dubbelrör.....	8
Figur 3. Framledningstemperaturen hos FC 1 i jämförelse mellan simulering och verklig värde.....	13
Figur 4. Returledningstemperaturen hos FC 1 i jämförelse mellan simulering och verklig värde.....	13
Figur 5. Differenstrycket hos FC 1 i jämförelse mellan simulering och verklig värde.....	14
Figur 6. Framledningstemperaturen hos FC 2 i jämförelse mellan simulering och verklig värde.....	14
Figur 7. Returledningstemperaturen hos FC 2 i jämförelse mellan simulering och verklig värde.....	15
Figur 8. Differenstryck hos FC 2 i jämförelse mellan simulering och verkligt värde.....	15
Figur 9. Framledningstemperaturen hos FC 3 i jämförelse mellan simulering och verklig värde.....	16
Figur 10. Returledningstemperaturen hos FC 3 i jämförelse mellan simulering och verklig värde.....	16
Figur 11. Differenstryck hos FC 3 i jämförelse mellan simulering och verkligt värde.....	17

Tabellförteckning

Tabell 1. Information om intervjuobjektet och dess bakgrund.....	12
--	----

1 Introduktion

När det kommer till uppvärmning av bostäder och lokaler i Sverige är fjärrvärme den vanligaste uppvärmningsformen. Genom att producera värmen på en central anläggning kan man nå en god verkningsgrad och samtidigt minimera utsläpp, men det möjliggör även att ta tillvara på värme som annars skulle gått förlorad t.ex. restvärme som uppstår i industrier (Fredriksen & Werner 2014).

Fjärrvärme är inte endast för bostäder utan kan även användas inom andra områden. Sjöfarten jobbar ständigt med att minska sina utsläpp och som första fartyg i linjetrafik har Stena Danica som trafikerar mellan Göteborg-Fredrikshamn blivit konverterad för att kunna koppla upp sig mot fjärrvärmenätet när de ligger till kaj i Göteborg. Detta bidrar till en bättre arbetsmiljö och bränslebesparing ombord då man slipper använda oljeeldade pannor samt att emissionerna från Stena Danica minskar vilket leder till en bättre luftkvalité i Göteborg (Eliasson & Jansson 2015).

Vill man ha ett energieffektivt fjärrvärmenät gäller det att få ett så välplanerat nät som möjligt. För att få det gäller det bland annat att ta hänsyn till antal konsumenter i det nuvarande fjärrvärmenätet men även att man planerar för framtida så att risken för eventuella flaskhalsar byggs bort. Detta ställer höga krav på att man under projekteringsfasen att man är väl förberedd när man skall bygga ut fjärrvärmenätet då det blir väldigt dyrt och tidskrävande vid en eventuell felprojektering. För att underlätta projektering av Alingsås Energi fjärrvärmenät används en simulering som stöd för att beräkna lasten på nätet vid olika förutsättningar (Svantesson 2017).

1.1 Syfte

Det här arbetet skall utvärdera om simuleringsmodellen som används för planering/projektering av fjärrvärmenät överensstämmer med verkliga värden hos abonnentens fjärrvärmecentral samt att undersöka om man kan hitta åtgärder som möjliggör ett effektivare fjärrvärmenät.

1.2 Frågeställning

- Hur väl stämmer den teoretiska modellen överens med den verkliga datan?
- Hur kan man effektivisera det befintliga nätet?

1.3 Avgränsningar

Undersökningen kommer att begränsas till Alingsås Energis nät samt andelen lastfall.

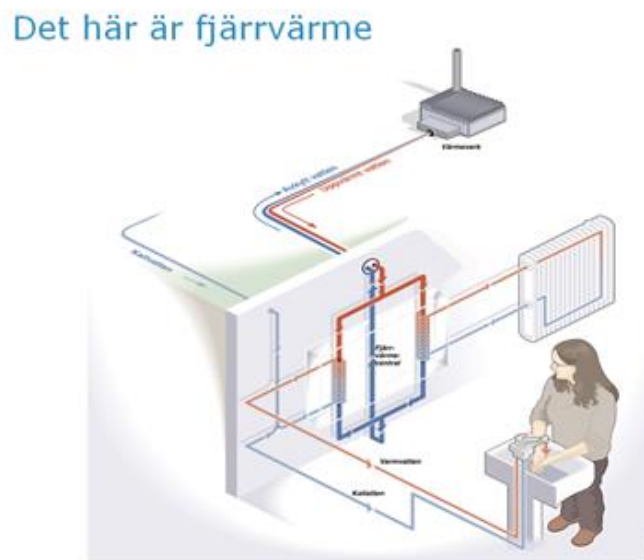
1.4 Etik

Alingsås Energi kommer att nämnas men personer som arbetar samt funktioner i nätet kommer vara anonyma.

2 Teori

Ett fjärrvärmesystem består i huvudsak av tre olika delar: produktion, distribution samt fjärrvärmecentral (se figur 1). Detta kommer att förklaras mer ingående i följande kapitel.

I denna sektion kommer olika produktionsmetoder för att tillverka värme gås igenom samt de vanligaste källorna för bränsle som används i Sverige.



Figur 1. Principskiss över fjärrvärme (med tillåtelse av Alingsås Energi)

2.1 Produktion

Tillverkning av varmvatten i ett fjärrvärmenät sker i en central anläggning istället för att varje enskilt hushåll skall tillverka sitt egna varmvatten. Fjärrvärme kom till för att få renare luft då varje enskilt hushåll eldade i egen panna för varmvatten och reningen av rökgaserna var bristfällig. Då tillverkningen av varmvattnet sker på en plats är det enklare att rena luften och Sverige fick markant bättre luftkvalité när fjärrvärmenäten byggdes ut (Fredriksen & Werner 2014).

Förbränning av något bränsle är den vanligaste metoden för att utvinna värme som sedan förs över till vatten som är den vanligaste värmebäraren men även ånga används i viss utsträckning. Även överskottsvärme från industrier utnyttjas (Svantesson 2017).

Överproduktion kan uppstå och istället för att kasta bort varmvattnet lagrar man det och det vanligaste sättet är att använda en ackumulatortank (Svantesson 2017).

2.2 Värmeproduktionsanläggningar

Upphetning av vatten kan ske på en rad olika sätt och det dominerande tillvägagångssättet är förbränningsvärme och detta uppnår man antingen via pannor som enbart är konstruerade för

värmeproduktion eller via ett kraftvärmeverk som även kan tillverka el. Den vanligaste metoden för att tillverka värme sker via fasta bränslen (Fredriksen & Werner 2014).

Primära bränslena är:

- Fasta bränslen - (flis, torv och sopor) som förbränns
- Geotermi - Hämtar värme från marken
- Överskottsvärme från industrin
- Olja

Sekundära bränslena är:

- Elektrisk energi - Omvandlar el till värme
- Solenergi - Tar vara på värmen som solen alstrar via solfångare.
- Kärnenergi - Spillvärme från kärnkraftverk
- Naturgas

2.2.1 Fasta bränslen

Råvara från skogsindustrin är det vanligaste bränslet. Det är en förnybar energikälla och kommer till stor del från Sverige vilket minimerar risken att vara beroende av något annat land när det gäller tillgång av bränsle (Fredriksen & Werner 2014).

Torv används i en mindre skala men det finns potential för att utnyttjas mer och även i andra områden som i exempelvis tillverkning av fordonsbränsle (Branschföreningen Svensk Torv 2017).

Användning av sopor som värmekälla är ett av de vanligaste sätten och efter man har eldat upp soporna kan man återvinna de icke brännbara materialen på ett miljösäkert sätt (Fredriksen & Werner 2014).

Tjockolja användes förut, men är bortfasat från fjärrvärmesektorn och återfinns mestadels som bränsle till fartygs dieselmaskiner. Det finns en uppsjö av olika typer av oljor och det finns bättre och sämre varianter (Fredriksen & Werner 2014).

2.2.2 Kärnkraft

Utnyttjande av spillvärmen från kärnkraftverk har sedan andra världskriget varit aktuellt men aldrig genomförts. Det fanns planer på att utnyttja Barsebäcks spillvärme när det var aktivt och även för Forsmark och Ringhals har det förts diskussioner, men inte heller de planerna har genomförts.

Främsta anledning är säkerheten, då det rör sig om radioaktiviteten som skulle kunna överföras om systemet börjar läcka, men även kostnadmässigt hade det varit en dålig affär då

kärnkraftverken ligger en bit ifrån och det skulle krävas långa ledningar vilket innebär stora värmeförluster i överföringen (Statens Vattenfallsverk 1980).

2.2.3 Solenergi

Via stora solfångare tar man vara på värmen och då solen är intermittent källa krävs någon typ av lagring av värmen. Detta sker ofta med ett säsongslager. Solvärme är ur miljösynpunkt en bra källa (Svantesson 2017).

2.2.4 Geotermisk energi

Geotermisk energi är den dominerande källan på Island. Nackdelen med dessa system är att det ofta utvinns värmen från källor med saltrikt innehåll, vilket kräver större krav på utrustningen som i sin tur medför dyrare driftkostnader. Detta är däremot en väldigt ren energikälla (Fredriksen & Werner 2014).

2.2.5 Elektrisk energi

Tillverkning av värme via stora elpannor har fördelen att de är extremt lättreglerade vilket kan utnyttjas till tillfällen då det blir tillfälliga effekttoppar på nätet, exempelvis på morgonen när många duschar. Det var populärt att installera elpannor då elpriset var lågt - främst på 80-talet - samt då de hade en kort avskrivningstid (Fredriksen & Werner 2014).

2.2.6 Spillvärme från industrier

Ett smart sätt att ta tillvara värme som annars skulle gå förlorad är spillvärme. Dock måste man undersöka att det är ekonomiskt att ta tillvara på spillvärmen i ett fjärrvärmenät. Det kan finnas andra lösningar exempelvis genom att använda spillvärmen för att värma upp den aktuella industrin (Fredriksen & Werner 2014).

2.2.7 Naturgas

Naturgas är betydligt vanligare utomlands än i Sverige. Finns i liten skala i Skåne och Västkusten men står för en liten del av den av värmeproduktionen. De allra flesta fjärrvärmenät består av en blandning av dessa produktionsanläggningar för att uppnå en säker drift men även för att minimera kostnaderna (Fredriksen & Werner 2014).

2.3 Bränslen

Nedan beskrivs de vanligaste bränslena för fjärrvärmeproduktion.

2.3.1 Torv

Torv uppkommer då döda växter förmultnar under låg eller ingen syretillförsel. Det bildas då sjöar växer igen. Det finns en stor mängd torv i Sverige och mer skulle kunnat utnyttjas.

Det har en låg påverkan på miljön och tack vare dess höga värmevärde och goda förmåga att reaktivera så bidrar det till låg askbildning vilket bidrar till bättre miljö i förbränningsanläggningarna (Fredriksen & Werner 2014)(Alvarez 2006).

Energivärde: 22,6-0,225a-0,25f MJ/kg

a: Askhalt vikts%

f: Fukthalt vikts%

Exempel:

Antar vi att torven innehåller 25 % vatten och 5 % aska får vi följande energivärde:

$$22,6 - (0,2255) \cdot (0,2525) = 22,6 - 1,125 - 6,25 = 15,225 \text{ MJ/Kg}$$

2.3.2 Ved/flis

Ved/flis är det vanligaste bränslet idag gällande värmeförbrukning. Det man får ha i åtanke är fukthalten i bränslet för en effektiv förbränning. Restprodukter från skogsindustrin som flis, bark och spån som annars skulle gått förlorade används även i framställningen av värme.

Energivärde: 17-30 MJ/kg (Alvarez 2006)

2.3.3 Olja

De mest förekommande oljorna som bensin, diesel, fotogen och eldningsolja framställs av råolja genom raffinering (Alvarez 2006). HVO (hydrerad vegetabilisk olja) är ett biobränsle som är syntetiskt framtaget genom raps eller slakteriavfall och har mindre utsläpp än diesel som är framtaget via råolja (Sweaenergi 2015).

Det var vanligt förr att man värmdes upp sin villa med olja, men i och med oljekrisen på 70-talet så började man leta efter alternativ och är idag inget framstående bränsle gällande uppvärmning. I större fjärrvärmeverk så används oljeeldade pannor för att klara av effekttopparna.

Energivärde: 40-46 MJ/kg (Alvarez 2006)

2.3.4 Gas

Det finns en uppsjö av olika sammansättningar när det gäller gas, men den vanligaste är naturgasen som till största del består av metan. Vilken sammansättning naturgasen har består till stor del var i världen den utvinns. Gas är ett idealiskt bränsle då den slipper en fasombildning från fast till gas som fasta bränslen måste göra och har goda egenskaper för en bra förbränning.

Energivärde: 34-47 MJ/m³ (Alvarez 2006)

2.3.5 Kol

Det finns olika typer av kol och det som används till eldning i ångkraft eller värmeverk kallas oftast ångkol (Alvarez 2006).

Brunkol är en annan sort som innehåller mer vatten. Det innehåller upp till 40-50% vatten jämfört med vanlig stenkol som ligger mellan 1-10% vatten. Askhalten är också högre i brunkol, ca 20 %, medan askhalten i stenkol ligger mellan 5-15%.

Energivärde: Stenkol 31-36 MJ/kg, Brunkol 24-33 MJ/kg (Alvarez 2006)

2.3.6 Sopor

Det är svårare att ange vilka egenskaper sopor har då det är väldigt varierat vad folk slänger i soporna. Detta ställer även krav på rökgasreningen för att minska de skadliga utsläppen och framförallt fokus på dioxider som kan vara väldigt giftiga. År 2002 förbrände man 40% av totala avfallet i Sverige (Fredriksen & Werner 2014).

Energivärde: ca 10 MJ/kg (Alvarez 2006)

2.3.7 Vätgas

Då vätgas ger minimala utsläpp vid förbränning är det ett bränsle som är eftertraktat. Stor nackdel med vätgas är att det fortfarande är väldigt dyrt att producera vilket gör att det inte används i stor skala ännu.

SSAB har ett projekt där de undersöker att ha vätgas som bränsle för uppvärmning till masugnar då stålindustrin är en av de största när det kommer till koldioxidutsläpp (Jernkontoret 2017).

Energivärde: 119 MJ/kg (Lupala 2015).

2.4 Hetvattenpannor

För att endast tillverka varmvatten används hetvattenpannor och som nämnts kan en rad olika bränslen användas och detta medför att det finns en rad olika typer pannor.

Vid förbränning av ett bränsle skapas värme och denna värme förs över till det värmemedium man har i det aktuella nätet via en värmeväxlare.

Temperaturer upp till 120 grader kallas för varmvattensystem och temperaturer över det kallas för hetvattensystem (Alvarez 2006).

2.5 Rökgaskondensering

Rökgaskondensering är en metod som används för att höja verkningsgraden i pannan genom att ta tillvara på värmen som annars skulle ha försvunnit med avgaserna. Genom att placera en värmeväxlare som kommer i kontakt med avgaserna kan den sista värmen tas vara på och föras in i fjärrvärmenätet. Beroende på andelen vattenmängd som finns i bränslet så måste anläggningen kunna ta hand om vatten som kondenseras och föra bort det (Fredriksen & Werner 2014).

I takt med att kraven på avgaserna blivit hårdare samt att materialutvecklingen gått framåt så är det betydligt vanligare med rökgaskondensering nu än vad det var förut (Fredriksen & Werner 2014).

2.6 Rökgasrening

De flesta bränslena avger någon form av förorening när de förbränns och genom att ha rökgasrening hindrar man dessa ämnena från att följa med avgaserna ut. Nedanför följer en redogörelse om de tre vanligaste föroreningarna och vad man gör för att minska dessa.

2.6.1 Kväveoxider – NO_x

Kväveoxider bidrar till förurning och övergödning av vatten, mark och skog samt orsakar förtida dödsfall. För att rena bort kväveoxider används en SCR - Selective Catalytic Reactor. Genom att tillsätta ammoniak i avgaserna innan de når katalysatorn så förintas kväveoxiderna när de passerar katalysatorn (Fredriksen & Werner 2014).

2.6.2 Partiklar

Andra steget är att ta bort partiklar och detta kan göras genom olika typer av filter. Vanligaste typen av filter som används är ett spärfilter som fungerar likadant som ett filter som används i en dammsugare eller så kan man använda ett elektrostatiskt filter där man via två plattor som är elektriskt laddade drar åt sig stoftet och sedan så använder man någon form av verktyg för att skrapa rent plattorna. En annan form av filter är ett cyklonfilter där man utnyttjar centrifugalkraften för att tvinga partiklarna nedåt i en lång vertikal cylinder medan gasen åker uppåt (Fredriksen & Werner 2014).

2.6.3 Svaveloxider – SO_x

Svaveloxider bidrar till förurning i djur- och växtriket och om man utsätts för svaveloxider så kan andningssystemet och lungfunktionen påverkas negativt samt orsaka irritation i ögonen (Naturvårdsverket 2017).

För att ta bort svavel används en skrubber där man blandar in kalklösning i avgaserna och restprodukterna blir bland annat gips, som man kan sälja till exempelvis byggindustrin, samt koldioxid (Fredriksen & Werner 2014).

2.7 Lagring

Man brukar dela upp lagring i två delar, korttidslagring och säsongslagring. Korttidslagring används inom ett kortare tidsintervall medan säsongslagring gäller för en längre period. Gränsen när det går från korttidslagring till säsongslagring är justerbar då detta beror på hur mycket man kan lagra samt storleken på fjärrvärmenätet (Svantesson 2017). Den vanligaste typen för korttidslagring är en ackumulatortank och för säsongslagring kan bergutrymmen användas och detta gäller ofta när man har en solfångaranläggning.

Varför man har någon form av lagringsmöjlighet beror på flera olika anledningar. Man kan styra värmeproduktionen och ladda upp exempelvis en ackumulatortank för att möta en större värmelast senare på dagen. Detta ger även en viss tröghet till systemet, så att om man måste stänga ner värmeproduktionen av någon anledning eller att den måste nödstoppas så har man möjlighet att åtgärda eventuella fel utan att abonnenterna drabbas (Svantesson 2017).

2.8 Distribution

Det uppvärmda vattnet transporteras från produktionsanläggningarna till abonnenterna via rör som är isolerade för att minska värmeförluster. Som värmebärare är vatten det vanligaste men även ånga används i viss utsträckning (Svantesson 2017).

Temperaturen på vattnet varierar beroende på vilket land det finns i.

Rören finns i olika utföranden och material. Det vanligaste är att man använder stålrör men koppar används i vissa fall.

Röret som går från produktionsanläggningen ut till abonnenterna kallas för framledning och röret som går från abonnenten till produktionsanläggningen för returledning (Fredriksen & Werner 2014).

Det finns både singelrör och dubbelrör vilket innebär att singelrör får man lägga två separata rör i marken medans med dubbelröret så ligger både fram och retur i samma mantel. Dubbelrör är den vanligaste lösningen då det är mindre värmeförluster samt att det är mer ekonomiskt att lägga jämfört med enkelrör (Svantesson 2017).



Figur 2. Upplaga av singel- och dubbelrör (med tillåtelse av Alingsås Energi)

2.8.1 Rörsystem

För att transportera vattnet från produktionsanläggningen till abonnenten kan man antingen använda sig av självcirkulation eller pumpar (Alvarez 2006).

Då varmvatten har lägre densitet än kallt vatten trycker det kalla vattnet det varma vattnet uppåt längs stigarledningar och man är oberoende av en pump. Nackdelen är att drivkraften är relativt liten och detta kräver att man har en större rördiameter jämfört med ett system där man använder sig av pumpar. Själv-cirkulationssystem passar endast i anläggningar där strömningsmotståndet är litet (Alvarez 2006).

I ett system där man använder sig av pumpar är det klart vanligaste systemet och benämns även som påtvunget cirkulation där placering av pumpen kan vara på antingen fram eller

returledning. Det finns en rad fördelar med att använda pump, bland annat möjlighet till mindre rördiameter vilket är billigare, rördragning blir enklare samt att det är lättstartat och lättreglerat (Alvarez 2006).

2.8.2 Singelrörssystem

Fram- och returledningarna läggs i separata mantlar (se Figur 2) och detta upplägg går på de platser där det finns plats att gräva. Detta används främst vid större ledningar (Svantesson 2017).

2.8.3 Dubbelrörssystem

I ett dubbelrörssystem läggs fram- och returledningarna i samma mantel vilket ger den fördelen att det krävs mindre utrymme för röret. Detta används oftast vid mindre dimensioner (Svantesson 2017).

2.8.4 Isolation

Ett välisolerat rörssystem är ett grundkrav för att kunna ha ett välfungerande fjärrvärmesystem. Det har funnits olika former av metoder för isolering genom åren och den i särklass vanligaste metoden idag är pentanbaserade PUR-isolering och detta appliceras vid fabrik så att rören är färdigisolerade när de levereras. Det är endast vid muffarna man får isolera på plats (Svantesson 2017).

Ju tjockare isolering desto bättre energibesparing, men vilken tjocklek som skall användas måste alltid bestämmas utefter varje enskilt projekt. I vissa fall kan man exempelvis inte välja det mest välisolerade röret även om man så skulle ha velat på grund av platsbrist. I vissa fall är det inte ekonomiskt försvarbart att välja för mycket isolering (Svantesson 2017).

Metall sväller om det blir varmare och krymper när det blir kallare och det får man ta hänsyn till när man väljer isoleringstjocklek så man inte får problem med skjuvningar i rören (Svantesson 2017).

Isoleringsfrågan är ständigt aktuell inom fjärrvärmevärlden.

2.8.5 Värmebärare

När det gäller val av värmebärare så vill man ha något som är miljövänligt, lätt att underhålla samt ekonomiskt hållbart.

Den vanligaste värmebäraren är vatten och detta på grund av att det är driftsäkert, enklare underhåll och billigare anläggningskostnader än övriga värmebärare. Vatten har även en hög värmekapacitans vilket medför att den kan lagra mycket värme per kg vatten. Ånga förekommer också som värmebärare men en nackdel är att det är farligare att hantera ånga än varmt vatten då den dels har högre temperatur men även kräver ett högre tryck för att fungera (Alvarez 2006).

I Sverige är vatten den vanligaste värmebäraren men ånga finns i ett fåtal fall där industrin efterfrågar ånga till deras produktion (Svantesson 2017)

2.9 Fjärrvärmecentraler

Fjärrvärmecentralen (FC) har flera uppgifter i ett fjärrvärmesystem. Den skall kontinuerligt ge kunden den värme som kunden vill ha. FC skall även kunna regleras för att dels kunden skall vara nöjd med temperaturerna samt kunna godkännas av energileverantören. Den skall även se till så att avkylningen blir så stor som möjligt för att få så effektivt nät som möjligt. Bättre avkylningsegenskaper innebär att det krävs mindre vatten för att uppnå den önskade temperaturen (Svantesson 2017).

2.9.1 Indirekt anslutning

Via en värmeväxlare överförs värmen från primärsidan (fjärrvärmenätet) till sekundärsidan (byggnadens system). Detta är det vanligaste och ger en rad fördelar, bland annat att primärsidan och sekundärsidan är åtskilda vilket gör att det blir enklare att felsöka vid händelse av en läcka. Även reglering blir enklare då varje enskild FC har en värmeväxlare (Svantesson 2017).

2.9.2 Direkt anslutning

Då en byggnad använder sig av direkt anslutning innebär det att det är samma vatten i fjärrvärmenätet som i byggnaden. Nackdelen med det är att det vid läckage kan få stora konsekvenser men även att temperaturen är relativt hög. Detta medför att risken att bränna sig är större. Det är inte lika vanligt som indirekt anslutning (Svantesson 2017).

2.10 Alingsås Energi fjärrvärmenät

2.10.1 Produktion

Alingsås Energi använder sig utav hetvattenpannor för att tillverka värme och deras primära bränsle är träflis och rökgaskondensering är installerad. En hetvattenpanna som drivs på deponigas finns också men tillför endast till en liten del av värmeproduktionen. Det finns även oljepannor dom dagarna då det övriga systemet inte klarar av behovet och dessa eldar bioolja (Svantesson 2017).

2.10.2 Distribution

Alingsås Energi använder sig av både singel- och dubbelrör som till största del består av stålrör. En liten del av nätet är baserat på kopparrör. Som värmebärare används endast vatten (Svantesson 2017).

Det är stora höjdskillnader i Alingsås och därav behöver dom en tryckökningsstation för att säkerställa rätt tryck till dess FC som är längst ut i fjärrvärmenätet. Nätet är rundmatat och någonstans i nätet kan det uppstå en stagnationspunkt vilket innebär att differenstrycket blir noll. Rundmatning ger även en större redundans ifall det skulle bli avbrott på ledningen då vattnet tar den andra vägen istället (Svantesson 2017).

2.10.3 Fjärrvärmecentral

Gällande anslutning till abonnenter så används uteslutande indirekt anslutning (Svantesson 2017).

3 Metod

Arbetet bygger på muntliga källor, vetenskapliga artiklar, läroböcker samt undersökning. Personalen på Alingsås Energi var väldigt tillmötesgående och det gavs möjlighet att ställa frågor och diskutera.

Författaren har tittat på hur väl den teoretiska modellen som används för beräkning av laster på fjärrvärmenätet stämmer överens med verklig data i Alingsås Energis Fjärrvärmenät. Detta har gjorts genom att genomföra en teoretisk beräkning för att sedan kontrollera dess data mot verklig data insamlat från strategiska punkter i fjärrvärmenätet.

Detta arbete har utgått från Alingsås Energi Fjärrvärmenät och resultatet från denna undersökning kan inte appliceras på annat då det krävs en individuell prövning för varje enskilt nät för att få ett applicerbart resultat.

Däremot kan undersökningsprincipen självfallet appliceras på andra nät och man bör alltid kontrollera att sina metoder man använder i sin verksamhet fungerar för att undvika misstag.

Genom att jämföra data uppmätt i fjärrvärmesystemet gentemot resultatet från simuleringen kan vi avgöra om simuleringen ger korrekta svar eller inte.

3.1 Litteratursökning

För att få fram relevant litteratur så har databasen Summon som finns tillgänglig på Chalmers hemsida använts. Vetenskapliga artiklars källförteckning studerades även för att utöka sökfältet efter bra källor.

3.2 Intervjuer

Intervjuer är sannolikt det mest relevanta tillvägagångssätt för att få en annan persons erfarenheter och uppfattningar (Denscombe 2009).

För att få fram relevant data om Alingsås Energis fjärrvärmenät så användes en semistrukturerad intervju. Detta för att möjliggöra diskussion och tankar under intervjugång och inte låsa sig vid de frågor författaren hade förberett.

Förfrågan om intervju skickades ut i god tid innan och där framgick även vad för typ av intervju det skulle bli men även en ungefärlig tidsåtgång för den aktuella intervjun.

3.2.1 Utformning av intervjun

I början av intervjun så ställdes mer allmänna frågor om informanten, angående antal år i branschen, hur han kom att börja arbeta med fjärrvärme och hur länge han har haft sin nuvarande position. Detta gjordes för att få en enkel och lättstart på intervjun. Därefter ställdes frågor som hade förberetts innan intervjun och dessa utgjorde grunden för intervjun. Genom att ställa dessa frågor fick informanten en uppfattning om vad för information som eftersöktes och bidrog med egna tankar och förslag. Intervjun gav mycket fakta till teori- och metodkapitlen men även goda idéer när det gällde genomförandet av undersökningen. Valet av informant gjordes då han besitter stor kunskap och varit aktiv i Alingsås Energi

fjärrvärmenät under många år och bedömningen gjordes att han skulle tillföra en stor mängd information.

3.2.2 Informant

Alingsås Energi kontaktades och de tilldelade den informant som dom ansåg skulle passa. Nedanstående beskriver kort informanten som medverkade i intervjun.

Tabell 1. Information om intervjuobjektet och dess bakgrund

Informant	Utbildning	År inom fjärrvärme
1. Nätansvarig Fjärrvärme	Elektriker Drifttekniker Självlärd	36 År

3.2.3 Intervjuresultat

Svaren skrevs ned på datorn direkt och analyserades sedan efter intervjun. För enklare hantering delades frågorna upp inom respektive kategori och detta möjliggjorde en smidigare intervju men även analys.

3.2.4 Etik

Innan intervjun kontaktades informanten och kom överens om vilka villkor som skulle gälla under intervjun och med den informationen som framställdes under intervjun.

3.3 Observation

Observation är ett pålitligt sätt att tillförskaffa sig information då man iakttar vad som sker mer än att förlita sig på vad en person säger och är en vanlig metod när det gäller att undersöka exempelvis fattigdom eller levnadsvillkor (Denscombe 2009). Observation användes för att få fram information som ligger till grund för rapporten. De verkliga värdena som observerades kommer att presenteras i Resultatkapitlet under stapeln "Verkligt värde".

3.4 Simulering

För att genomföra simuleringen matade man in värden såsom utomhustemperatur, närliggande fjärrvärmecentraler m.m. för att möjliggöra en simulering. Genom att jämföra de simulerade värdena i de utvalda fjärrvärmecentralerna med de verkliga värdena kan man bedöma hur väl simuleringen presterar. Simuleringen gjordes på plats hos Alingsås Energi och dess värden kommer att presenteras i Resultatkapitlet under stapeln "Simulering".

3.5 Val av mätpunkter

Val av mätpunkter gjordes på rekommendation av personal på Alingsås Energi. FC 2 är tryckkökningsstationen och FC 1 & 3 är ändpunkter i systemet. Vid FC 3 har det tidigare förekommit stagnationsproblem.

Dessa punkter valdes för att testa beräkningsprogrammet för ju längre ifrån man kommer från produktionsanläggningen desto fler faktorer kan påverka och därmed ge ett mer realistiskt värde. Beräkningsmodellen som Alingsås Energi använder är anonymiserad i detta arbete och kommer därför inte diskuteras närmare.

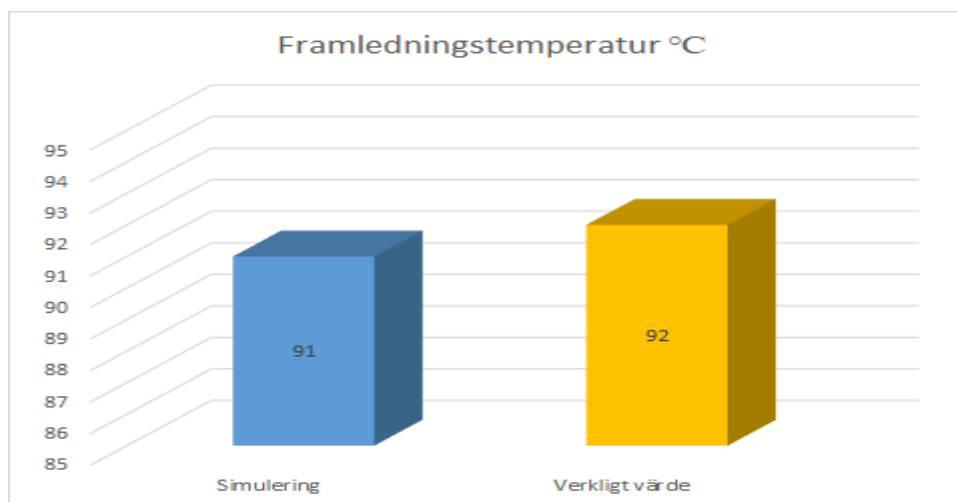
4 Resultat

I detta kapitel kommer resultaten från samtliga simuleringar och uppmätta värden att presenteras. Det simulerade värdet kommer tillsammans med sitt respektive observerade värde att visas ihop och varje fjärrvärmecentral (FC) kommer presenteras i tur och ordning.

4.1 Resultat från FC 1

4.1.1 Resultat för framledningstemperaturen

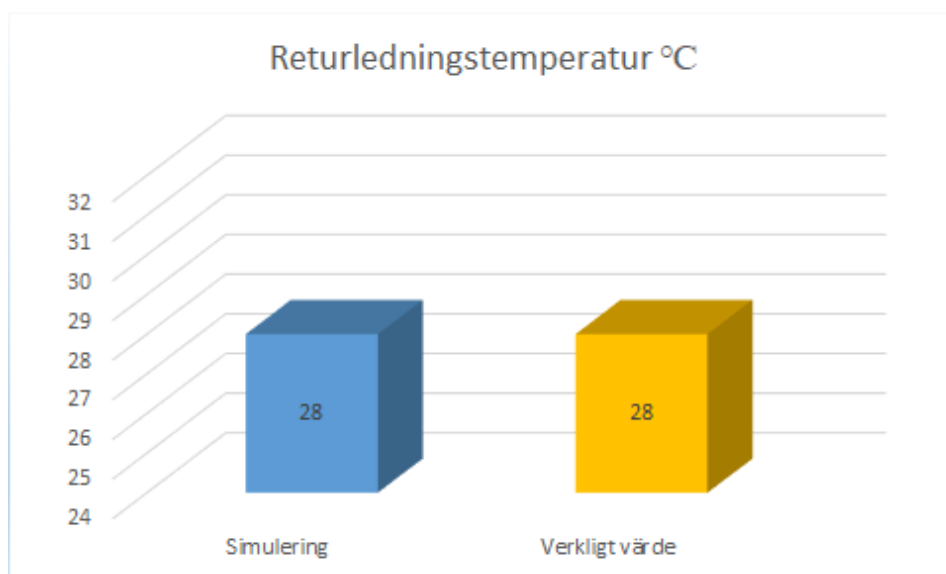
Resultatet i Figur 3 visar framledningstemperaturen från simuleringen och uppmätta värden.



Figur 3. Framledningstemperaturen hos FC 1 i jämförelse mellan simulering och verklig värde

4.1.2 Resultat för returledningstemperaturen

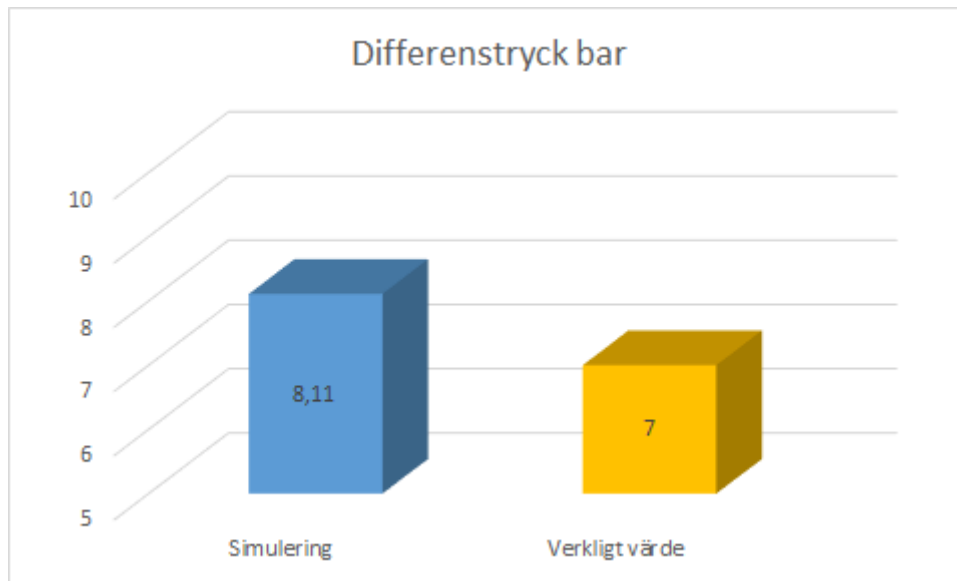
Resultatet i Figur 4 visar returledningstemperaturen från simuleringen och uppmätta värden.



Figur 4. Returledningstemperaturen hos FC 1 i jämförelse mellan simulering och verklig värde

4.1.3 Resultat för differenstryck

Resultatet i Figur 5 visar differenstryck från simuleringen och uppmätta värden.

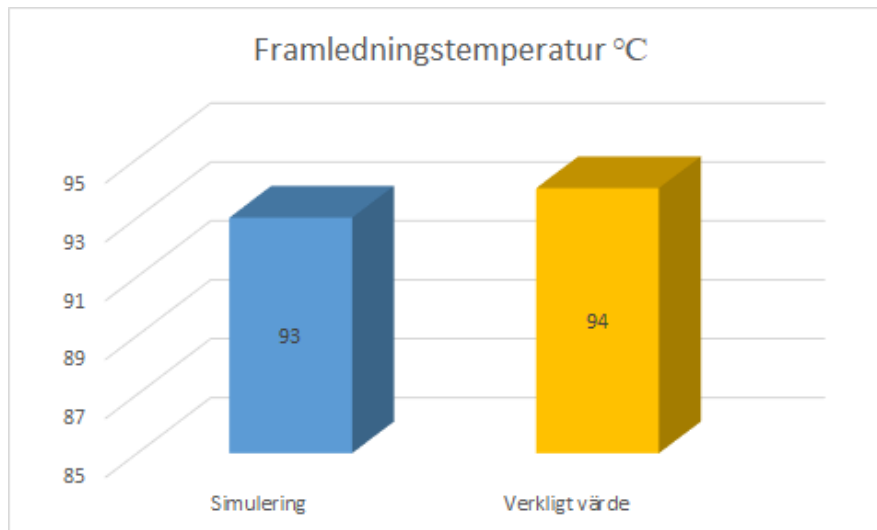


Figur 5. Differenstrycket hos FC 1 i jämförelse mellan simulering och verklig värde

4.2 Resultat från FC 2

4.2.1 Resultat för framledningstemperaturen

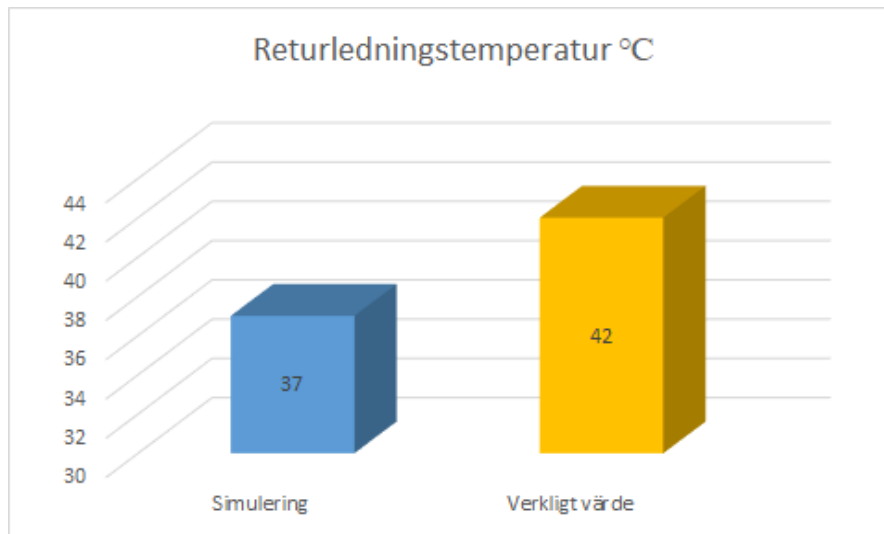
Resultatet i Figur 6 visar framledningstemperaturen från simuleringen och uppmätta värden.



Figur 6. Framledningstemperaturen hos FC 2 i jämförelse mellan simulering och verklig värde

4.2.2 Resultat för returledningstemperaturen

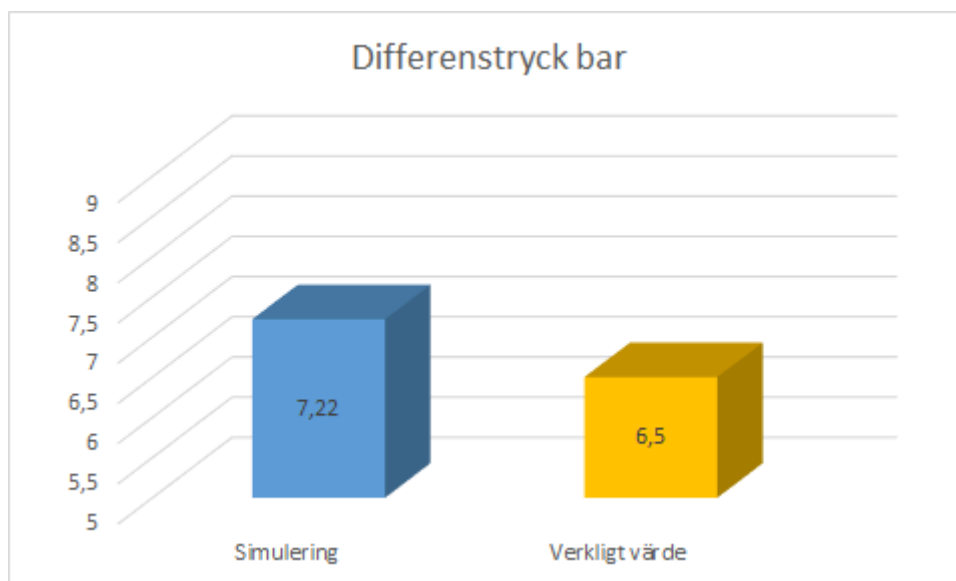
Resultatet i Figur 7 visar returledningstemperaturen från simuleringen och uppmätta värden.



Figur 7. Returledningstemperaturen hos FC 2 i jämförelse mellan simulering och verkligt värde

4.2.3 Resultat för differenstryck

Resultatet i Figur 8 visar differenstryck från simuleringen och uppmätta värden.

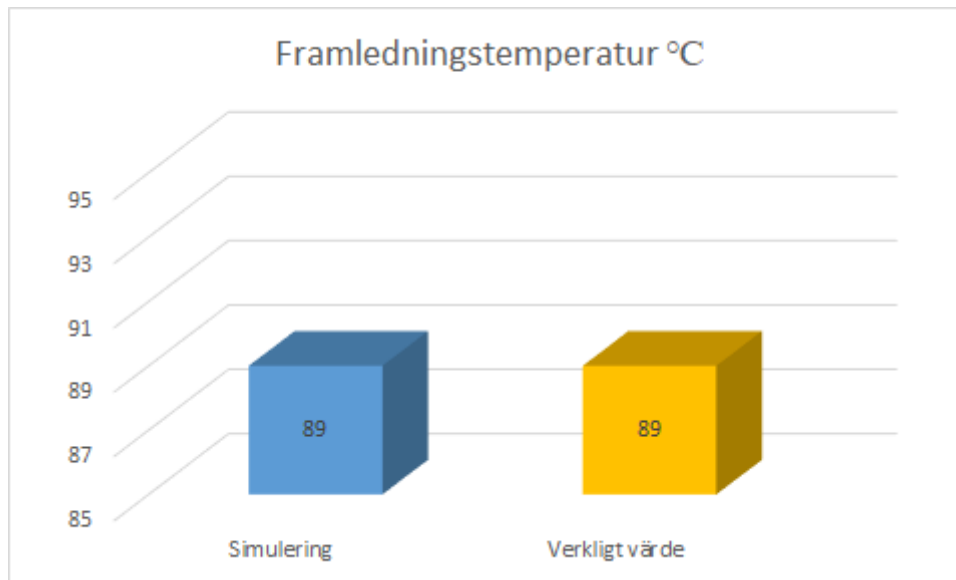


Figur 8. Differenstryck hos FC 2 i jämförelse mellan simulering och verkligt värde

4.3 Resultat från FC 3

4.3.1 Resultat för framledningstemperaturen

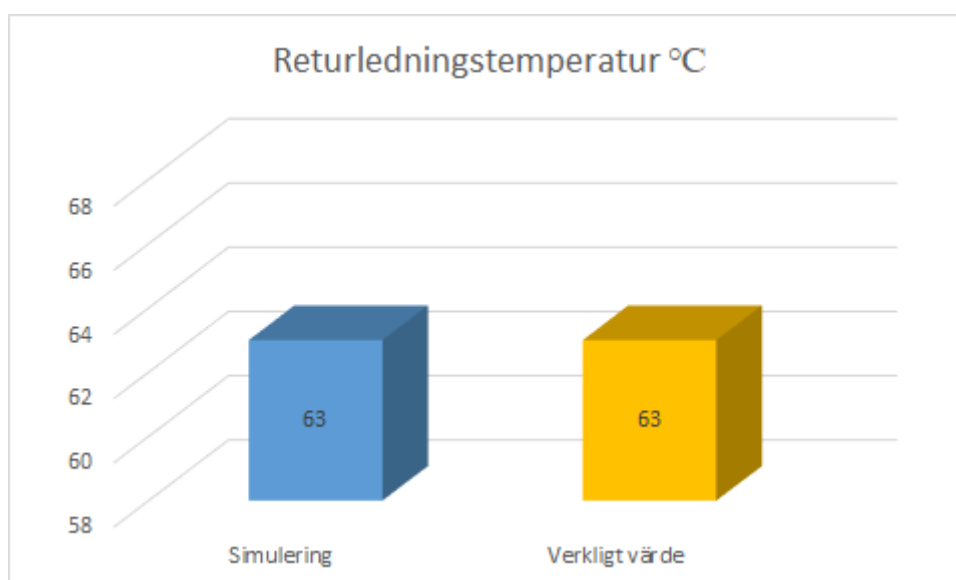
Resultatet i Figur 9 visar framledningstemperaturen från simuleringen och uppmätta värden.



Figur 9. Framledningstemperaturen hos FC 3 i jämförelse mellan simulering och verklig värde

4.3.2 Resultat för returledningstemperaturen

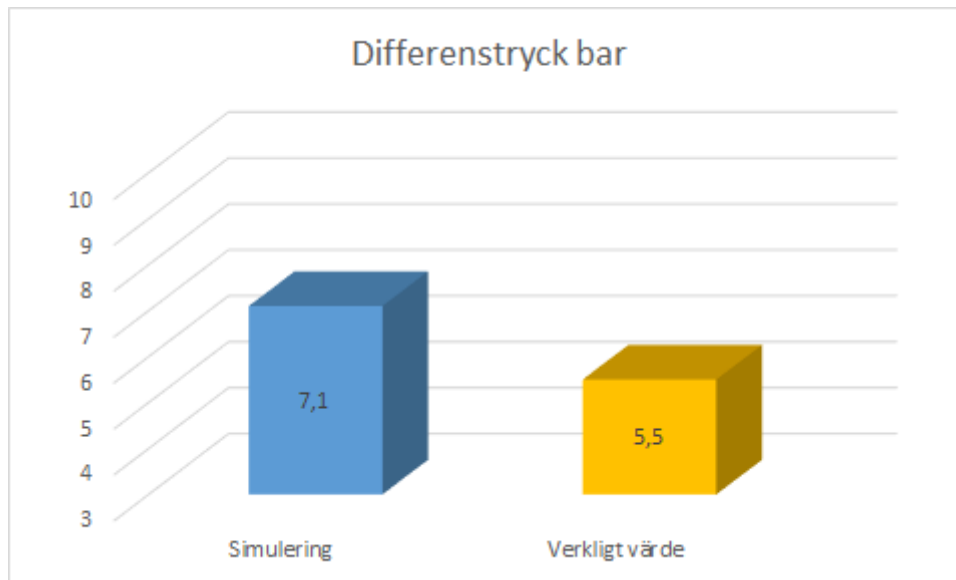
Resultatet i Figur 10 visar returledningstemperaturen från simuleringen och uppmätta värden.



Figur 10. Returledningstemperaturen hos FC 3 i jämförelse mellan simulering och verklig värde

4.3.3 Resultat för differenstryck

Resultatet i Figur 11 visar differenstryck från simuleringen och uppmätta värden.



Figur 11. Differenstryck hos FC 3 i jämförelse mellan simulering och verkligt värde

5 Diskussion

I detta kapitel kommer data från resultatkapitlet att analyseras. Inledningsvis så kommer värdena från simuleringen samt värdena från observationen att analyseras och därefter kommer det att diskuteras om det finns möjlighet till att effektivisera det befintliga nätet.

Avslutningsvis kommer den valda metoden att diskuteras för att åskådliggöra svagheter som upptäckts.

5.1 Stämmer den teoretiska modellen överens med den verkliga datan?

5.1.1 Framledningstemperatur

I FC 1 var differensen en grad på framledningstemperaturen.

I FC 2 var differensen en grad på framledningstemperaturen.

I FC 3 var differensen noll grader på framledningstemperaturen

De simulerade framledningstemperaturerna var antingen lika med eller lite lägre än de verkliga värdena. Simuleringen stämmer väl överens med de observerade värdena. Simuleringen räknade med mer värmeförluster än vad som observerades och en förklaring till det kan vara att simuleringen använt ett för lågt isoleringsvärde och därmed ligger lite under de observerade värdena.

5.1.2 Returledningstemperatur

I FC 1 var differensen noll grader på returledningstemperaturen.

I FC 2 var differensen fem grader på returledningstemperaturen.

I FC 3 var differensen noll grader på returledningstemperaturen.

De simulerade returledningstemperaturerna var antingen lika med eller lite lägre än de verkliga värdena. De simulerade värdena stämde väl överens med de verkliga värdena förutom i FC 2 och det kan finnas flera orsaker till detta. Alingsås Energi styr inte över returledningstemperaturen utan det är abonnenten som gör det och i vissa kan fall kan en för hög returledningstemperatur bero på ett mindre väl justerat system hos abonnenten (Svantesson 2017).

Man försöker alltid eftersträva en låg returledningstemperatur och i de fall där returledningstemperatur är för hög så kontaktar Alingsås Energi den berörda fastigheten och man försöker gemensamt justera fjärrvärmecentralen. Värt att notera är att en returledningstemperatur runt 40 grader är ett bra värde men trots det kan det vara fördelaktigt att gå igenom den berörda fjärrvärmecentralen och undersöka saken vidare för att se om det går att göra en justering (Svantesson 2017).

En låg returtemperatur innebär att det varit en god avkylning i fjärrvärmecentralen och att det är en välmående central. Låga returtemperaturer är av stor vikt speciellt när man använder sig av rökgaskondensering. Ju högre returledningstemperaturerna blir ju sämre blir verkningsgraden vilket man vill undvika. Det möjliggör även att man kan utnyttja restvärme från industrin om man har en låg returtemperatur (Fredriksen & Werner 2014).

Gällande temperaturmätningarna så stämde de simulerade värdena generellt bra överens med de observerade värdena, men simuleringen gav generellt ett lägre värde än vad som observerades.

Då det är väldokumenterat vilket typ av rör och isolering som används i fjärrvärmenätet gör att den teoretiska modellen har bra förutsättningar för att kunna göra uträkningar som kan användas som stöd vid framtida projektering men även för att undersöka det befintliga fjärrvärmenätet.

5.1.3 Differenstryck

I FC1 var differensen 1,11 bar på differenstrycket.

I FC2 var differensen 0,72 bar på differenstrycket.

I FC3 var differensen 1,6 bar på differenstrycket.

De simulerade värdena var alltid högre än de observerade värdena. Vid beräkning av tryck måste man ta hänsyn till fler faktorer än vid temperaturberäkning vilket gör att det blir svårare att beräkna.

En möjlig orsak till att det är ett lägre tryck är att det kan vara abonnenter som har en hög returledningstemperatur vilket gör att det krävs ett högre flöde för att uppnå önskad komfort hos abonnenterna vilket leder till ett lägre tryck i fjärrvärmenätet. För att säkerställa att så inte är fallet så bör man undersöka att abonnenterna har väl injusterade fjärrvärmecentraler (Fredriksen & Werner 2014).

En annan möjlig orsak kan vara ökad friktion i rören. Mindre friktion i rören kräver mindre pumpkraft vilket leder till bättre verkningsgrad. Då vissa av rören har varit i bruk i många år så vet man inte hur statusen är i dessa rör och dess påverkan på vattnet. Det finns möjlighet att behandla vattnet för att slippa pålagringar i rören men då kan värmeöverföringen påverkas negativt vid värmeväxlarna som används i fjärrvärmesystemet. Även ur miljösynpunkt är det mindre lämpligt att tillsätta kemikalier i fjärrvärmevattnet då vid ett eventuellt läckage finns risk för skador (Fredriksen & Werner 2014).

Att ta med sig från undersökningen är att simuleringen visar ett högre tryck än det verkliga och att man beaktar detta vid nästa tillfälle man skall använda sig av programmet.

5.2 Hur kan man effektivisera det befintliga nätet?

Det mest kostnadseffektiva medlet för att få ett effektivare nät är att se till så att varje abonnent har ett så väl justerat system som möjligt. Har en abonnent dålig verkningsgrad i sin fjärrvärmecentral så kan det bero på att den är felaktigt inställd och endast en enklare justering krävs. I andra fall kan det vara att det är gammal utrustning som kan göra att verkningsgraden blir sämre eller att utrustningen är smutsig och är behov av en rengöring (Fredriksen & Werner 2014).

Utbyggnad av en till ackumulatortank skulle möjliggöra att ta till vara på mer varmvatten som annars skulle kylas bort vid de tillfällen överproduktion uppstår. Detta skulle öka redundansen i systemet vid händelse av produktionsavbrott då större mängd varmvatten finns att tillgå. Alingsås Energi bränsleval är träflis till basproduktionen och bioolja till spetslasterna och där ligger man i framkant då de har rökgaskondensering och en effektiv rökgasrening. Att

effektivisera det befintliga nätet när det gäller fram- och returledningarna så är det inte kostnadseffektivt att gräva upp och byta ut rören så att de får en högre isoleringsklass. Dock är det att ha i åtanke när man skall bygga ut fjärrvärmesystemet att ha så hög isoleringsklass som möjligt för att minska värmeförlusterna (Svantesson 2017).

Programmet verkar ge en god mall gällande simulering i Alingsås Energi fjärrvärmenät men man skall se simuleringen som ett stöd vid projektering. Användning av flera olika verktyg säkerställer att man får ett mer exakt och tillförlitligt resultat.

Förr räknade man mer manuellt och fick då en annan känsla för vad som kan vara rimligt och erfarenhet är ett viktigt verktyg vid projektering.

5.3 Metoddiskussion

Observation av data som metod lämpar sig bra då det gäller att jämföra två olika värden. Även intervju är en bra metod för att få information. Dessa metoder är dock tidskrävande och tar mycket arbetskraft i fråga vid framställande av frågor, själva intervjun, analysen av svaren från intervjun och genomförandet av observationen. Även simuleringen krävde mycket förarbete i form av att välja rätt parametrar och ställa in simuleringen. Efterarbetet tog också tid då man skulle analysera svaret från simuleringen.

Då väder och temperatur påverkar Alingsås Energi fjärrvärmenät så är inte förutsättningarna konstanta vilket medför vissa begränsningar och att man beaktar detta när man planerar inför ett liknande projekt. Projektet avgränsades till tre mätpunkter och en avläsning.

Begränsning i tid gjorde att endast personal på Alingsås Energi intervjuades. Det hade varit intressant att intervjua fler personer inom olika områden såsom isolering, fjärrvärmecentraler och produktion.

För att få bättre validitet mellan simulering och verkligt värde borde antalet mätpunkter varit flera samt antalet avläsningar.

Det vore till fördel att vara mer än en person när man genomför ett liknande projekt då det stundtals var tungjobbat. Vid analysen av dels intervjufrågorna men även svaren från simuleringen hade det varit bra att vara fler just för att kunna analysera svaren från olika synvinklar.

6 Slutsatser

Vid projektering av nya fjärrvärmenät så kan simuleringen ge en god indikation angående vilka temperaturer och tryck som kommer att råda i de aktuella områdena då simuleringen gav bra värden gällande temperatur men avvek från det verkliga värdet beträffande differenstrycket. Simulering är dock endast ett av flera verktyg som bör användas vid projektering av fjärrvärmenät.

Att effektivisera nätet är en pågående process då det oftast är hos abonnenten man kan göra den största skillnaden och vid exempelvis ett ägarbyte se till att de nya ägarna får information vad som gäller för att upprätthålla en effektiv fjärrvärmecentral.

Vid insatser på primärsidan är det oftast stora insatser som måste göras och man bör ha grundlig utredning innan man påbörjar något om det är ekonomiskt och praktiskt genomförbart.

6.1 Fortsatt forskning

Studien berörde hur väl simuleringen överensstämde med verkliga värden och det hade varit intressant att göra en liknande undersökning fast i ett annat fjärrvärmenät för att se hur väl simuleringen presterar där. För att få en så rättvis jämförelse som möjligt så bör man leta efter ett fjärrvärmenät som är uppbyggt på liknande sätt som Alingsås Energi fjärrvärmenät.

Referenser

1. Eliasson, M. och Jansson, J. (2015) *Stena Danicas Värmebalans*. Göteborg : Chalmers University of Technology
<http://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/218840/218840.pdf>
2. Alvarez, H. (2006) *Energiteknik*. Studentlitteratur
3. Frederiksen, S., & Werner, S. (2014). *Fjärrvärme och fjärrkyla*. Lund: Studentlitteratur
4. Svantesson, R. (Nätansvarig Fjärrvärme, Alingsås Energi) muntlig källa, 31 Augusti 2017
5. Jernkontoret. (2017). *HYBRIT - Koldioxidfri stålproduktion*.
<http://www.jernkontoret.se/sv/vision-2050/koldioxidfri-stalproduktion/>
6. Branschföreningen Svensk Torv. (2017) *Torv är en naturlig råvara: för energi ,trädgårdar och djur*. http://www.svensktorv.se/PDF/diverse-pdf/2017/folder-A5_170627_klar.pdf
7. Statens Vattenfallsverk. (1980) *Fjärrvärme från Ringhals till Göteborg: Utredningsrapport, Augusti 1980*
http://www.iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/_Public/12/597/12597030.pdf
8. Sweaenergi. (2015) *HVO 100 BIO*
<http://www.sweaenergi.se/wp-content/uploads/2015/11/Produktblad-HVO-100-Bio.pdf>
9. Lupala, T (2015) *Vätgas som energibärare - en översikt av vätgasanvändning i bränsleceller*. Raseborg : Yrkeshögskolan Novia
https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/31072/Lupala_Toni.pdf?sequence=1
10. Naturvårdsverket. (2017) *Svaveloxider (SO_x)*
<https://utslappisiffror.naturvardsverket.se/Amnen/Andra-gaser/Svaveloxider/>
11. Denscombe, M. (2009). *Forskningshandboken - för småskaliga forskningsprojekt inom samhällsvetenskaperna*. Upplaga 2:7. Lund: Studentlitteratur AB.

Bilaga 1 - Resultattabell

FC	1		2		3	
	Simulering	Verkligt värde	Simulering	Verkligt värde	Simulering	Verkligt värde
Framledningstemperatur °C	91	92	93	94	89	89
Returledningstemperatur °C	28	28	37	42	63	63
Differansstryck bar	8,11	7	7,22	6,5	7,1	5,5

Bilaga 2 – Frågor till intervju

Produktion

Hur går man tillväga när skall bygga ett nytt nät för att beräkna på laster/dimensionering och energibesparing?

Vad för typ av bränslen används?

Vad för typ av pannor används?

Finns det planer på andra typer av produktionssätt ex vindkraft, solkraft och vätgas?

Skillnader i tryck i vid kontroll av verklig data

Hur är verkningsgraden på rökgaskondenseringen och vad är max retur temp för att kunna nyttja den

Rökgasrening?

Hur lagras varmvattnet?

Hur förbereder man sig för en riktig kall vinterdag/underhållsarbete?

Hur många produktionsanläggningar finns det? Varför är dom placerade på olika ställen i nätet

Distribution

Vad för värmebärare? Vatten, ånga etc.

Vad är önskad framledningstemperatur/returledningstemperatur?

När används singelrör resp. dubbelrör? Fördel resp. nackdel med båda rören?

Vad är det vanligaste kopplingsschemat?

Hur resonerar ni gällande tjocklek på isolering?

När det är grävning, något speciellt att tänka på just i Alingsås men även rent generellt?

Vad är det för material som används för rör och isolering?

FC

Vad för typ av anslutning? direkt eller indirekt?

Hur ser den anläggningen ut? Skillnad mellan bostäder eller större bostadshus?

Vad det optimala att huset tar upp när det gäller vattentemperatur?

Om man upptäcker att en FC inte tar upp varmvattnet utan skickar tillbaka för varmt