



**HÖGSKOLAN  
I GÄVLE**

**INSTITUTIONEN FÖR TEKNIK OCH BYGGD MILJÖ**

## Reglering av fjärrvärmenät

*Susanne Holmström  
Oktober 2008*

Examensarbete 15hp C-nivå  
Energi

**Energiingenjörsprogrammet**  
**Examinator: Ulf Larsson     Handledare: Roland Forsberg**



## Förord

Detta är ett examensarbete utfört i samarbete med FVB Sverige AB och riktar sig speciellt till Skutskärs fjärrvärmenät, men kan lika väl vara intressant för fjärrvärmenät i allmänhet. Jag skulle vilja tacka Stefan Jonsson på FVB som har tagit fram detta projekt och hjälpt mig med förklaringar och information. En annan viktig person som hjälpt mig genom detta arbete är Roland Forsberg som har varit min handledare. Till sist vill jag tacka Mattias Cehlin som varit till mycket stor hjälp och som lagt ner åtskilliga timmar på att hjälpa mig med programmet IDA, som jag har använt för att komma fram till en av lösningarna, trots att han har många egna studenter att vara handledare till.



## Sammanfattning

Det här är en rapport skriven för ett examensarbete på C-nivå inom ämnet energi.

Examensarbetet är framtaget av FVB Sverige AB (Fjärrvärmebyrån). Det hela startade med ett möte med Stefan Jonsson på FVB där han berättade vad projektet gick ut på. Utifrån detta skapades en problembeskrivning, problemet som skulle lösas var hur man skulle kunna styra ventilerna hos kunder i nätet så att värmen räcker till alla. Ventilerna är ofta väldigt överdimensionerade och pumpen i fjärrvärmecentralen skulle behöva vara otroligt stor för att klara av att pumpa ut tillräckligt stort flöde, så det skulle räcka till om alla kunder hade fullt öppna ventiler.

Jag kom fram till två lösningar på detta problem, det ena var ett trådlöst nätverk som skulle bevaka på ventilerna och den andra var att sätta in en extra givare inomhus som bara tillåter ventilen att öppna sig mer om temperaturen inomhus sjunkit mer än en grad. Med hjälp av ett dataprogram som kallas IDA beräknades att man på fjärrvärmeverket skulle ha 16 timmar på sig att skicka ut varmare vatten i ledningarna, om temperaturen sjunker 5 grader, innan givaren börjar öppna ventilen mer.

Efter mycket övervägande fastslogs att ett trådlöst nätverk borde vara den bästa lösningen eftersom man då från fjärrvärmecentralen kan bevaka alla kundanläggningarna från en och samma plats. Det blir på så sätt enklare att upptäcka fel och få information om värmen räcker till eller om det behövs skickas ut en högre temperatur. Trådlösa nätverk är även beprövade i form av fjärravlästa elmätare så det bör gå mycket bra att installera sådana.



## **Abstract**

This is a report written for an examination project C-level, on the subject of energy. The examination project is a product of the FVB Sweden AB (district heating bureau). It started with a meeting with Stefan Jonsson FVB Sweden AB, where he explained the content of the project, and from this a presentation of the problem was made. The problem that needed to be solved was how they could control the valves in the system to provide heating to everyone in the system. The valves are often oversized so the pump in the heating plant would have to be enormous to be able to provide enough flow to be sufficient, if everyone in the system had their valves fully opened.

I came up with two solutions to the problem, one was a wireless network that could keep track of the valves and the other solution was an extra sensor that was placed on the radiator. The purpose for that was to open the valve if the temperature dropped more than one degree inside. With the help of a program called IDA it was calculated that, if the temperature drop five degrees, they would have sixteen hours at the heating power plant to open the flow before the sensor opens the valves.

After careful consideration I came up with the conclusion that the wireless network must be the best solution. Mostly because you can monitor all the clients in the system from the heating power plant and that will make it easier to discover faults and temperature differences. Wireless networks are already a well tested solution in form of wireless controlled electricity meters so it shouldn't be too much of a problem connecting these sensors to it either.





# Innehållsförteckning

1 Inledning.....	11
2 Projektbeskrivning/Syfte.....	13
2.1 Avgränsningar.....	14
3 Mål.....	15
4 Metod.....	17
4.1 Informationsinsamling.....	17
4.2 Genomförande.....	17
4.2.1 Lösning 1.....	17
4.2.2 Lösning 2.....	18
4.2.3 Fortsatt genomförande.....	19
4.3 Intervjuer.....	20
5 Teoretisk referensram.....	21
5.1 Fjärrvärmesystem.....	21
5.2 Rörförluster.....	22
5.3 Strypventiler.....	23
5.4 Tidskonstant för byggnader.....	25
5.5 IDA Klimat och Energi.....	26
6 Skutskärs Fjärrvärmenät.....	27
7 Resultat.....	29
7.1 Lösning 1.....	29
7.1.1 Fall 1 80-60 system normal värmeförsel.....	30
7.1.2 Fall 2 80-60 system något strypt flöde.....	31
7.1.3 Fall 3 80-60 system mycket strypt flöde.....	32
7.1.4 Tider att rätta sig efter i lösning 1.....	33
7.1.5 Flödesberäkningar och tryckförluster i ledningen.....	33
7.2 Lösning 2.....	36
8 Diskussion.....	37
8.1 Lösningförslag 1.....	37
8.2 Lösningförslag 2.....	38
8.3 Jämförelse mellan lösning 1 och lösning 2.....	39
9 Slutsats.....	41
10 Fortsatta studier.....	43
11 Referenser.....	45
12 Källförteckning.....	47
13 Bilagor.....	49



# 1 Inledning

I dagens samhälle pratas det mycket om växthuseffekten och global uppvärmning och det finns både lagar, avtal och mål för koldioxidutsläpp och energianvändning. Ett stort orosmoment när det gäller energianvändning är de länder som idag är utvecklingsländer, se Yasuhiro Murota och Kokichiu Ito (1996). Problemet är mer välfärd även ökar energianvändningen och för att inte koldioxidutsläppen ska bli enorma krävs att dessa länder får hjälp att utvecklas betydligt snabbare än de länder som idag är industriländer gjorde i samma fas. Med snabbare utveckling kommer lagar om koldioxidutsläpp m.m. att införas inom kortare tid.

The international Community vill sätta en gräns för koldioxidutsläpp, för de länder som är i utvecklingsfasen måste utsläppen dras ner mer än vad det är för närvarande för att nå dessa mål, se Thomas E Drennen et al. (1996). Författarna till denna artikel skriver om solenergi som är förnyelsebar och det ha framkommit att den kan ersätta ca 50% av den ökande energianvändningen, vilket i sig kommer leda till att koldioxidutsläppen kommer bli ca 30% mindre än förutspått efter 50 år.

I Sverige står energimarknaden inför nya situationer där bränslepriser ökar och samtidigt medvetenheten om koldioxidutsläpp och globaluppvärmning. Detta ger både utmaningar och möjligheter till att försöka effektivisera och hitta nya energikällor. Det finns mycket reklam om förnyelsebar energi och program för att effektivisera energislukande industrier, ett förslag är att bygga ihop flera mindre fjärrvärmenät till ett större, se Magnus Karlsson et al. (2008). På detta sätt kan nät som kan få ut större effekt, än vad som behövs, hjälpa till på andra ställen där de kanske annars behöver ta till extra pannor för att få värmen att räcka till. Det visar sig också att den mest ekonomiska lösningen också minskar koldioxidutsläppen mest.

De flesta husen i Sverige byggdes på 60-70 talet och många har el som uppvärmning och år 2005 var endast 9% av enfamiljshus anslutna till fjärrvärme, se Anna Joelsson och Leif Gustavsson (2008). Enligt deras rapport med scenarion för olika hustyper sänker fjärrvärme både den primära elförbrukningen och koldioxidutsläppen. Installationskostnaden är högre för en värmepump men lägre än en pelletspanna, och koldioxidutsläppen avtar med upp till 96%.

För att fjärrvärme skall kunna byggas ut och få fler kunder är det viktigt motivera varför ett byte till fjärrvärme är ett bra alternativ. En bra marknadsföring kan vända många negativa inställningar, det visar undersökningen av Krushna Mahapatra och Leif Gustavsson (2008). I ett område nära Östersund sa 84% av invånarna nej till att installera fjärrvärme innan en kampanj startade, efter kampanjen valde ändå 78 % av invånarna att nappa på erbjudandet. En viktig anledning var bidrag från staten på 30% av installationskostnaden och att bolaget som skulle leverera fjärrvärmerna hade ett förmånligt erbjudande till de som sa ja innan ett visst datum.

Fjärrvärme är ett bra alternativ till uppvärmning då värme från industrier kan tas till vara som annars bara skulle gå till spillo. Det märks även att fjärrvärme blir allt populärare i de svenska hemmen, genom en sökning på Google med sökorden "fjärrvärme" och "bygga ut" förstår man lätt att detta är något som det satsas på. Däremot står det inte speciellt mycket om de problem som kan uppkomma för vissa kunder, i form av att värmen inte helt räcker till.

Att dessa problem inte nämns kan bero på att de är så kortvariga att det inte hinner märkas hos kunderna, de flesta kanske inte tänker på att temperaturen sjunker en halv till en grad, speciellt inte om det händer nattetid. För fjärrvärmecentralen är detta ett desto större problem, den styrs manuellt och den mänskliga faktorn kan naturligtvis spela in. I dessa tider då det alltid pratas om att spara in pengar är det inte bra att först behöva ösa ut värme för att sedan plötsligt upptäcka att det finns mer än vad som behövs.

I det här arbetet kommer två olika lösningar att diskuteras, den ena krävde mer uträkningar och den andra mer teknisk inläsning och intervjuer. Om någon av dessa lösningar genomförs kommer det att minska problemen med att de flesta ventiler i kundanläggningarna är överdimensionerade vilket leder till att dessa kunder upptar allt fjärrvärmeflöde i stället för att flödet räcker till alla.

## 2 Projektbeskrivning/Syfte

Examensarbetet skall skrivas på C-nivå och utförs åt FVB Sverige AB. Projektet är en fjärrvärmeutredning som innebär att försöka hitta en lösning så att kunder långt bort i ett fjärrvärmenät inte får vänta en lång tid innan värmen når dem vid plötsliga temperaturförändringar.

Problemet idag är att varje kundanläggning har en egen temperaturgivare oberoende av andra fastigheter och oberoende av fjärrvärmecentralen. Pumpen som pumpar vattnet ut i ledningen på väg till abonnenterna är inte dimensionerad för att alla ventiler till alla fastigheter ska kunna vara öppna samtidigt. Detta kan inträffa vid hastiga temperaturförändringar t.ex. temp sjunker snabbt på kvällen. Temperaturgivarna hos de olika kundanläggningarna märker på en gång att det blir kallare och ventilerna öppnas. Om inte driftpersonal i produktionsanläggningen har höjt den utgående värmemetemperaturen i tid uppstår ett underskott i nätet tills nätet blivit uppladdat eller i balans. Om samtliga abonnenter har helt öppna ventiler, medför detta att kundanläggningar som ligger nära fjärrvärmeverket får sin värme men de kundanläggningar som ligger längre bort får inte fram sin värme. Orsaken är att det inte finns något tryck kvar att pumpa vattnet till fastigheter längre bort, differenstrycket mellan fram och returledning får aldrig gå under 120 kPa.

När pumpen går för fullt upptäcks det på fjärrvärmecentralen att det inte räcker och varmare vatten måste skickas ut. Fortfarande så är det inte säkert att värmen räcker till abonnenterna längst bort och det kan ta flera timmar innan ventilerna hos abonnenterna som ligger nära centralen har börjat backa tillbaka och trycket räcker för att forsla vattnet till alla abonnenter. Därefter kommer nästa problem som är den så kallade morgonlasten (duschar mm.), detta problem uppkommer framförallt pga. att ventilerna för varmvattenförsörjningen är felaktigt dimensionerade dvs. alldeles för stora. (Orsaken till överdimensionering beror ofta på felaktiga ofullständiga förutsättningar som svensk byggnorm (BBR) anger.)

Vid tappningar, t.ex. dusch, i ett antal kundanläggningar överreagerar ventilerna och släpper igenom för mycket vatten vilket i sin tur gör att det blir ett underskott i FV-nätet både vad gäller temperatur och effekt. Produktionen startar därför extra oljepannor för att snabbt få upp effekten i nätet. När nätet laddas snabbt blir det lätt överladdat så att samtliga ventiler stänger mer än det egentliga behovet. Nu måste pannorna minska sin effekt, först stängs oljepannan ned sedan blir det även så att fjärrbränsle-pannan måste minska sin effekt.

Detta driftsätt är inte det bästa ur ekonomiskt perspektiv, det skapar stora svängningar i nätet och det är den stora anledningen till att en lösning till synkroniseringsproblemet vore bra att hitta. Referensfallet blir Skutskärs fjärrvärmenät.

Syftet med projektet är att undersöka:

- Hur snabbt rör sig vattnet i fjärrvärmenätet
- Hur kan ventilerna styras
- Hur det kan tas hänsyn till tidskonstant för olika byggnader
- Hur skall svängningarna motverkas

Det är tänkt att först titta på ett fiktivt lite mindre fjärrvärmenät för att se om någon lösning finns och därefter applicera lösningen på Skutskärs fjärrvärmenät. Detta för att se om lösningen är realistisk och skulle fungera i verkligheten och även försöka få en bild av vad det skulle kosta.

## **2.1 Avgränsningar**

I fjärrvärmenätet finns samma problem vintertid som sommartid, skillnaden är att vintertid så tar det ett antal timmar för alla abonnenter att få rätt temperatur och sommartid kan det ta flera dygn. I detta projekt kommer det att koncentreras på vintertid eftersom det är då den mesta värmen behövs och om lösningen på vintertidsproblemen även löser sommartidsproblemen så är det bara en bonus. Det kan också vara bra att ha i åtanke att det finns en möjlighet att problemet inte har något realistisk lösning kostnadsmässigt.

Examensarbetet är tidsbegränsat till 10 veckor och arbetet kommer att vara 15 nya hp. Detta innebär att projektet skall tillägnas ca 400 timmar.

### 3 Mål

Det främsta målet med detta examensarbete är att utföra projektet motsvarande 15 högskolepoäng och skriva en rapport på C-nivå. Målet med projektet är att komma fram till ett lösningsförslag för att förhindra stora svängningar i ett fjärrvärmenät som kan inträffa vid snabba temperaturförändringar. Ett personligt mål är att klara av att själv lyckas genomföra och hantera ett projekt ensam, utan andra gruppmedlemmar. Examensarbetet ska förhoppningsvis ge nya lärdomar och kunskap inför kommande projekt i arbetslivet.

Det främsta projektmålet är att bearbeta de fyra punkter som kom upp vid projektbeskrivningen. Dessa ska ha tagits upp och förhoppningsvis ha en uträkning och lösning och sedan redovisats tydligt i rapportens slutsats.

Rapporten skall vara skriven med teoretiska grunder så att den även går att förstå för någon som inte är van med ämnet. Resultatet skall vara väl beskrivet och den valda lösningen skall diskuteras fram med hjälp av bakomliggande teori. Ett annat mål är att kunskaper från tidigare kurser som innehållit teori och beräkningar med fjärrvärme m.m. skall kunna komma till pass att användas på ett praktiskt sätt.





## **4 Metod**

### **4.1 Informationsinsamling**

Information för att kunna genomföra projektet har till största del kommit från företag, handledare samt böcker om fjärrvärme, värmeflöden och installationer. En liten del har även kommit från internetsidor som redovisas i referenser. All information om Skutskärs fjärrvärmenät och de värden som krävs för att göra ett mindre likformigt nät har kommit från FVB AB. Information om material i byggnaderna till de olika exemplen i resultatet har erhållits från handledaren på skolan, Roland Forsberg. För att få reda på de formler som skulle användas i projektet studerades böcker som använts i kurser inom liknande ämne.

### **4.2 Genomförande**

Projektet startade med ett samtal tillsammans med Stefan Jonsson på FVB och Roland Forsberg, under det samtalet presenterades projektet och utifrån det togs en projektbeskrivning fram. Efter att ha gått igenom projektbeskrivningen med Stefan och reviderat projektbeskrivningen något så var det dags att samla in all den nödvändiga informationen för att kunna genomföra projektet. Genom ökad förståelse om hur fjärrvärmesystem fungerar började tankegången om hur problemet med de osynkroniserade ventilerna, och trycket som inte räcker till om alla ventilerna är fullt öppna, skulle kunna lösas. Genom noga övervägande blev det till slut två lösningar som kändes aktuella att gå vidare med, dessa två beskrivs nedan.

#### **4.2.1 Lösning 1**

Det skall här undersökas huruvida problemet med ventilerna kan lösas utan att de är synkroniserade med varandra. En extra givare monteras inne hos kunden och mäter inomhustemperaturen, den givare som mäter utomhustemperaturen får bara öppna ventilen till viss del. Först när inomhustemperaturen sjunkit en grad ger inomhusgivaren signal och får ventilen öppnas fullt om så behövs. På detta sätt bör vattnet hinna fram till sista abonnent utan att trycket blir för lågt, om inte annat så behöver inte fjärrvärmeverket skicka ut lika stor effekt som i nuläget. I och med att ventilerna inte öppnas för fullt direkt får också fjärrvärmeverket längre tid på sig att hinna skicka ut varmare vatten i ledningarna. Som en extra hjälp kan dessutom Gävlemetoden (se kap. 5.3) användas för varmvattenuppvärmningen vilket sänker kv-värdet (ett värde som beskriver en ventils storlek) hos kunderna ytterligare och de stora svängningarna i effektuttag bör på så sätt minska.

Det som skall kontrolleras är hur pass effektiv denna metod skulle kunna vara och hur långt ut i nätet som trycket räcker utan att värmen på vattnet höjs (När vattnet blir varmare backar ventilerna tillbaka och tar inte ut lika stort kv-värde).

Att beräkna tryckförlusterna i ledningen är inte det allra lättaste eftersom det är svårt att veta exakt hur stort flöde som går till varje hus. Det finns en rapport från Stefan Ellmin på FVB som beskriver kv-värden på de flesta flerfamiljshus i Skutskärs centrum. Dessa kv-värden fick vara riktlinjer för de andra flerfamiljshusen i Skutskär. I rapporten har föreslagits nya ventiler med lägre kv-värden eftersom många var alldeles för stora. Ingen information har dock framkommit huruvida ventilerna är bytta eller inte, därför görs två olika beräkningar på vilken öppningsgrad ventilerna högst får ha för att flödet skall räcka till.

Villorna har alla beräknats med samma kv-värde som är  $0,67 \text{ m}^3/\text{h}$ , det värdet kommer från Swetherm som levererat värmeväxlarna till villorna. Det är ett ganska normalt värde som fick bestå i båda beräkningarna. Som en förenkling räknas bara på värmesidan inte varmvatten. Detta dels eftersom att en sådan köldknäpp som beskrivits tidigare oftast inträffar på natten då det inte används så mycket varmvatten och dels för att det är mycket svårt att veta hur mycket varmvatten som används. För att räkna ut tryckförlusterna delades ledningen upp i olika områden och sedan beräknades hur stort flöde som fick gå till varje område. På så sätt blev det även känt hur mycket ventilerna måste stängas.

#### **4.2.2 Lösning 2**

Här skall synkroniseringsmöjligheterna undersökas, det kanske finns någon möjlighet att ventilerna kan vara sammankopplade på sådant sätt att trycket alltid räcker till sista abonnent. Detta måste i sådana fall ske så att signaler skickas mellan de olika kundernas ventiler eller till någon form av central som kontrollerar de olika kv-värdena. Det finns i princip bara två aktuella sätt att skicka signalerna på antingen genom trådlöst nätverk eller genom att signalen sänds via någon form av radiosignal. Det som skall kontrolleras är om det huvud taget finns någon möjlighet att genomföra något sådant i praktiken och vad det skulle kosta. Ett alternativ hade kunnat vara en nedgrävd kabel, men det skulle vara både för dyrt och krångligt att gräva ner i efterhand.

### 4.2.3 Fortsatt genomförande

Lösningförslagen presenterades för Stefan på FVB och Roland på högskolan och båda godkände att dessa skulle undersökas och ny informationsinsamling börjades. Nu behövdes all möjlig information om nätet så som effekt, kv-värden, temperaturer, antal kunder m.m. All denna information togs fram på FVB, om än efter ganska lång tid och flera påminnelser. För att kunna beräkna hur olika hus påverkas av temperaturförändringar och värmeförlust hjälpte Roland till att få fram material på tre olika typer av hus, en trävilla, ett tegelhus, och ett flerfamiljshus av sten/betong.

Formeln för att beräkna tidskonstant är lite svår att arbeta med eftersom den inte tar hänsyn till alla faktorer runt om kring som kan förändras, därför användes ett datorprogram som heter IDA. I IDA kan alla värden ställas in, material, värmeförlust, temperaturförändring, var radiatorer sitter m.m., och det går att få fram diagram som visar temperaturförändringen inomhus timme för timme.

För att få fram information till lösningförslag 2 kontaktades Niklas Rothpfeffer som är programansvarig för elektronikingenjörerna på högskolan i Gävle. Niklas gav förslag på en typ av trådlöst nätverk som han tyckte skulle passa och förklarade hur det fungerade. Genom sökning på Internet hittades sedan ett företag som sålde den typen av nätverk. På Tritech som företaget heter fick jag prata med Niclas Luthman, han berättade både om den modul som Niklas Rothpfeffer pratat om och en annan modul. Efter det samtalet samlades information in om båda dessa moduler för att kunna göra en bra jämförelse om vilken som är mest lämplig.

När alla beräkningar var gjorda jämfördes lösning 1 med lösning 2 för att komma fram till vilken som var mest lämplig.

### **4.3 Intervjuer**

#### **Niklas Rothpfeffer**

Niklas fick frågan om han visste någon typ trådlöst Nätverk som skulle kunna passa till synkroniseringsproblemet med ventilerna. Efter lite betänketid kom Niklas fram till att en modul som heter ZigBee kunde vara en bra lösning. Han berättade att det var en enkel och relativt billig lösning, eftersom den kan drivas av ett batteri. Räckvidden var inte så lång men eftersom ZigBee moduler kan skicka vidare en annan ZigBee moduls signal så ska detta inte vara något problem. Niklas sa även att de styrs av en huvudcentral som kan sitta vid fjärrvärmeverket, därifrån skickas information ut till mellancentraler, routrar, som i sin tur skickar den vidare genom ”sin” grupp av moduler. Routrarna behöver inte vara trådlösa mot huvudcentralen utan kan kopplas mot t.ex. Internet.

#### **Telefonsamtal med Niclas Luthman, Trittech**

Efter att ha lyckats hitta ett svensk företag som sålde ZigBee-lösningar ringdes ett samtal dit och det blev tillslut Niclas Luthman som kunde svaren på frågorna. Niclas förklarade att ZigBee fungerade bäst inom byggnader eller små områden med hus som ligger nära varandra eftersom räckvidden inte är så lång. Han föreslog i stället ett annat trådlöst nätverk, MeshNET, som klarar mycket lägre räckvidd och större nät. Enligt Niclas är det den typ av trådlöst nätverk som används av elbolagen för fjärravläsning. MeshNET ska kunna klara att ha så många moduler som Skutskärs fjärrvärmenät behöver (ca 200) utan att det behöver finnas någon mellancentral, säger Niclas, informationen kan skickas vidare via moduler ända fram till huvudcentralen. Nackdelen är att dessa moduler kräver ström till skillnad från ZigBee.

## 5 Teoretisk referensram

### 5.1 Fjärrvärmesystem

Fjärrvärme är ett bra och miljövänligt alternativ till uppvärmning i stället för t.ex. olja eller el. Fjärrvärme innebär att vatten med en temperatur på mellan 70 och 110°C, beroende på utetemperaturen, skickas ut till kunderna i nergrävda rör. Vattnet värmer i sin tur upp vatten som cirkulerar i kundanläggningen. Fjärrvärme kan användas både för uppvärmning av hus och varmvatten.

Oftast utnyttjas spillvärme från industrier för att värma upp fjärrvärmenätet, extra pannor kan dock behövas för att nå upp till önskad temperatur. När utetemperaturen sjunker kan de extra pannorna behöva sättas in för att klara behovet hos kunderna. Ett fjärrvärmenät brukar delas upp i produktionsanläggningar, distributionsledningar och kundanläggningar. Mest gynnsamt är det att bo nära produktionsanläggningen eftersom att det varma vattnet når dit snabbt och det blir lätt att hålla den önskade temperaturen.

I Sverige användes tvårörs-system för distribution av fjärrvärme, en fram- och en returledning. Rören är övervägande direktskummande plastmantelrör, vilket innebär att stålröret har isolerats med en cellplast, vanligtvis polyuretan. Dessa rör tål en framledningstemperatur på maximalt 130 °C.

I ett fjärrvärmenät finns alltid vissa förluster, vatten kan inte hålla samma hastighet och tryck från en punkt till en annan och värmeinnehållet kan inte heller vara exakt det samma.

Värmeförlusterna beror dels på vilken typ och hur mycket isolering som används samt marktemperaturen utanför röret. Tryckförlusterna beror på många faktorer, så som sträckans längd, rörets diameter, vattnets hastighet, rörets skrovlighet, höjdförändringar och engångsförluster. Hastighet och tryck kan både minska och öka beroende på olika förhållanden.

Ett nytt tryck räknas fram med hjälp av bernoulisekvation:

$$p_2 = p_1 + (\rho \cdot g \cdot (h_1 - h_2)) + \left( \left( \frac{\rho}{2} \right) \cdot (c_1^2 - c_2^2) \right) - \left( \left( \lambda \cdot \left( \frac{1}{d_1} \right) + \zeta \right) \cdot (c_1^2) \cdot \frac{\rho}{2} \right)$$

Formel 1

där:

**c** = hastighet(m/s)

**h** = höjd(m)

**p** = tryck(Pa)

**λ** = friktionskoefficient

**ζ** = engångsmotstånd

**ρ** = densitet(kg/m<sup>3</sup>)

## 5.2 Rörförluster

I detta examensarbete kommer den del av bernoulisekvation som består av förluster pga. friktion och engångsmotstånd förenklas för att inte rapporten ska dra iväg och bli onödigt komplicerad. Dessa förluster får en ny formel:

$$\text{Tryckfall} = (R \cdot L) + Z$$

**Formel 2**

**Där:**

**L= längden på röret(m)**

**R= förluster pga. friktion/m**

**Z= förluster pga. engångsmotstånd**

Värden för R är tagna från diagram i boken VVS tabeller och diagram, kap 9:42. Förlusterna för engångsmotstånden beräknas med:

$$Z = \frac{\zeta \cdot (\rho \cdot c^2)}{2}$$

**Formel 3**

**Där:**

**c= hastighet(m/s)**

**$\zeta$  = engångsmotstånd**

**$\rho$ = densitet(kg/m<sup>3</sup>)**

Med dessa nya variabler kan bernoulisekvation skrivas om förenklat dessutom kommer höjden antas vara lika i detta arbete eftersom det inte framkommit några uppgifter om höjdskillnader. Formeln som kommer att användas blir därför:

$$p_2 = p_1 + \left( \left( \frac{\rho}{2} \right) \cdot (c_2^2 - c_1^2) \right) - ((R \cdot l) + Z)$$

**Formel 4**

**Där**

**c= hastighet(m/s)**

**$\rho$ = densitet(kg/m<sup>3</sup>)**

**l= längd(m)**

**R= förluster pga. friktion/m**

**Z= förluster pga. engångsmotstånd**

### 5.3 Strypventiler

Flödet av fjärrvärmevattnet in till kundanläggningen regleras av två stycken strypventiler, en för husets uppvärmningsbehov och en för tappvarmvatten. För dessa två ändamål finns även varsin värmeväxlare och beroende på flöde och temperatur på fjärrvärmevattnet erhållen temperatur som är behövd på andra sidan växlaren.

Strypventilen som reglerar värmeflödet till huset styrs av två givare, en som mäter utetemperaturen och en som mäter framledningstemperaturen till radiatorerna.

Tappvarmvattnets temperatur skall alltid vara lika och den brukar ligga på 50-65 °C, ej lägre pga. risk av legionellatillväxt och ej högre pga. skållningsrisken. Strypventilen för tappvarmvatten regleras med hjälp av endast en givare som kontrollerar att temperaturen är konstant. Vid ökad användning av varmvatten måste flödet av fjärrvärmevattnet öka för att upprätthålla temperaturen. Alla ventiler har ett så kallat kvs-värde, för att veta vilken ventil som skall väljas måste ett kv-värde räknas ut och utifrån det värdet väljs en ventil med ett kvs-värde som ligger nära det uträknade värdet. Kv-värdet är det flöde, på fjärrvärmesidan, som krävs för att upprätthålla rätt temperatur på vattnet till radiatorerna och på varmvattnet vid största sannolika tappvarmvattenflöde. Ett kv-värde har beteckningen m<sup>3</sup>/h.

Pumpen vid fjärrvärmecentralen är inte dimensionerad för att kunna klara att alla kunders strypventiler är fullt öppna samtidigt. Detta eftersom det då skulle behövas en så otroligt stor pump, i stället skickar man ut varmare vatten så att ventilerna inte behöver vara helt öppna. Innan det varmare vattnet hunnit fram kan det bli så att ventilerna öppnas för fullt och det finns inte tillräckligt tryck för att transportera fjärrvärme till alla kunder.

Ventilen för uppvärmning av en fastighet dimensioneras efter dess värmebehov vid DUT (dimensionerande utetemperatur) och ventilen för uppvärmning av varmvatten dimensioneras av det största sannolika flödet som kan tänkas uppkomma. Det sannolika flödet tas utifrån BBR normer, på senare tid har det framkommit att normerna stämmer bra för en villa medan de för ett flerbostadshus är ganska missvisande. Ofta är det sannolika flödet mycket mindre än vad Boverket anger. Genom forskning och tester har man på Gävle Energi tagit fram den så kallade "Gävlemetoden", där har man sett att risken att alla i ett flerbostadshus, hotell eller liknande, skulle duscha exakt samma minuter på morgonen är ganska liten. Med denna metod har det verkliga sannolika flödet räknas ut och på så sätt kan ventilerna minskas ordentligt.

Om en för stor ventil har satts in kommer onödigt stor effekt tas ut i från fjärrvärmenätet, detta p.g.a. ventilerna har en viss tröghet. D.v.s. när några i ett hus t.ex. sätter igång sina duschar kommer ventilerna att öppnas för att hålla temperaturen p.g.a. tröghet i regleringen kommer ventilen att öppnas för fullt innan det hinner märkas att värmebehovet redan är uppfyllt. Det blir en slags fördröjning som orsakar att värme tagits ut till ingen nytta.

Formel för att beräkna ventilens storlek:

$$Kv = \frac{P}{(T_1 - T_2) \cdot c_p}$$

**Formel 5**

**Där**

**P= Effekt utifrån det sannolika flödet(W)**

**T1= Framledningstemperaturen på fjärrvärmesidan(°C)**

**T2=Returledningstemperaturen på fjärrvärmesidan(°C)**

**c<sub>p</sub>= Specifik värmekapacitet(J/kgK)**

Valiga kvs-värden (m <sup>3</sup> /h)
0,25
0,4
0,63
1,0
1,6
2,5
4,0
6,3
10

För att beräkna kv-värdet för husets uppvärmning används samma formel men effekten är den effekt som krävs för att hålla värmen inomhus vid DUT.

Det som framkom i Gävlemetoden var att flödet oftast kunde vara så litet att ett kvs-värde ytterst sällan behöver vara större än 1 och i de flesta fall räcker det till och med att ha 0,63 m<sup>3</sup>/h. Det är även väldigt vanligt att räkna med ett differenstryck på 100 kPa trots att det på många ställen ligger på 300 kPa och i en del fall till och med 500 kPa, detta medverkar också till ett felaktigt val av ventiler.

Det går även att räkna ut t.ex. vilket flöde som max kan gå genom ventilen om man vet kv-värdet samt tryckfall över ventilen. Formeln för detta lyder som följer:

$$Kv = \frac{q}{100 \sqrt{\Delta p}}$$

**Formel 6**

**Där**

**q = flöde (l/h)**

**Δp = tryckfall (kPa)**



## 5.4 Tidskonstant för byggnader

Tidskonstant är ett mått på hur lång tid det tar temperaturen i en byggnad att förändras vid avbrott i värmeförseln eller förändring hos utetemperatur. Efter en tid motsvarande tidskonstanten har byggnadens temperatur sjunkit med ca 63 % av temperaturskillnaden mellan inne- och utetemperatur  $((1-1/e) \cdot \Delta T)^1$ . Tidskonstanten är beroende på byggnadens konstruktion. Lätta byggnader har en kort tidskonstant vilket betyder att temperaturen påverkas relativt snabbt när något i omgivningen förändras. Tunga byggnader har en längre tidskonstant och det tar därmed längre tid innan förändringar märks inomhus. Till lätta byggnader hör trähus och till tunga byggnader hör hus av betong, sten och tegel.

Energi lagras i byggnadens material (ytterväggar, golv, innerväggar, tak) och inredning, vid en snabb temperaturförändring eller avbrott i värmeförsel, kommer den lagrade energin att användas innan innetemperaturen börjar sjunka. Två likvärdiga hus, ett av sten och ett av trä med samma typ av inredning kommer att förändras olika även om förändringen i omgivningen är lika. Sten kan lagra betydligt mer energi än trä och om temperaturen ute sjunker kommer det snabbare att märkas i trähuset. På samma sätt tar det längre tid för ett stenhus att bli varmt om det är kallt inomhus eftersom energin tas upp av materialet i huset innan värmen börjar stiga.

Formel för att beräkna temperaturen i en byggnad med en viss tidskonstant:

$$T_{rum}(t) = T_{ute} + (T_{rum,0} - T_{ute}) \cdot e^{-\frac{t}{\tau_0}}$$

Formel 7

**Där:**

**$T_{ute}$**  = utomhustemperatur (°C)

**$T_{rum,0}$**  = Temperaturen i byggnaden från början (°C)

**$T_{rum}(t)$**  = Temperaturen i byggnaden efter tiden  $t$  (°C)

**$t$**  = tidsåtgång (h)

**$\tau_0$**  = tidskonstant (h)

Denna formel tar dock inte hänsyn till om värmeförseln varierar utan förutsätter att den stängs av helt.

---

1 <http://www.svenskfjarrvarme.se/download/1177/FOU%202003%2085.pdf>

## **5.5 IDA Klimat och Energi**

IDA är ett program framtaget för att beräkna inomhusklimat och energiförbrukning i enskilda rum och/eller en hel byggnad. IDA används ofta för att dimensionera ventilation och kontroll av olika tänkbara åtgärder för att förbättra ett för kallt eller för varmt rum. I programmet går det att rita upp en byggnad exakt som den skall vara samt bestämma material i alla husets delar. Programmet tar även hänsyn till solinstrålning, personer i byggnaden, belysning samt eldrivna apparater.

I detta projekt används IDA för att kontrollera temperaturen i ett hus som under en tid inte får tillräckligt med tillförd värme jämt emot vad som skulle behövas vid en speciell utetemperatur. I programmet erhålls diagram som visar hur temperaturen förändras timme för timme.

Andra saker som IDA tar hänsyn till är typ av ventilation, markiser eller persienn, vilket riktning huset är vänt mot, vilken stad det ligger i samt om det ligger skuggande hus eller kullar runt omkring. Det finns färdiga klimatmallar för vissa städer men om man vill kontrollera vad som händer vid en viss temperatur kan man lätt göra en egen mall. Det går även att ställa in under hur lång tidsperiod som resultatet skall visas.

## 6 Skutskärs Fjärrvärmenät

I Skutskär finns 203 kunder som är anslutna till fjärrvärmenätet som finns där, kunderna är fördelade på:

Villakunder: 155

Flerbostadshus: 17

Offentlig förvaltning: 11

Tillverkningsindustri: 9

Övriga: 11



Figur 1: StoraEnso samt hus i Skutskär

Värmen i ledningarna kommer främst från ånga som bildas vid massproduktionen på Stora Enso i Skutskär samt spillvatten från luftkondensat. Ångan värmeväxlas i två värmeväxlare, en på 15 MW och en på 10 MW. Värmeväxlaren på 10 MW används inte utan är en reserv om något skulle hända med den andra. Spillvattnet värmeväxlas i en separat värmeväxlare på ca 3,5 MW, kopplat till fjärrvärmens returledning och fungerar som förvärmare. En ackumulator är kopplat till nätet för att kunna lagra värme när tillgång på ånga är stor.

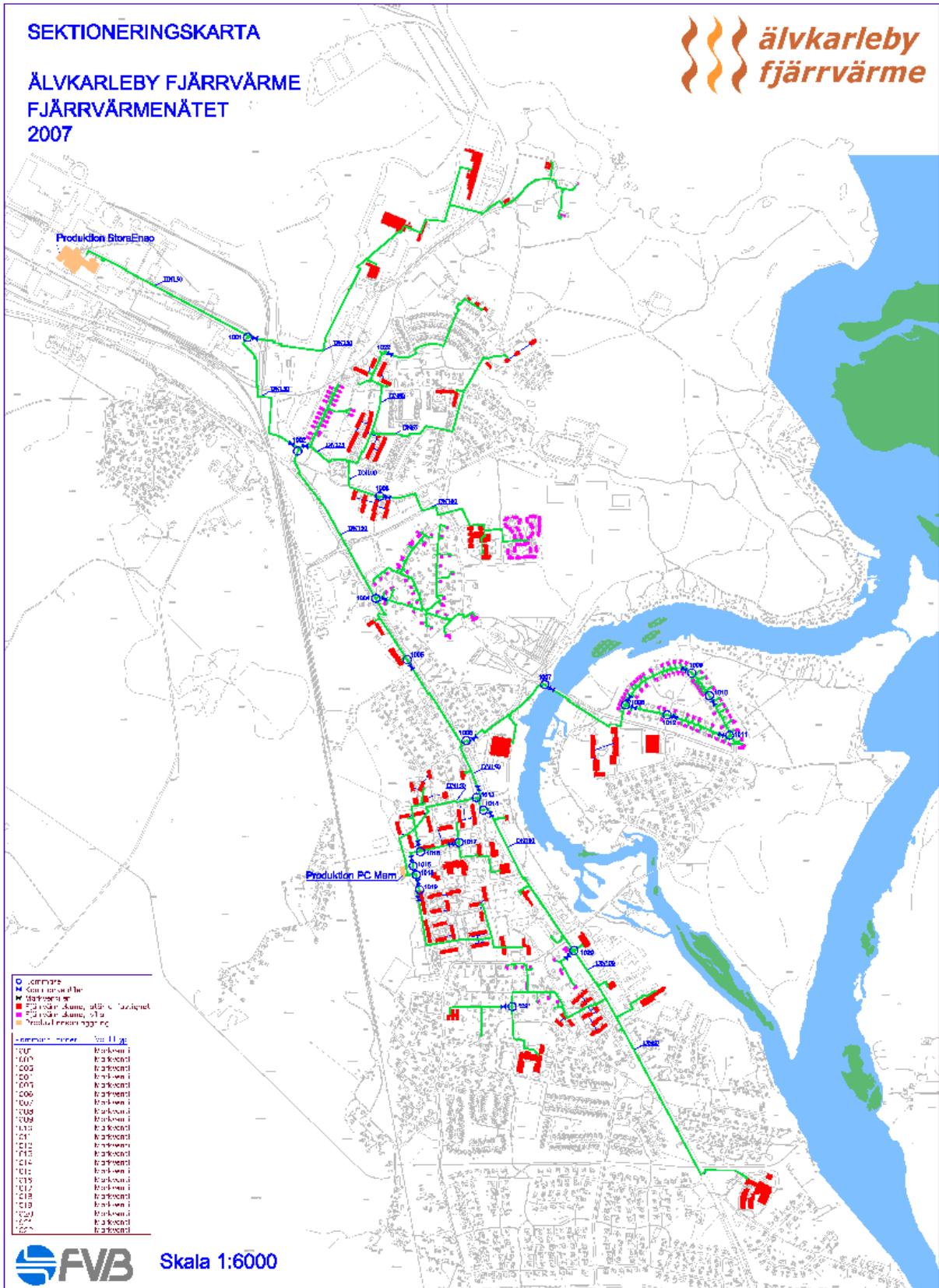
Den högsta temperaturen som skickas ut i nätet är 120 °C vid extremt kalla dagar, snittet ligger på ca 85°C över hela året. Pumpens kapacitet är 50 l/s vid 120 mvp (1176 kPa), det innebär att pumpen klarar att kundernas sammanlagda kv-värde utan hänsyn till rörförluster max är 130 (130 m<sup>3</sup>/h). Vid driftstopp eller andra fel i produktionen vid Stora Enso finns 5st oljeeldade hetvattenpannor som kan sättas in, sammanlagt uppgår de till en effekt på närmare 15 MW. Dessa pannor måste ytterst sällan användas, under 2007 användes de en gång för att hjälpa till vid felsökning av värmeläckage.

Årsmedeltemperaturen i Skutskär var 6,8 °C år 2007 och den lägsta uppnådda temperaturen var minus 23,6 °C. Under tiden oktober till april var medeltemperaturen 1,7 °C vilket kräver ca 5 MW från fjärrvärmenätet.

*(Fakta och siffror är tagna från Älvkarleby Fjärrvärma AB: s bokslut 2007 samt från Cecilia Jennehag, teknisk chef.)*

SEKTIONERINGSKARTA

ÄLVKARLEBY FJÄRRVÄRME  
FJÄRRVÄRMENÄTET  
2007



Figur 2: Karta över Skutskärs fjärrvärmenät

## 7 Resultat

Här följer de resultat som framkommit vid beräkningar och studerande av de två lösningsförslagen.

### 7.1 Lösning 1

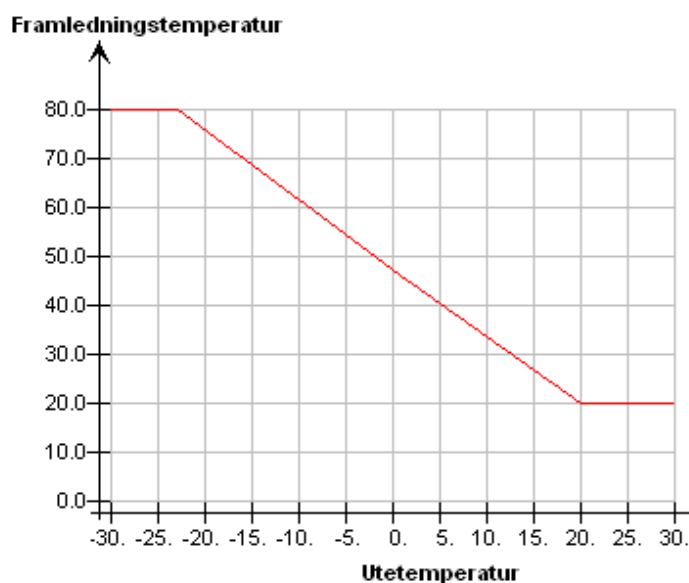
Med hjälp av Klimatprogrammet IDA togs prototyper av olika hus fram. En egen klimatfil togs fram, där temperaturen under ett helt dygn har varit 0 °C. På två timmar sjunker utetemperaturen från 0 °C till -10 °C, sänkningen sker på nattetid mellan kl 01.00 och 03.00. Temperaturförändringen inomhus visas med tre olika typer av utfall. Tanken var att se vad som händer om det i en villa som vanligtvis har 21 °C inomhus tillåts sjunka till 20 °C innan ventilen som styr flödet av vattnet från fjärrvärmeledningarna får öppna upp mer.

I det första fallet visas innetemperaturen om inga restriktioner finns. I fall 2 får ventilen öppna så mycket att systemet skulle klara av en utetemperatur på -5 °C och därefter öppnas mer först när innetemperaturen sjunkit till 20 °C. I fall 3 är värmeförseln den samma som vid 0 °C trots att temperaturen sjunkit till -10 °C och på samma sätt får inte ventilen öppnas mer förrän temperaturen inne sjunkit till 20 °C. I IDA har två olika hus byggts upp, en trävilla och en tegelvilla, för säkerhets skull har ett 80-60 system (fram och returtemperatur i radiatorerna) och ett 55-45 system undersökts för båda villorna. Följande avsnitt visar diagram för en trävilla med 80-60 system, för övriga diagram se bilaga 3. Den tid som de på fjärrvärmecentralen har på sig att skicka ut varmare vatten, innan ventilerna hos kunderna öppnas och det inte är säkert att trycket i ledningarna räcker till, redovisas i tabell 1.

Både trävillan och tegelvillan är på 100 m<sup>2</sup> och diagrammen är tagna från ett typiskt rum i huset. Material och uppbyggnad av väggar, tak och golv redovisas i bilaga 2. För att vara säker på att allt skulle vara rätt i diagrammen var effekten i varje rum tvungen att ställas in så att radiatorerna gick på max vid 21 °C. Detta för att ”lura” programmet lite så att det inte gick att öka på flödet när inte tillräckligt varmt vatten gick ut i radiatorerna.

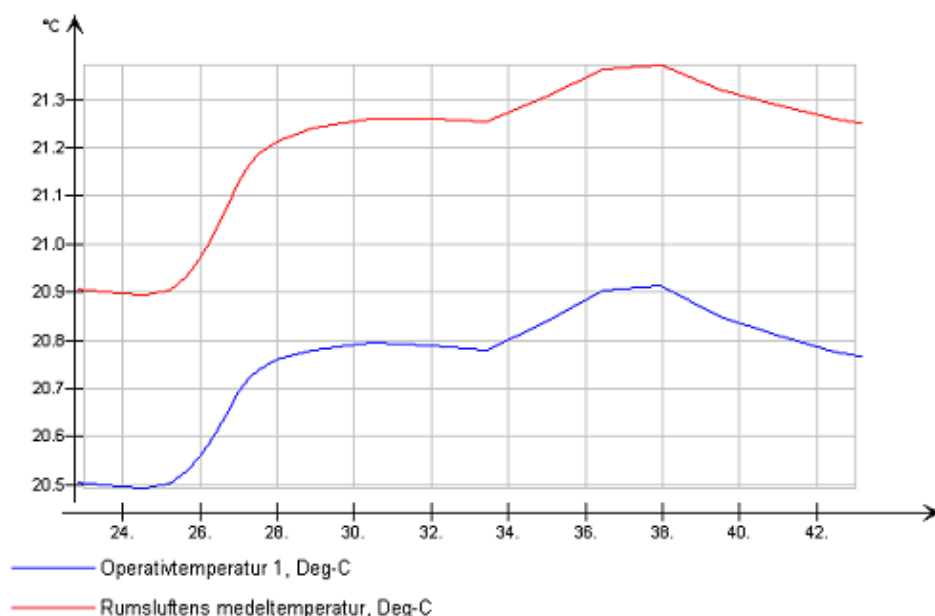
## 7.1.1 Fall 1 80-60 system normal värmeförsel

### Fall 1



Figur 3: Framledningstemperatur fall 1 trävilla

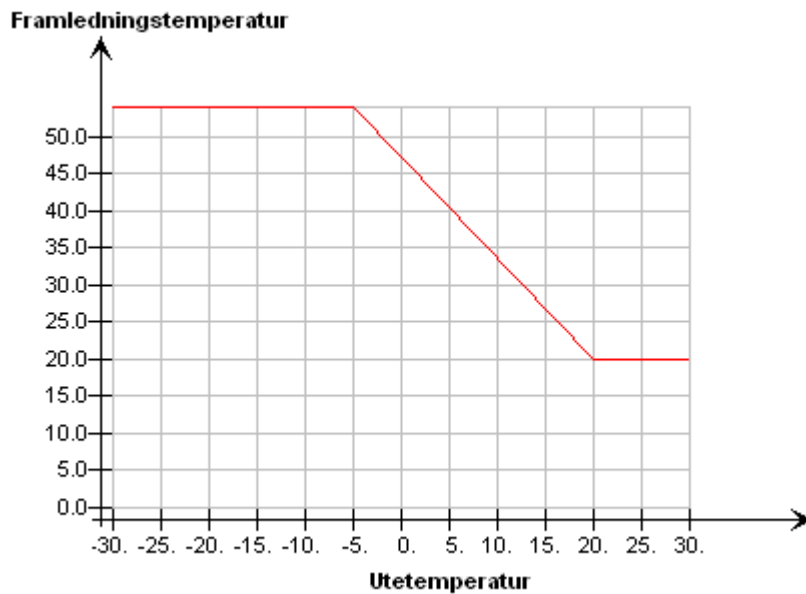
Här visas diagram över hur hög temperatur som skickas ut till radiatorerna i villan om ventilen för fjärrvärmvattnet får öppnas på så sätt som det styrs idag. I figur 4 visas hur innetemperaturen varierar. Mellan timme 25 och 27 minskas temperaturen till  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ , inomhustemperaturen ökar till en början eftersom byggnaden har en viss ”tröghet” då energin i väggen står emot uttemperaturen.



Figur 4: Innetemperatur fall 1 trävilla

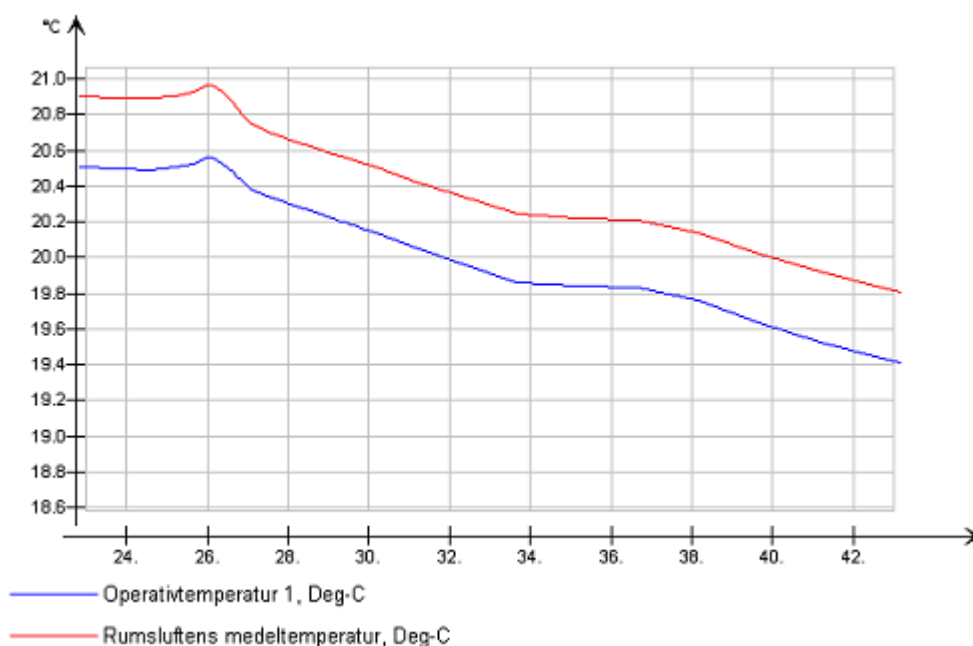
Den andra temperaturstigningen kommer från solinstrålningen dagtid, mot kvällen sjunker temperaturen igen eftersom solen gått ner och energin i väggarna har frigjorts. Om temperaturen fortsätter ligga på  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$  kommer temperaturen hamna i jämvikt runt  $21\text{ }^{\circ}\text{C}$  som det är tänkt att vara.

## 7.1.2 Fall 2 80-60 system något strypt flöde



I fall 2 fick ventilen öppnas så mycket att huset skulle klara av en utetemperatur på  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ . D.v.s.. vattnets temperatur till radiatorerna blir inte högre än  $54\text{ }^{\circ}\text{C}$  trots att utemperaturen är  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Detta visas i figur 5.

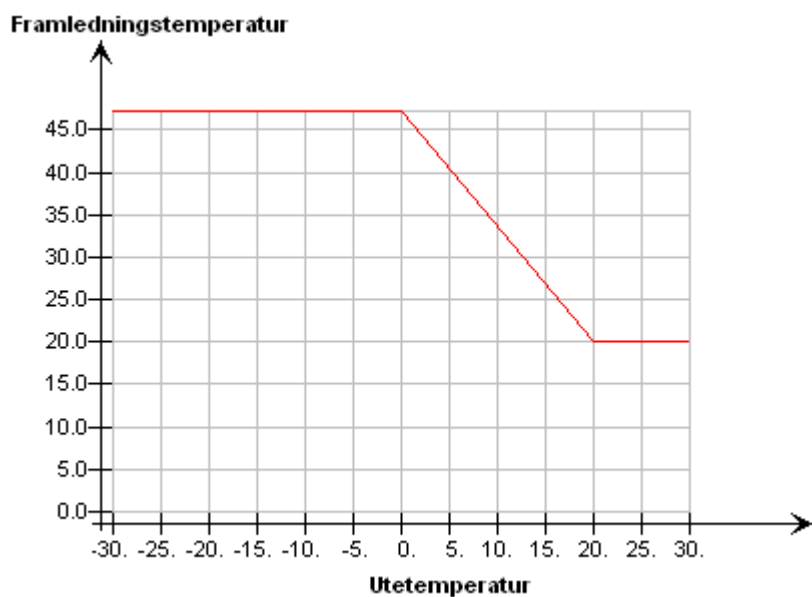
Figur 5: Framledningstemperatur fall 2 trävilla



Figur 6: Innetemperatur fall 2 trävilla

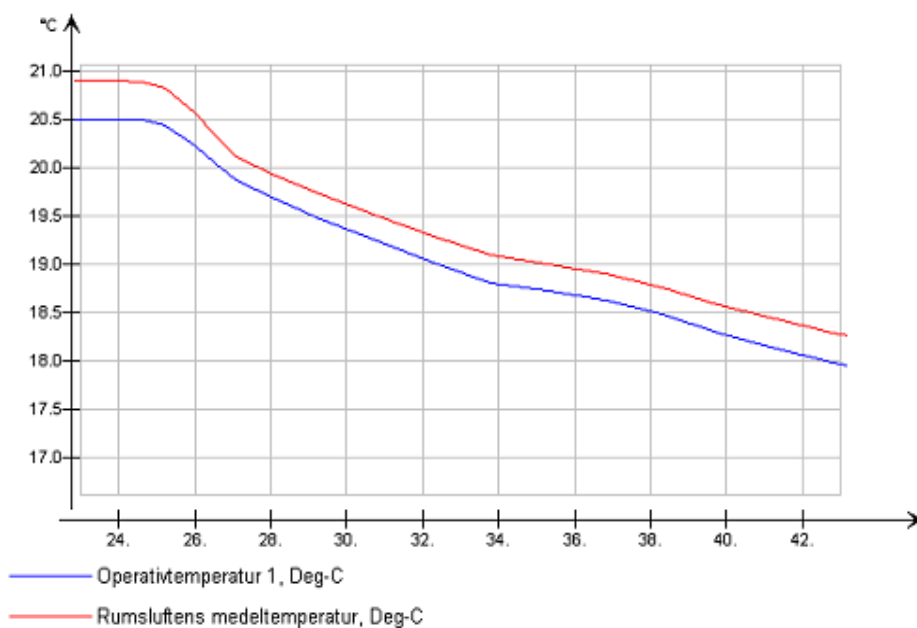
I figur 6 visas hur temperaturen förändras när huset inte får tillräckligt varmt vatten till radiatorerna. Timme 27 är utemperaturen  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$  och vid timme 40 går innetemperaturen under  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ , detta innebär att man på fjärrvärmecentralen har över 13 timmar på sig att hinna upptäcka att temperaturen sjunkit samt hinna skicka ut varmare vatten i ledningarna för att inte ventilerna skall öppna mer än nödvändigt.

### 7.1.3 Fall 3 80-60 system mycket strypt flöde



Figur 7 visar framledningstemperaturen till radiatorerna när ventilen på fjärrvärmesidan inte tillåts öppnas mer än vad den gör vid 0 °C.

Figur 7: Framledningstemperaturer fall 3 trävilla



Figur 8: Innetemperatur fall 3 trävilla

Ur diagrammet i figur 8 kan utläsas att temperaturen är nere på 20 °C redan en halvtimme in på timme 27. Det medför att fjärrvärmecentralen har ca 30 min på sig att skicka ut varmare vatten innan ventilen kommer öppna sig mer.



## 7.1.4 Tider att rätta sig efter i lösning 1

Tabell 1, Tidsåtgång innan temp. är under 20 °C

	Trävilla 80/60 °C	Trävilla 55/45 °C	Tegelvilla 80/60 °C	Tegelvilla 55/45 °C
Fall 2	13 timmar	>16 timmar	>16 timmar	>16 timmar
Fall 3	0,5 timmar	1 timme	0,75 timmar	2 timmar

Resultatet av de olika fallstudierna visar att det blir en stor skillnad i tid om ventilen på fjärrvärmesidan får öppna upp något så att vattnet till radiatorerna blir lite varmare än det är vid en utetemperatur på 0 °C. I tabell 1 ser vi även att ett 55/45 system är bättre än 80/60 system, detta eftersom temperaturskillnaden mellan fram- och returvatten är mindre vilket gör att flödet blir större. Tegelvillan klarar sig bättre vid snabba temperaturförändringar eftersom mer energi lagras i väggar och tak, se kapitel 5.4.

## 7.1.5 Flödesberäkningar och tryckförluster i ledningen

Här presenteras de resultat som framkommit vid beräkning av flöden och tryckförluster. De olika flödena är beräknade med hjälp av de verkliga kv-värden (formel 6) som jag fick fram.

**I rapporten från Stefan Ellmin fanns kv-värden för 20 olika flerfamiljshus dessa var:**

1. 19	6. 31	11. 6,7	16. 3,7
2. 6,7	7. 78	12. 3,7	17. 19
3. 3,7	8. 31	13. 31	18. 12
4. 3,7	9. 19	14. 2,3	19. 2,3
5. 19	10. 12	15. 25	20. 3,7

Med helt öppna ventiler gav det ett sammanlagt flöde på ca 91 l/s vilket kan jämföras med de 50 l/s som pumpen som max kan ge. Det finns 6 st stora avgreningar från fjärrvärmeledningen innan slutstationen som är ålderdomshemmet. I Skutskärs centrum finns flera små avstickare men dessa räknas in till de två stora som i sin tur fick halva flödet av 91 l/s var.

**Om ändringarna är gjorda efter anvisningarna i rapporten är de nya kv-värdena dessa:**

1. 6,9	6. 3,9	11. 6,3	16. 2,8
2. 6,7	7. 11,5	12. 3	17. 19
3. 3,7	8. 31	13. 31	18. 5,1
4. 3,7	9. 3,2	14. 2,3	19. 2,3
5. 2,5	10. 2,5	15. 9,7	20. 3,2

Det ger ett flöde på ca 47,6 l/s med helt öppna strypventiler alltså ca hälften av flödet som krävdes i det tidigare fallet.

De andra avgreningarnas flöden är beräknat ungefärligt med hjälp av befintliga värden för likvärdiga hus, villorna har alla kv-värdet 0,67 m<sup>3</sup>/h. Hur de olika områdena är uppdelade kan ses i bilaga 1. De slutgiltiga flödena för avgreningarna blev:

1. 25,9 l/s (3st villor, 8st flerfamiljshus)
2. 67,9 l/s (49st villor, 30st flerfamiljshus)
3. 10,8 l/s (35st villor, 3st flerfamiljshus)
4. 30,8 l/s (63st villor, 8st flerfamiljshus)
5. 45,5 l/s (10st flerfamiljshus)
6. 45,5 l/s (10st flerfamiljshus)
7. Minst 4 l/s (Ålderdomshem)

Detta skulle kräva ett totalt flöde på 230,4 l/s vid helt öppna ventiler vilket är en omöjlighet att få fram. Med varmare vatten i ledningarna behöver inte ventilerna vara helt öppna, de överdimensionerade ventilerna behöver egentligen aldrig vara helt öppna.

För att få veta hur pass mycket ventilerna får vara öppna för att flödet skall räcka till ålderdomshemmet har flödena i de olika avgreningarna minskats. Alla flerfamiljshus har först fått sina flöden minskade till ungefär hälften eftersom det enligt Stefan Ellmins undersökning inte skulle behöva vara större än så någonsin. Därefter har ventilstorleken minskats lika mycket för alla hustyper. Minskningen har varit med hjälp av trial and error då man vet att det finns vissa rörförluster att ta hänsyn till och att dessa är olika beroende på rörstorlek och flöde.

Flödena efter att flerfamiljshusen har strypts till hälften:

1. 13,2 l/s
2. 38,7 l/s
3. 8,8 l/s
4. 21,4 l/s
5. 22,8 l/s
6. 22,8 l/s
7. minst 4 l/s

Det totala flödet som nu skulle krävas är 131,7 l/s och det finns inte att tillgå. Pumpen klarar 50 l/s vilket medför att flödet innan ålderdomshemmet därför måste krympas från 127,1 l/s till 46 l/s. Det som måste beräknas är att flödet räcker till och att differenstrycket vid ålderdomshemmet inte understiger 120 kPa.

Resultatet blir att ventilerna måste stängas igen 64 % (84 % för flerfamiljshusen om ventilerna där inte redan är ändrade).

Rörförluster i första rörsträckan vid utskick av 50 l/s, beräknat med *Formel 2*, (fullständiga uträkningar i bilaga 4) är 297 kPa. Rörförlusterna är förluster pga. friktion + 10 %, dessa procent motsvarar engångsförlusterna. Enligt Roland Forsberg är det en normal procentsats att lägga på för att inte behöva räkna ut engångsförlusterna, då dessa skulle vara svåra att få till eftersom det inte finns någon tiktig karta eller förteckning över böjar m.m. Tryck- och flödesberäkningarna i denna rapport har sedan tidigare många uppskattade värden och är mest till för att få en blick över vilken storleksordning det handlar om. Trycket minskar således från 1176 kPa till 880 kPa.

De totala rörförlusterna för hela sträckan är 950 kPa vilket innebär att differenstrycket vid slutstationen blir 226 kPa. Vid höjning av temperaturen kan det vara bra att vara medveten om att det tar ca 1 timme och 10 minuter för det varmare vattnet att nå längst bort (se beräkningar i bilaga 4).

## 7.2 Lösning 2

När det gäller att få till en trådlös lösning för att synkronisera ventilerna har två olika typer av system framkommit, ZigBee och MeshNET. Dessa två har olika fördelar och funktionssätt som beskrivs nedan, argument för att välja det ena eller det andra kan läsas i kapitlet Diskussion.

### ZigBee

ZigBee är en modul som fungerar ungefär som ett trådlöst hemmanätverk, modulen överför och tar emot information via routrar som i sin tur är kopplade mot en huvudcentral. En ZigBee modul klarar att skicka och ta emot data ca 100 meter och kan kommunicera med routern genom andra ZigBee moduler på väg till routern. På så sätt kan t.ex. ett villaområde vara sammankopplat till en och samma router. Routern i sin tur kan skicka information via t.ex. Internet till huvudcentralen. Överföringshastigheten för en ZigBee modul är ca 250 kbit/s och arbetar på ett frekvensband mellan 2400-2500 GHz. Den kräver väldigt lite ström och är därför batteridriven och batteriet kan hålla i upp till 10 år pga. ett effektivt viloläge. Enligt många, t.ex. Ny teknik och prylkoll.se kan ZigBee ses som en arvtagare till bluetooth, fast mycket bättre pga. räckvidden och att den är så energisnål.

### MeshNET

MeshNET är även det ett trådlöst nätverk som går över radiofrekvenser. Räckvidden för en modul av MeshNET typ är upp till 1000 meter och lämpar sig väl för stora trådlösa nätverk. MeshNET-modulen kan liksom ZigBee kommunicera via andra MeshNET-moduler och tack vare den långa räckvidden kan de därför prata med huvudcentralen utan mellanenheter om avstånden inte blir allt för stora. Ibland kan dock mellancentraler behövas om det blir allt för många moduler i nätet. Med MeshNET är överföringshastigheten hela 4800 kbit/s och data överförs på frekvenser mellan 869 400 – 869 650 MHz. En MeshNET-modul kräver ström, 230 volt och 6 Ampere för att fungera och klara både en- och trefas system.

Både ZigBee- och MeshNET-moduler kan alltid skicka vidare och ta emot information men skickar endast egen information vid tillfrågan från huvudcentralen. Det vill säga modulen läser av och skickar iväg information om det aktuella värdet, exempelvis en temperatur, när huvudcentralen skickar frågan till just den modulen. På så sätt slipper man problemet att t.ex. 4000 st moduler försöker skicka sin information samtidigt.

## 8 Diskussion

### 8.1 Lösningförslag 1

Till att börja med vill jag säga att när man tittar på resultatet av lösningförslag 1 så ska man veta att flertalet siffror har varit många antaganden, dock rimliga sådana så resultatet av rapporten kan vara till underlag för mer noggranna beräkningar. Eftersom fakta har varit extremt svåra att få tag i så fick det bli på det viset.

Jag är själv väldigt nöjd med lösningförslag 1 eftersom jag kom på att ventilerna skulle kunna styras med en extra givare och att det är något som inte redan är praktiserat på andra håll. Visst kanske det finns lite frågetecken men om det skulle fungera tror jag att det skulle vara en väldigt bra approximation.

Det är lite svårt att jämföra det som arbetats fram i IDA med hur stor öppningsgrad ventilerna bör ha, eftersom jag inte vet exakt hur stort flöde som behövs för att värma ett hus vid  $-10^{\circ}\text{C}$ . Något som däremot är lätt att förstå är att fall 3 inte är att tänka på. Det tar över en timme för vatten att nå ålderdomshemmet och får ventilen bara vara öppen för att klara  $0^{\circ}\text{C}$  måste vatten till en trävilla komma inom 30 minuter.

Något annat som kom fram vid beräkningarna av tryckförluster är att ledningarna är helt feldimensionerade för att ha en pump som klarar 50 l/s. Rören borde vara betydligt större än 150 mm eftersom förlusterna per meter är hela 300 Pa/m. Helst ska friktionsförlusterna inte vara mycket mer än 100 Pa/m enligt Roland Forsberg. I just detta fall gick det dock bra att hålla differenstrycket, förhoppningsvis blir de inte heller några problem i avgreningarna, dessa kontrollerades inte pga. all osäkerhet med hur stort flöde som går till varje hus.

Den största fördelen med detta system är att det egentligen bara behövs en extra givare i varje hus som tillåter ventilerna att öppnas lite till. Utomhusgivaren ställs in så att ventilerna får öppnas till max 36 %, om varmare vatten inte skickas ut under den tid det tar för temperaturen att sjunka en grad så går innetemperaturgivaren in och tillåter ventilen att öppnas mer. Förhoppningsvis ska fördröjningen göra att ventilerna aldrig behöver öppnas utan att fjärrvärmecentralen hinner märka temperatursänkningen och skicka ut varmare vatten.

## **8.2 Lösningsförslag 2**

Jag har kommit fram till att när det gäller trådlösa nätverk är MeshNET den bästa lösningen. Detta har jag kommit fram till både genom att lyssna på kunniga personer samt tagit fram fakta om både ZigBee och MeshNET. Den avgörande faktorn är räckvidden, eftersom att Zigbee endast har en räckvidd på ca 100 m och detta i fri sikt så känns det som ett nätverk som kan vara lite riskabelt att använda. MeshNET har en räckvidd på 1000 m och det blir den avgörande faktorn även om ZigBee har den fördelen att kunna vara batteridriven. En annan sak som jag tycker är viktig att tänka på är att man med MeshNET i många fall kan slippa ha mellancentraler fram till huvudcentralen vilket ger färre komponenter som kan fela.

Vad gäller pris så säger Niclas Luthman på Tritech att modulerna kostar ungefär lika mycket att köpa in, ca 600-700 kr per modul vid köp av 200 st. Däremot är MeshNET dyrare att ha i drift eftersom den kräver ström. Enligt Niclas används MeshNET också för fjärravlästa elmätare som även de kan sitta i källare och på undangömda platser så därför känns MeshNET som ett säkrare alternativ. Jag har även funderat på möjligheterna att skicka signalen över GSM-nätet, eftersom jag vet att vissa elmätare läses av på det sättet. Problemet var då att en operatör kommer att ta betalt varje gång information skickas och elmätare läses av max en gång i timmen och i detta fall skulle det behövas betydligt oftare.

Slutsatsen av resultatet som framkom i lösning 2 är att MeshNET är det trådlösa nätverk som jag skulle rekommendera. Det kostar lite mer att ha i drift men det tycker jag att det kan vara värt för att få ett säkrare system.

### **8.3 Jämförelse mellan lösning 1 och lösning 2**

Det är egentligen ganska svårt att jämföra lösning 1 och 2, lösning två appliceras redan på elmätare men lösning 1 har osäkra beräkningar. Med osäkra beräkningar menas inte att de är felaktiga, alla värden som inte fanns är nogg tilltänkta och framtagna med hjälp av fakta om vad som brukar vara "normalt".

Ett trådlöst nätverk blir dyrare att installera än att bara sätta en givare hos varje abonnent, men genom att ha ett trådlöst nätverk kommer alla abonnentcentraler att kunna vara centralstyrda och kunna kommunicera med varandra. Detta genom att skicka information till huvudstationen som sedan skickar ut ny information. Att ha ett trådlöst nätverk på detta sätt kräver viss övervakning eftersom det kan bli stora fel om nätverket inte fungerar som det ska eftersom alla ventiler styrs från samma ställe. Till skillnad från fjärravlästa elmätare, som endast skickar iväg ett värde, skall dessa moduler även styra ventiler.

I lösningsförslag 1 där man i stället har satt in en den extra temperaturgivaren styrs varje ventil enskilt och oberoende av de ventiler som finns i andra hus. Det gör att ett fel kanske inte uppmärksammas lika snabbt men i stället om ett fel uppstår på en givare kommer detta endast påverka det enskilda huset. Blir det fel i ett trådlöst nätverk kan det påverka betydligt fler enheter.

Jag tror ändå att det skulle vara bäst med ett trådlöst nätverk eftersom man på så sätt kan kontrollera alla abonnenters flöden och med hjälp av det och utemperaturen bestämma vilken temperatur vattnet skall ha när det skickas ut i ledningen. Med god övervakning kan även problem och fel upptäckas i tid och kanske med en enkel inställning regleras.

En annan tänkvärd faktor är tidsåtgången som krävs för de olika lösningarna. Vid installation av en ny givare som skall styra ventilen är det en enskild installation för varje hus. För varje hus som får en givare blir det mer flöde som kan skickas vidare till nästa abonnent. Det går lätt att avbryta och återuppta installationsprojektet. Med ett trådlöst nätverk är det många fler delar som behöver installeras och allt skall vara sammankopplat, utan att alla obligatoriska delar är inkopplade märks ingen skillnad i nätet. Detta tar naturligtvis lite längre tid att få till och det blir svårare att avbryta projektet mitt i.





## 9 Slutsats

Som slutats av resultat och diskussion har dessa slutsatser dragits:

- Om samma temperatur och flöde från fjärrvärmens kommer till en trävilla vid  $-10\text{ °C}$  som vid  $0\text{ °C}$  kommer temperaturen i husen bli för låg på bara 30 minuter. Om det i stället kommer samma temperatur vid  $-5\text{ °C}$  som vid  $0\text{ °C}$  tar det över 15 timmar innan temperaturen blir för låg inomhus.
- Om max flöde skickas ut i fjärrvärmenätet får ventilerna vara öppna till max 34 % vilket tyder på att ventilerna är onödigt stora. Eftersom det inte kan skickas ut större flöde borde i stället ventilerna vara mindre och temperaturen i ledningen högre.
- Ledningen är feldimensionerad eftersom max flöde ger friktionsförluster på ca 300 Pa/m när 100 Pa/m är ett bättre riktvärde att hålla sig kring.
- Det tar ca 2 timmar för en temperaturhöjning att nå till slutstationen ålderdomshemmet om ventilerna är öppna 34 %. Detta visar på att man bör skicka ut varmare vatten innan temperaturen ute har sjunkit mer än  $5\text{ °C}$ .
- Tryckförlusterna i ledningen uppgår till 950 kPa, differenstrycket i ledningen blir inte mindre än 120 kPa vid ålderdomshemmet.
- MeshNET är en bättre lösning på trådlöst nätverk än ZigBee pga. räckvidden.
- Ett trådlöst nätverk känns som det bästa men dyraste alternativet. Detta eftersom det blir lättare att ha en överblick av all användning, felsökningen blir lättare och ventilernas öppningsgrad kan lätt kontrolleras och manipuleras.
- Ett trådlöst nätverk är mer komplicerat att installera och tar längre tid innan ett resultat av installationerna kommer att märkas.



## 10 Fortsatta studier

Det är många finslipningar som skulle kunna göras med mer tid, t.ex. ta reda på verkliga värden för kv och förbrukning. Man skulle kunna titta på exakt hur alla avgreningar påverkas och göra mätningar i verkligheten. Projektet just nu är utfört för ett nät som fungerar som Skutskärs fjärrvärmenät, men med mer exakt information om abonnenterna skulle det ganska lätt kunna ändras om för att verkligen visa hur det skulle bli just i Skutskär.

Om man vill kunna applicera någon av lösningarna på Skutskärsnätet finns egentligen bara ett sätt att börja på. Det är, som jag nämnde i utvärderingen, att kartlägga hela nätet så att alla detaljer blir dokumenterade. Jag tror att det även kan vara något bra för Älvkarleby Fjärrvärme som äger Skutskärsnätet eftersom det kan underlätta för utbyggnad m.m. Det jag skulle ha gjort är att märka ut på olika kartor exakt vilken storlek på rör som ligger i marken och kv-värden och medeleffektförbrukning hos varje kundanläggning.

En annan sak som skulle kunna göras är att ta fram riktiga kostnadsförslag för att sätta in nya givare hos alla kunder respektive installera ett fullständigt trådlöst nätverk. Även kostnadsförslaget skulle vara lättare att ta fram med bättre dokumentation om nätet. Självklart hade en ungefärlig kostnad kunnat tas fram men den tiden fanns inte i detta projekt. Jag koncentrerade mig i stället mest på de bitar som innehöll energi.

Något som också kunde ha varit intressant att undersöka är hur pass öppen trävillans ventil är vid 0°C. Det enda vi vet nu är att det måste komma varmare vatten inom 16 timmar för att temperaturen inte skall sjunka för mycket inne. Eftersom ventilen får öppnas max 36 % kan man även mäta hur kall utetemperatur det får vara där om inte temperaturen på vattnet höjs.



# 11 Referenser

## Böcker

Energi teknik del 1, Henrik Alvarez, 1990, tredje upplagan (sid. 31- 36)

VVS, tabeller och diagram, VVS-tekniska föreningen, 1974, (sid. 9:42)

## Forskningsartiklar

Global warming and developing countries, Yasuhiro Murota och Kokichi Ito, 1996

Solar power and climate change policy in developing countries, Thomas E Drennen, Jon D Erickson och Duane Chapman, 1996

Regional energy system optimization – Potential for a regional heat market, Magnus Karlsson, Alemayehu Gebremedhin, Sofia Klugman, Dag Henning och Baram Moshfegh, 2008

District heating and energy efficiency in detached houses of differing size and construction, Anna Joelsson och Leif Gustavsson, 2008

Influencing Swedish homeowners to adopt district heating system, Krushna Mahapatra och Leif Gustavsson, 2008



## 12 Källförteckning

### Böcker

VVS-system/Inneklimat, Reglerhandboken, Per-Göran Persson, 1994

Ventilhandbok, Teori och praktik, Hans Palmertz, 1993

Uppvärmningsteknik 2, Bernt Forsberg, 1972

### Webbsidor

<http://www.tritech.se/>

[http://www.vetlanda.se/download/18\\_fc8f48a118142e02e180003101](http://www.vetlanda.se/download/18_fc8f48a118142e02e180003101)

### Rapporter

Tekniskt bokslut (2007) Skutskärnsnätet

Nätets överföringskapacitet (Skutskär) (Stefan Ellmin)

Inventering och effektivisering av Skutskärs Fjärrvärme (Stefan Ellmin)

### Personer

Roland Forsberg, Handledare HiG

Stefan Jonsson, FVB Sverige AB (handledare)

Mathias Cehlin, Doktor i energi på HiG

Stefan Ellmin, FVB Sverige AB

Cecilia Jennehag, Älvkarleby Fjärrvärme

Niclas Luthman, Tritech





## 13 Bilagor

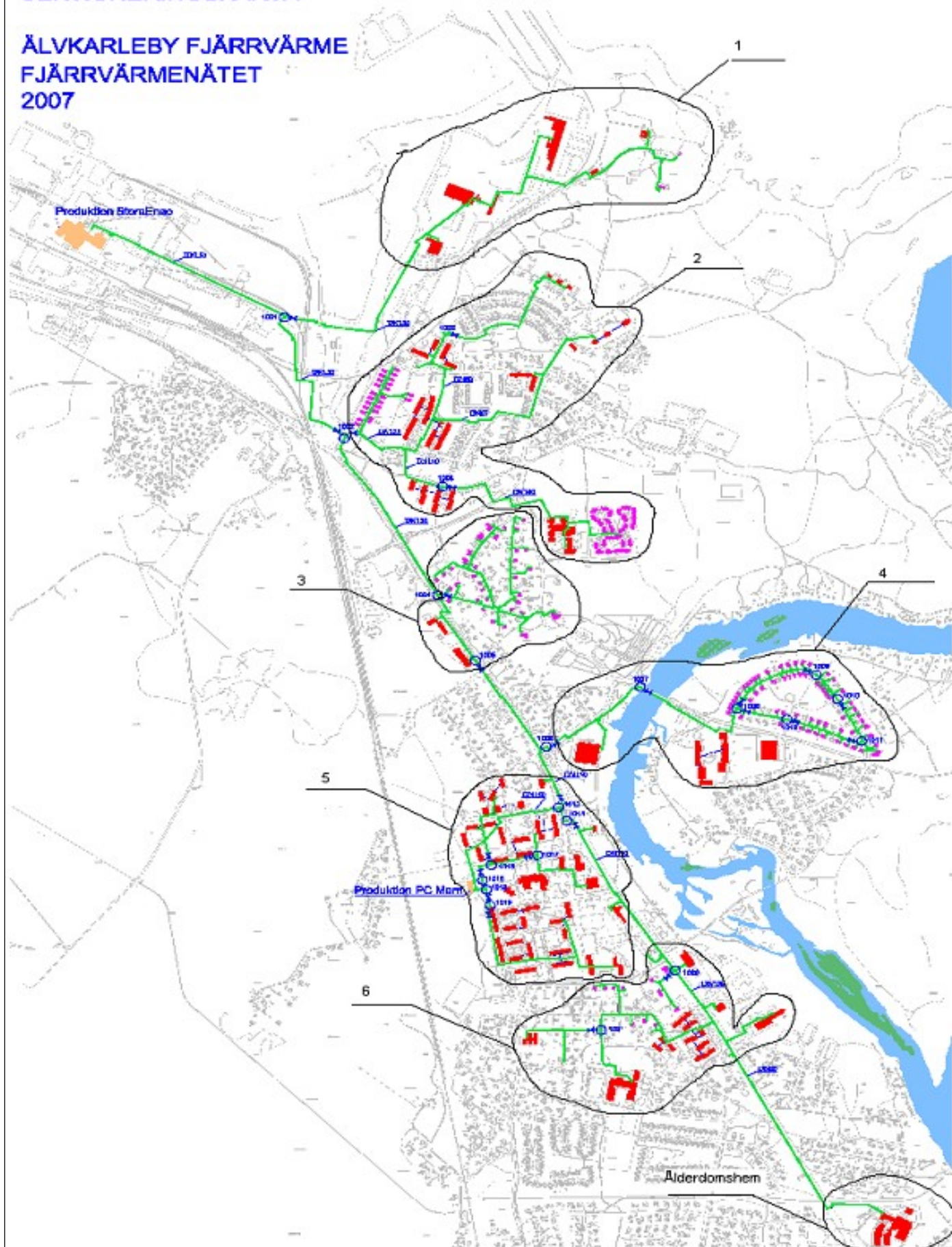
Bilaga 1	Områdesuppdelning Skutskärnsnätet	1 sida
Bilaga 2	Materialbeskrivning för trä-, respektive tegelvilla	1 sida
Bilaga 3	Diagram för tegelvilla	5 sidor
Bilaga 4	Beräkningar tryckförluster m.m.	1 sida



Bilaga 1 Områdesuppdelning Skutskärnsnätet

SEKTIONERINGSKARTA

ÄLVKARLEBY FJÄRRVÄRME  
FJÄRRVÄRMENÄTET  
2007





## Bilaga 2 Materialbeskrivning för trä-, respektive tegelvilla

### **Trävilla;**

Takbjälklag: reglar + isolering cc600, trä 22mm, gips 15mm

Väggar: trä 22mm, reglar + isolering cc600 300mm, gipsplatta 26mm, 2-glas fönster

Innervägg: gips 26mm, reglar 45x45, isolering 30mm, gips 26mm

Golv: lättisolering 100mm, betong 100mm, lätt isolering 40mm, spånskiva 16mm

### **Tegelvilla;**

Tak: betong 15mm, reglar + isolering cc600 300mm, gips 25mm

Väggar: tegel 165mm, reglar + isolering cc600, gips 15mm

Innervägg: gips 26mm, reglar 45x45, isolering 30mm, gips 26mm

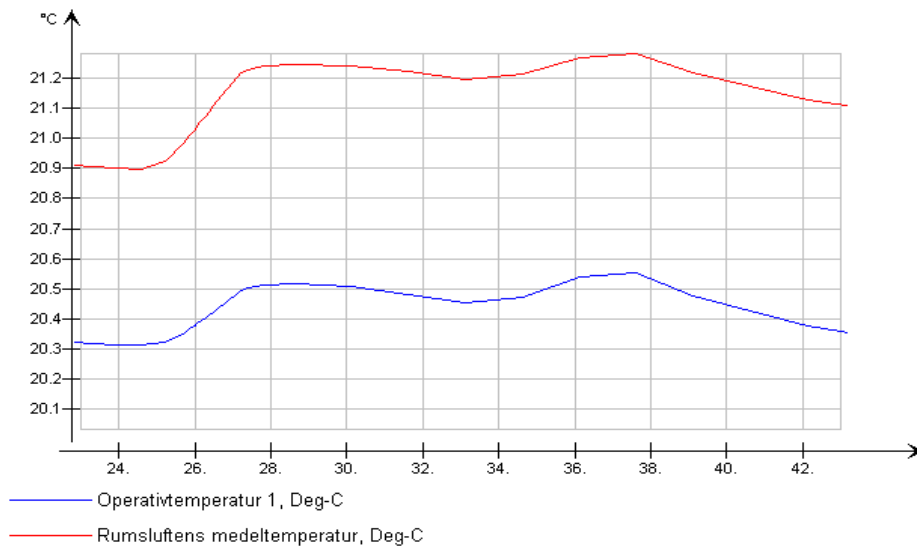
Golv: lättisolering 100mm, betong 100mm, lätt isolering 40mm, spånskiva 16mm



## Bilaga 3 Diagram för tegelvilla

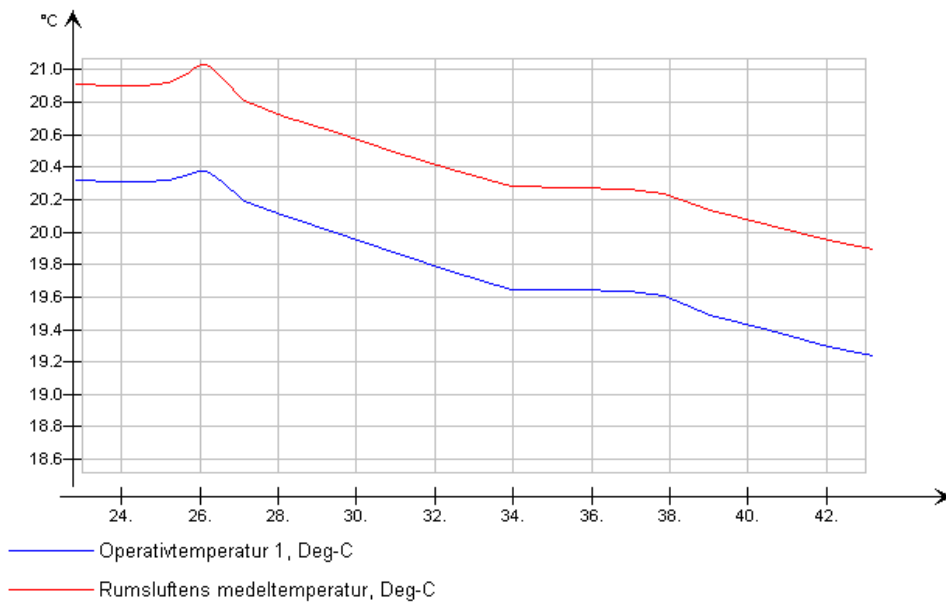
Diagram för innetemperatur vid olika hus och värmeförsel när utetemperaturen sjunker 10°C.

### Trävilla 45-55-system:



### 45-55-system, trävilla

Normal värmeförsel.

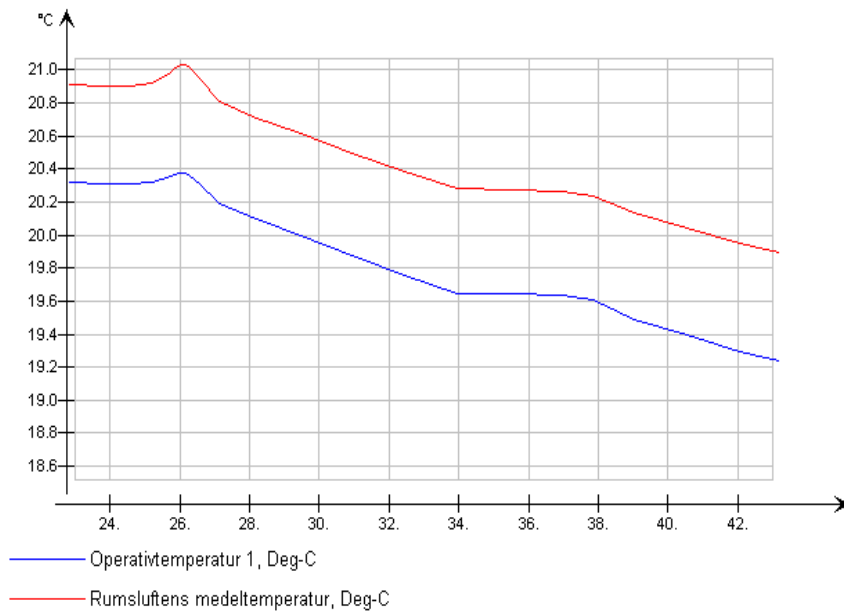


### 45-55-system, trävilla

Värmeförsel som om temperaturen vore 5°C kallare i stället för 10.



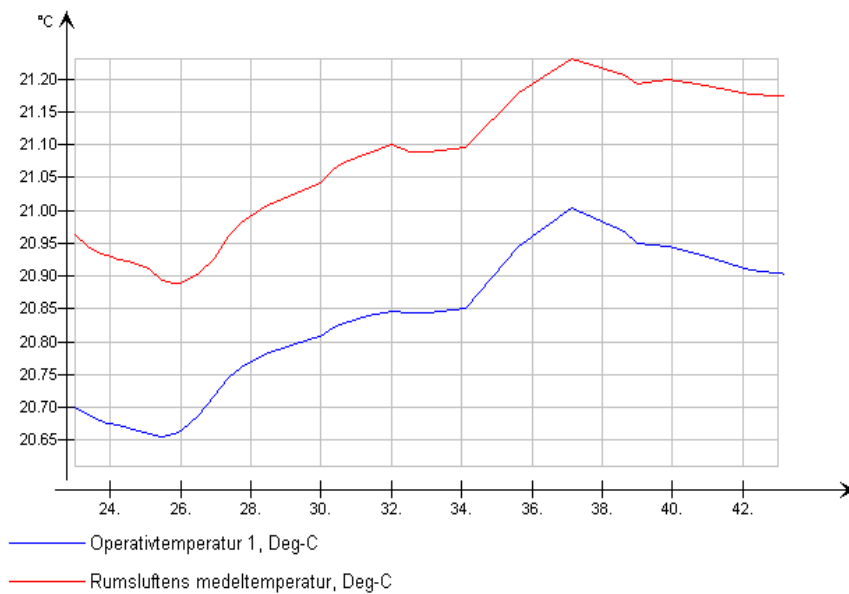




*45-55-system, trävilla*

Värmetillförsel som om temperaturen vore densamma som från början.

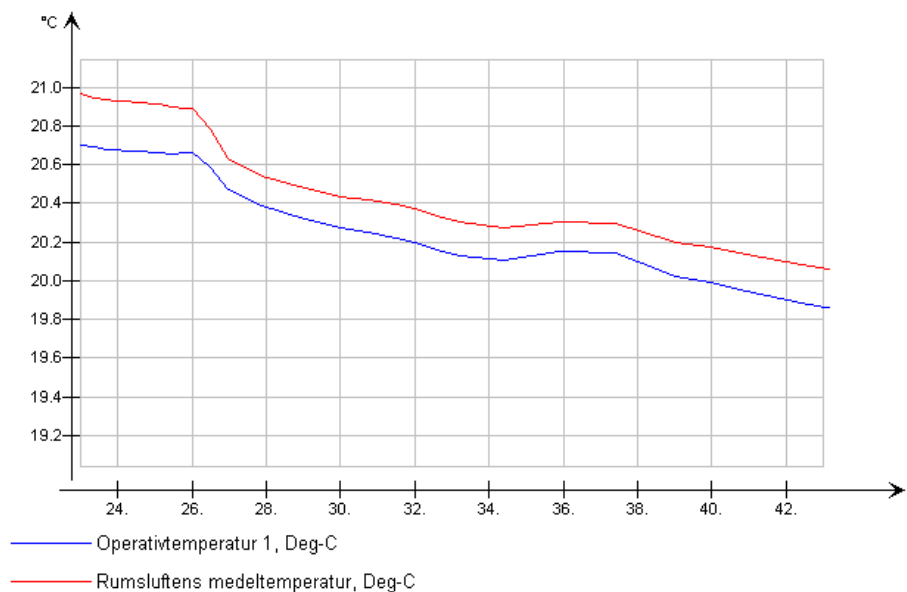
**Tegelvilla 80-60-system:**



*80-60-system, tegelvilla*

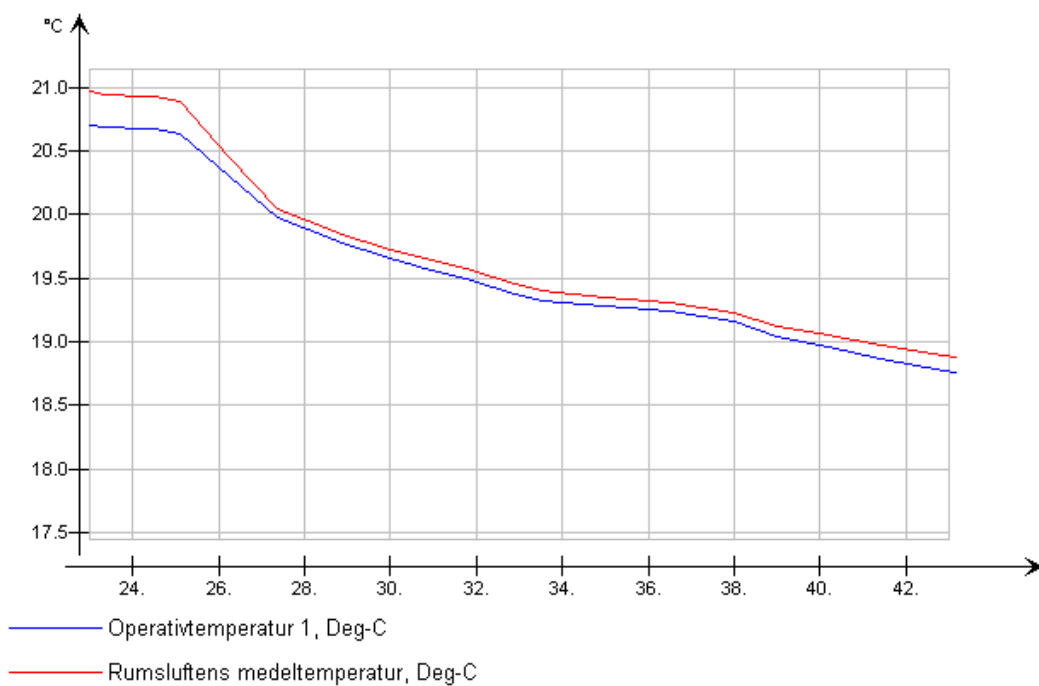
Normal värmetillförsel.





80-60-system, tegelvilla

Värmetillförsel som om temperaturen vore 5°C kallare i stället för 10.

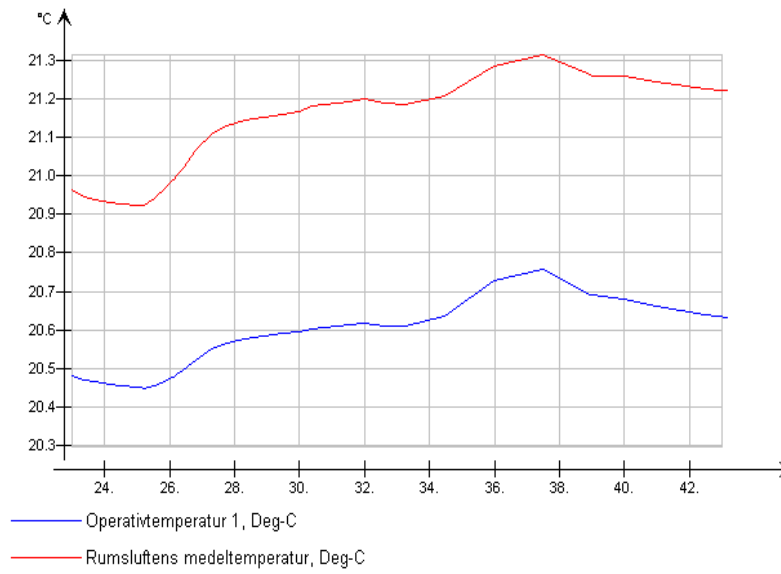


80-60-system, tegelvilla

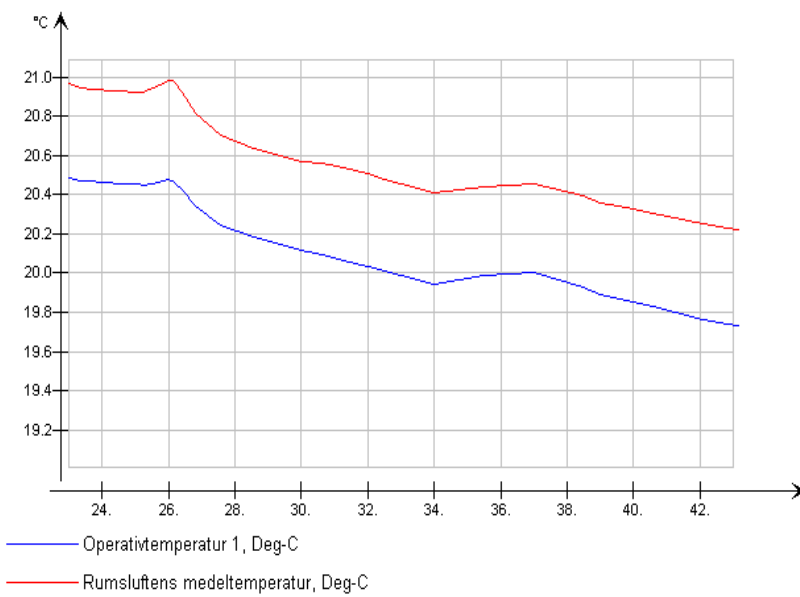
Värmetillförsel som om temperaturen vore densamma som från början.



## Tegelvilla 45-55-system:

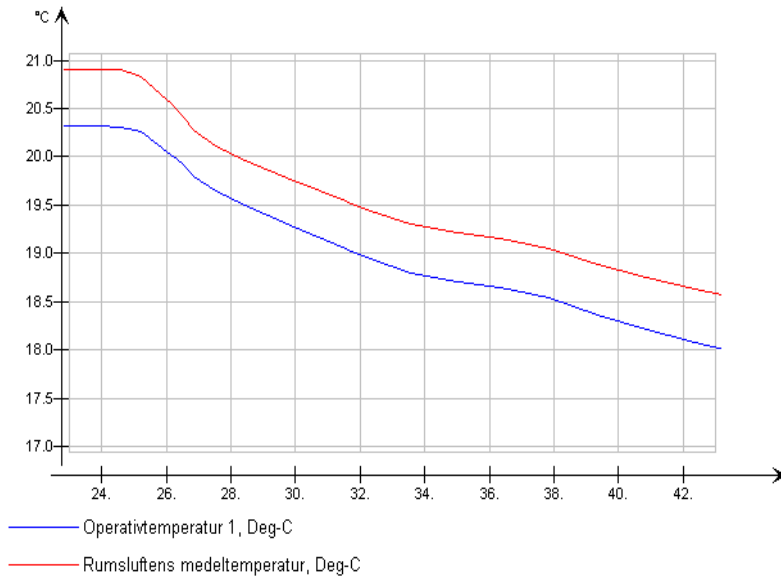


## 45-55-system, tegelvilla Normal värmeförsel.



## 45-55-system, tegelvilla Värmeförsel som om temperaturen vore densamma som från början.





*45-55-system, tegelvilla*  
Värmetillförsel som om utetemperaturen vore densamma som från början.





## Bilaga 4 Beräkningar tryckförluster m.m.

### Tryckförlustberäkningar i fjärrvärmeledningen

	Tillgängligt tryck (kPa)	D (mm)	q (l/s)	L (m)	R (Pa/m)	Förlust pga. friktion (kPa)	Friktion + engångsförluster
Sträcka 1	1176,470588	150	50	900	300	270	297
Sträcka 2	879,4705882	150	45,2	700	250	175	192,5
Sträcka 3	686,9705882	150	31,3	840	120	100,8	110,88
Sträcka 4	576,0905882	150	28,1	840	100	84	92,4
Sträcka 5	483,6905882	150	20,4	300	55	16,5	18,15
Sträcka 6	465,5405882	100	12,2	1260	120	151,2	166,32
Sträcka 7	299,2205882	80	4	1100	60	66	72,6
<b>Totalt</b>			191,2	5940	1005	863,5	949,85

Tryck vid ålderdomshemmet  
= 226,6206

Där:

Friktionsförlusterna är= R/L

Totala förlusterna = R\*L\*1.1 (10 % påslag för engångsförluster)

Beräkning hastighet

	q (m <sup>3</sup> /s)	D (mm)	A(mm <sup>2</sup> )	c (m/s)
start tryck	0,050	0,15	0,018	2,830856
	0,045	0,15	0,018	2,559094
	0,031	0,15	0,018	1,772116
	0,028	0,15	0,018	1,590941
	0,020	0,15	0,018	1,154989
	0,01	0,1	0,008	1,55414
	0,004	0,08	0,005	0,796178

Variabelförteckning:

**A** = Area

**c** =Hastighet

**d** = Diameter

**L** = Längd

**R** = Friktionsförluster

**q** = Flöde

Där:

Hastigheten=q/A

Tidsåtgång "start till mål"

	c (m/s)	L (m)	Tid (s)	Tid (min)
Sträcka 1	2,830856334	900	317,925	5,29875
Sträcka 2	2,559094126	700	273,534292	4,558905
Sträcka 3	1,772116065	840	474,009585	7,90016
Sträcka 4	1,59094126	840	527,989324	8,799822
Sträcka 5	1,154989384	300	259,742647	4,329044
Sträcka 6	1,554140127	1260	810,737705	13,5123
Sträcka 7	0,796178344	1100	1381,6	23,02667
<b>Totalt</b>			4045,53855	<b>67,42564</b>

Där:

Tid(s) = L/c