

Analyse av varmeveksler for uttak av spillvarme fra aluminiumsverk og teknisk/økonomisk konsekvenser for utbygging av fjernvarme ved redusert varmetetthet

Håkon Rødseth

Master i ingeniørvitenskap og IKT

Oppgaven levert: Juni 2009

Hovedveileder: Rolf Ulseth, EPT

Biveileder(e): Håkon Skistad, Sintef

Oppgavetekst

"Oppgaven bearbeides ut fra følgende punkter:

1. Kartlegg konsekvenser ved redusert rørdiametre i rørvarmeveksler.
2. Estimer dagens nivå på varmebehovet for et gitt område av bygninger og sannsynlig reduksjon av varmebehovet fra dagens nivå og frem til 2020.
3. Skisser og dimensjoner et rørnett innenfor det gitte området under pkt. 2. i oppgaveteksten ved dagens varmebehov og ved estimert varmebehov i 2020.
4. Estimer kostnadene per distribuert kWh innenfor det gitte området ved dagens varmebehov og ved estimert varmebehov i 2020.
5. Estimer distribusjonskostnad pr. meter og kWh for en transportledning til det gitte området ved dagens varmebehov og ved estimert varmebehov i 2020."

Oppgaven gitt: 14. januar 2009
Hovedveileder: Rolf Ulseth, EPT

Masteroppgave

for

student

Håkon Rødseth

Analyse av varmeveksler for uttak av spillvarme fra aluminiumsverk og teknisk/økonomisk konsekvenser for utbygging av fjernvarme ved redusert varmetetthet

10.juni-2009

INSTITUTT FOR ENERGI OG PROSESSTEKNIKK
IVT FAKULTETET
NTNU

1. FORORD

Som student ved NTNU har man som obligatorisk masteroppgave i vårsemesteret i 5 klasse. Denne masteroppgaven skal bli skrevet for et institutt. Masteroppgaven kan ha tilknytning en bedrift og en professor innenfor instituttet. Det er skrevet for i et emne innenfor en spesiell fagprofil under instituttet.

Masteroppgaven som jeg har skrevet er for institutt for Energi og prosess teknikk(EPT). Fagprofilen som prosjektet lå under var Energiforsyning og klimatisering av bygninger. Oppgaven jeg valgte het : Mulighetsstudie for utbygging av fjernvarme med spillvarme fra et aluminiumsverk. Hovedveilederen min var Rolf Ulseth og biveilederen het Håkon Skistad.

En takk vil rettes til:

- Håkon Skistad for hjelp og detaljert forklaring på hvordan varmevekslere fungerer vedrørende første del av prosjektet.
- Rolf Ulseth for hjelp og veiledning om fjernvarmedelen av prosjektet.
- Erlend Næss for detaljert forklaring av prinsippet til røykkjelen og forklaring til matematiske modell av røykkjel
- Ivar Ståle Ertesvåg for hjelp med dimensjonering av varmeveksler

Trondheim, 10.06.2009

1 SAMMENDRAG

I denne oppgaven skulle jeg kartlegge de tekniske konsekvenser ved endringer i design av rør varmeveksler for varmegjenvinning og de teknisk/økonomiske konsekvenser for eventuell fjernvarmeutbygging ved redusert varmetetthet.

Spillvarmen som skulle brukes ble hentet fra elektrolysehallen i et aluminiumsverk. Det var 170 ovner i elektrolysehallen. Varmen fra elektrolysehallen gikk ned i rør i kjelleren under hver ovn.

For rør varmevekslere var det 2 alternativer kjølekappe rundt hvert rør til ovn og røykkjel der avgassen fra alle ovnene ble samlet i 4 store varmevekslere. Inntemperaturen til avgassen fra elektrolysehallen til varmeveksler var 400 °C, og uttemperaturen til avgassen ut varmeveksleren i det første alternativet var 235 °C. Innetemperaturen til avgassen fra elektrolysehallen til varmeveksleren var 400 °C mens ute temperatur for røykkjelen var 120 °C.

I begge tilfellene så skulle vannet bli varme opp fra 50 °C til 70 °C. Røykkjelen egnet seg best til dette med dimensjonene: lengde 25 meter, diameter 0,1 meter. Antall rør er 10.

Energien fra varmevekslere ble brukt videre til å dekke energibehovet til byen, både offentlige og private bygg. Det ble sett på 2 tilfeller energibehovet nå og energibehovet i år 2020. Det ble estimert med at energibehovet til byen blir redusert med 30% fra 2008 til 2020 i følge regjeringens Soria Moria erklæring angående energibruk. I byen er det også installert et pellets verk. Dette kan utnyttes til å samle rest energi og bruke dette for å dekke topplasten.

Det totale energibehovet i 2008 var 21692169.2 Kilowatt timer, mens det totale energibehovet i 2020 var 15184518.44 Kilowatt timer.

Rørnettet ble distribuert på en total lengde på 8 km. Rørene ble lagt ned i en perfekt grunnforhold i sand og omtrent 1 meter under jorden. Maksimale trykk som er tillat i rørnettet er 16 bar. 10 meter stigning i terrenget tilsvarer 1 bar. Det høyeste toppen i terrenget var 70 meter. Det høyeste trykket blir derved 7 bar. Temperaturen til nettet ble på 70 C

Rørnettet hadde en optimal diameter på 240 mm og kostnaden per meter ble i 2008 227 kr, mens i 2020 ble kostnaden 248,84 kr per meter. Den totale distribuerte kostnaden ble i 2008 på 1 816 071.664 kr, mens den i 2020 ble den totale distribuerte kostnaden på 1 990 779.649 kr. Kostnaden per Kilowatt timer ble i 2008 på 0,08 kr. Mens den i 2020 ble på 0,13 kr per Kilowatt timer.

For selve anleggskostnadene så ble det betraktning til at investeringskostnadene var 2,5 kr per Kilowatt time. Det medførte at anleggsinvester ble 54 230 423 kr. For anleggskostnadene ble det antatt at man fikk 30 % støtte av Enova. Totale Anleggskostnad ble da henholdsvis 1587177.3 kr i 2008 og 14236694.3 kr i 2020. Dette medførte at i 2008 ble det anleggskostnaden 0,66 kr per Kilowatt time, i 2020 ble anleggskostnaden 0,89 kr per Kilowatt time. Dette medførte at de totale kostnadene per Kilowatt time økte med 30 % når varmebehovet sank med 30 %.

2 SUMMARY

In this thesis surveyed I the technical consequences by changes in design of tube heat exchanger for heat recovery and the technical/economic consequences of eventual district heat by reduced heat density.

The rejected heat that should be used was collected from electrolysis hall in an aluminum plant. There were 170 furnaces in the electrolysis hall. The heat from electrolysis hall went down in tubes to the cellar underneath each furnace.

For the tube heat exchangers, there were 2 alternatives: Concentric tube heat exchangers beneath each furnace and shell-and-tube heat exchanger. There were 4 shell-and-tube heat exchangers that should collect the entire thermal -energy. The inlet gas temperature in both alternatives was 400 °C. The outlet gas temperature in the first alternative was 235 °C. The outlet gas temperature in the second alternative was 120 °C.

In both cases the water should be heated up from 50 °C to 70 °C. The shell-and-tube heat exchanger had the best properties with the dimensions:

Length: 25 meters, shell diameters: 0.1 meters, tube diameters 0.01 meters, number of tubes: 10.

The energy from the heat exchangers where used to cover the energy demand to the city, both public and private buildings. There are 2 cases to be considered: The energy demand today and the energy demand in 2020. According to the “Soria Moria” proclamation the energy demand will be reduced 30 % from 2008 level to 2020 level. In the city there is an pellet plant that can be connected to the tube from the heat exchangers. The pellet pant could used to collect the rest energy from the heat exchanger and cover the top demand.

The energy demand was in 2008 where 21692169.2 kWh, and the energy demand was 15184518.44 kWh in 2020.

The pipe network where distributed on a total length on 8 km. The pipes were laid down to a perfect soil mechanics in sand and approximate 1 meter beneath the ground. The maximum pressure that was allowed in the pipe networks were 16 bars. The highest point in the terrain was 70 meters. 10 meters equal a bar. The highest pressure in the pipe network was 7 bars.

The pipe network had an optimal diameter in 240 mm and in 2008 the cost were 227 kr. per meters, while in 2020 the cost where 248.84 kr. The total disturbed cost where 1816071.664 kr, and in 2020 it where 1990779.649 kr, thus the cost per kWh where 0.08 kr in 2008 and 0.13 kr in 2020.

For the plant cost was there considered that the investment cost were 2.5 kr per kWh. The plant investment was 54 230 423 kr. It was assumed that Enova aided 30 % of the cost. The total plant cost was 1587177.3 kr in 2008 and 14236694.3 kr in 2020. The plant cost per kWh where 0.66 kr in 2008 and 0.89 kr. The total cost per kWh increased with 30 % when the energy demand were reduced with 30 %



MASTEROPPGAVE

for

Stud.techn. Håkon Rødseth

Våren 2009

Analyse av varmeveksler for uttak av spillvarme fra aluminiumsverk og teknisk/økonomiske konsekvenser for utbygging av fjernvarme ved redusert varmetetthet

Analysis of heat exchanger for heat recovery from aluminium plants and technical/economical consequences by developing district heating by reduced heat density

Bakgrunn

Ønsket om å redusere energiforbruket og utslippet av forurensinger fra energiforbruk i samfunnet har resultert i at aluminiumsindustrien vurderer muligheten for varmegjenvinning fra ovngassen. Der forholdene ligger tilrette, vurderes det å benytte varmen ved eventuell utbygging av fjernvarme. I tiden fremover antas det at varmetettheten i områder med bebyggelse vil bli redusert, og dette vil påvirke økonomien i slike prosjekter.

Mål

Hovedmålet med denne oppgaven er å kartlegge de tekniske konsekvenser ved endringer i design av rørvarmeveksler for varmegjenvinning og de teknisk/økonomiske konsekvenser for eventuell fjernvarmeutbygging ved redusert varmetetthet.

Oppgaven bearbeides ut fra følgende punkter

1. Kartlegg konsekvenser ved redusert rørdiameter i rørvarmeveksler.
2. Estimer dagens nivå på varmebehovet for et gitt område av bygninger og sannsynlig reduksjon av varmebehovet fra dagens nivå og frem til 2020.
3. Skisser og dimensjoner et rørrnett innenfor det gitte området under pkt. 2. i oppgaveteksten ved dagens varmebehov og ved estimert varmebehov i 2020.
4. Estimer kostnadene per distribuert kWh innenfor det gitte området ved dagens varmebehov og ved estimert varmebehov i 2020.
5. Estimer distribusjonskostnad pr. meter og kWh for en transportledning til det gitte området ved dagens varmebehov og ved estimert varmebehov i 2020.

--" --

Senest 14 dager etter utlevering av oppgaven skal kandidaten levere/sende instituttet en detaljert fremdrift- og evt. forsøksplan for oppgaven til evaluering og evt. diskusjon med faglig ansvarlig/veiledere. Detaljer ved evt. utførelse av dataprogrammer skal avtales nærmere i samråd med faglig ansvarlig.

Besvarelsen redigeres mest mulig som en forskningsrapport med et sammendrag både på norsk og engelsk, konklusjon, litteraturliste, innholdsfortegnelse etc. Ved utarbeidelsen av teksten skal kandidaten legge vekt på å gjøre teksten oversiktlig og velskrevet. Med henblikk på lesning av besvarelsen er det viktig at de nødvendige henvisninger for korresponderende steder i tekst, tabeller og figurer anføres på begge steder. Ved bedømmelsen legges det stor vekt på at resultatene er grundig bearbeidet, at de oppstilles tabellarisk og/eller grafisk på en oversiktlig måte, og at de er diskutert utførlig.

Alle benyttede kilder, også muntlige opplysninger, skal oppgis på fullstendig måte. (For tidsskrifter og bøker oppgis forfatter, tittel, årgang, sidetall og evt. figurnummer.)

Det forutsettes at kandidaten tar initiativ til og holder nødvendig kontakt med faglærer og veileder(e). Kandidaten skal rette seg etter de reglementer og retningslinjer som gjelder ved alle (andre) fagmiljøer som kandidaten har kontakt med gjennom sin utførelse av oppgaven, samt etter eventuelle pålegg fra Institutt for energi- og prosesssteknikk.

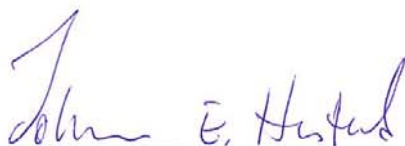
I henhold til "Utfyllende regler til studieforskriften for teknologistudiet/sivilingeniørstudiet" ved NTNU § 20, forbeholder instituttet seg retten til å benytte alle resultater i undervisnings- og forskningsformål, samt til publikasjoner.

Ett -1 komplett eksemplar av originalbesvarelsen av oppgaven skal innleveres til samme adressat som den ble utlevert fra. (Det skal medfølge et konsentrert sammendrag på maks. en maskinskrevet side med dobbel linjeavstand med forfatternavn og oppgavetittel for evt. referering i tidsskrifter).

Til Instituttet innleveres to - 2 komplette, kopier av besvarelsen. Ytterligere kopier til evt. medveiledere/oppvegivere skal avtales med, og evt. leveres direkte til, de respektive.

Til instituttet innleveres også en komplett kopi (inkl. konsentrerte sammendrag) på CD-ROM i Word-format eller tilsvarende.

Institutt for energi og prosesssteknikk, 12. januar 2009



Johan Hustad
Instituttleder



Rolf Ulseth
Faglig ansvarlig/veileder

Medveileder(e)

Håkon Skistad, SINTEF Energiforskning

side2 av 2

INNHold

1.	Forord.....	2
1	Sammendrag	3
2	Summary	4
3	Innledning	8
4	Varmevekslere mellom spillvarme og fjernvarmenett.....	9
4.1	Kjølekappe rundt avgassrør fra elektrolysecellene	9
4.2	Røykkjel.....	14
4.3	Sammenligning	21
5	Brukere av fjernvarme	23
6	Rørnett innenfor det gitte området.....	29
6.1	Abonnenttilkobling	29
6.2	Planlegging og bygging av fjernvarme nett.....	35
7	Optimalisering av rørnett	41
8	Kostnader per distribuert kWh innenfor det gitte området	49
9	Referanser	71

3 INNLEDNING

Denne oppgaven er en fortsettelse av prosjektoppgaven. Forskjellen er at her ser jeg på hva som skjer når varmebehovet blir endret. I tillegg skal jeg optimalisere varmeveksleren.

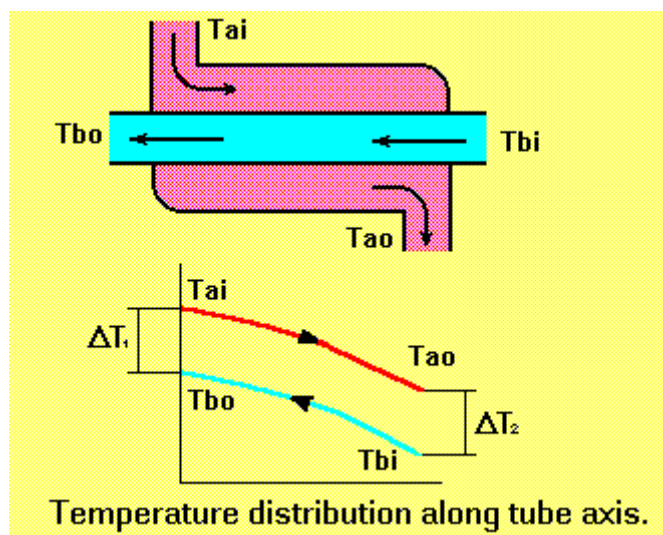
I Norge så er det et stort fokus på alternativ oppvarming. Dette er på grunn av at man ved bruk av alternativ varme forspart energi. Det er dessuten mer miljøvennlig å bruke alternativ oppvarming enn å bare bruke ren elektrisk oppvarming. Dette på grunn av at den billigste importen av strøm som oftest er kullkraft. Så bør man ha en alternativ energikilde til oppvarming.

Fjernvarme bruker alternativ energikilde til oppvarming gjennom å bruke spillenergi fra forskjellige prosessindustrier som for eksempel biobrensel og aluminiumsanlegg. Dette forutsetter at det er nok forbrukere for fjernvarme blir sendt til et helt kollektiv om gangen

Aluminiumsverket som ble brukt som eksempel hadde 170 ovner i elektrolysehallen. Avgassen blir da sugd gjennom et avsugsrør ned til kjelleren under elektrolysehallen. Avgassen som ble ført i kjelleren bestod av for det meste luft men hadde også et lite innslag av CO_2 , HF og SO_2 . Hvis vannet som var i varmeveksleren hadde lavere returtemperatur enn 40, blir CO_2 og/eller HF spaltet i følge Ivar Ståle Ertesvåg.

4 VARMEVEKSLERE MELLOM SPILLVARME OG FJERNVARMENETT

4.1 Kjølekappe rundt avgassrør fra elektrolysecellene



Figur 4.1 Kjølekappe med motstrøms varmeveksling.

Jeg har i begynnelsen av prosjektet begynt å se på muligheten av å bruke varmevekslere fra elektrolysen til fjernvarmenettet. Det første alternativet som her blir diskutert, er varmeveksler med kjølekappe. Denne varmeveksleren består av et indre rør der gassen kommer inn og et ytre rør rundt det indre røret der vannet kom inn. Gassen var det varme mediet som kom inn, og vannet var det kalde mediet som kom inn.

I tillegg skal jeg se hva som skjer med varme - vekslerne når de endret dimensjon og varmeytelsen ble satt til 70 %. Her skulle jeg finne ut hvor stor varmeoverføring som det var på varmeveksleren. Lengden på varmeveksleren som ble testet ut var 5 meter, 10 meter og 15 meter.

Her er temperaturene til gass inn, gass ut, vann inn og vann ut. Middelttemperaturen er også tatt med.

Innkommende gasstemperaturen, $t_{gass\ inn}$ var bestemt på forhånd til å være 400 °C.
 $t_{vann\ ut}$ var bestemt på forhånd til å være 85 °C mens innkommende vanntemperatur, $t_{vann\ inn}$ var bestemt å være 65 °C

For å komme fram til disse resultatene antok jeg at en fornuftig lengde på kjølekappen burde være rundt 10 meter, og dermed prøvde jeg meg med forskjellige temperaturer for gass ut som i utgangspunktet var ukjent

Tabell 4.1 Utgangsdata for beregningene.

$t_{gass\ inn}$	400 C
$T_{gass\ ut}$	235 C
$t_{vann\ inn}$	65 C
$t_{vann\ ut}$	85 C
$t_{g\ middle}$	317.5 C
$t_{v\ middle}$	75 C

Logaritmisk midlere temperatur fant man fra Incorpia/DeWitt/Bergmann/Lavine s 678 (1):

$$T_{lmt} = \frac{(t_{gass\ inn} - t_{vann\ ut}) - (t_{gass\ ut} - t_{vann\ inn})}{\ln \frac{(t_{gass\ inn} - t_{vann\ ut})}{(t_{gass\ ut} - t_{vann\ inn})}} \quad (3.1)$$

Den indre rør diameteren er 150 mm. Mens den ytre diameteren var på 184mm. Selve kappen hadde en bredde/radius på 15mm og derved en hydraulisk diameter på 30mm.

Varmestrømmen ble beregnet på følgende måte:

$$Q = m_{gass} * c_{pgass} * (t_{gass\ inn} - t_{gass\ ut}) \quad (3.2)$$

hvor:

$Q =$	overført varmeeffekt [kW]
$c_{p\ gass} =$	spesifikk varme for gass = 1,0 kJ/kg K
$m_{gass} =$	mengdestrøm gass = 0,176 kg/s
$t_{gass\ inn} =$	temperatur i innkommende gass [°C]
$t_{gass\ ut} =$	temperatur i utgående gass [°C]

som ga

$$Q = 29,0\ kW$$

Når man vet varmen, så kan man også finne vannmassen. Dette gjøres etter følgende formel:

$$m_{gass} * c_{pgass} * (t_{gass\ inn} - t_{gass\ ut}) = m_{vann} * c_{pvann} * (t_{vann\ ut} - t_{vann\ inn}) \quad (3.3)$$

hvor:

$c_{vann} =$	spesifikk varme for vann = 4,2 kJ/kg K
$m_{vann} =$	mengdestrøm vann [kg/s]

Dette gir:

$$m_{vann} = \text{mengdestrøm vann} = 0,176\ \text{kg/s}$$

(Korrigert til hit)

Videre så beregnet man Reynolds tallet ut i fra (8.6)
 Incorpia/DeWitt/Bergmann/Lavine s 488
 :

$$Re d = \frac{4 * m}{(\mu * d * \pi)} \quad (3.4)$$

Tabell 4.2 Reynoldstall.

Red g 54722.872

Red vann 6554.156

Når man hadde funnet reynoldstallet så kunne man finne nusseltallet ved å slå opp prandtel - tallet

Turbulent strømning fant man fra (8.60) Incorpia/DeWitt/Bergmann/Lavine s 514

$$Nu = 0.023 * red^{4/5} * pr^{0.4} \quad (3.5)$$

For laminær strømning

delte man indre diameter med ytre diameter

Di/do og slår opp i tabell for å finne nusseltallet

Tabell 4.3 Nusseltall.

Nu gass 121.979

Nu vann 5.18

Når man har funnet nusselt tallet, kan man finne varmeovergangstallet h. Dette fant man fra (6.48) Incorpia/DeWitt/Bergmann/Lavine s 371

$$h = \frac{Nu * k}{d} \quad (3.6)$$

Der k = varmeledningstallet og d = diameter

K finner man fra tabell

Tabell 4.4 overgangstall for material og fluid.

K gass 0.041 W/m*k

K vann 0.668 W/m*k

H gass 33.504 W/m^2*k

H vann 115.341 W/m^2*k

Overgangstallet U finner man tilslutt ved denne formelen:

$$U = \frac{1}{\left(\frac{1}{h_{gass}} + \frac{t}{k_{material}} + \frac{1}{h_{vann}}\right)} \quad (3.7)$$

Referanse (3.18) Incorpia/DeWitt/Bergmann/Lavine s 100

K stål 60 W/m*k

T matriale 0.002 M

U 25.940 W/m²*k

Lengden fant man på følgende måte i følge Håkon Skistad:

$$L = \frac{q}{(\pi * u * t_{imt} * d)} \quad (3.8)$$

Det maksimale varmen var i følge (11.18) Incorpia/DeWitt/Bergmann/Lavine s 687
:

$$q \max = m * cp * (tgass_{inn} - tvann_{ut}) \quad (3.9)$$

L 10.105 M

Qmax 55.44

%fjernvarme 52.381

%fjernvarme 70

Her er de forskjellige dimensjonene:

Tabell 4.5 lengder og diameter.

L	5	10	15		M
D	0.1	0.15	0.2	0.25	0.3M
Reg	82084	54723	41042	32834	27361
Nu	169	122	97	81	70
H gass	70	34	20	13	10
U	43	26	17	12	9

$$q = u * t_{imt} * A \quad (3.10)$$

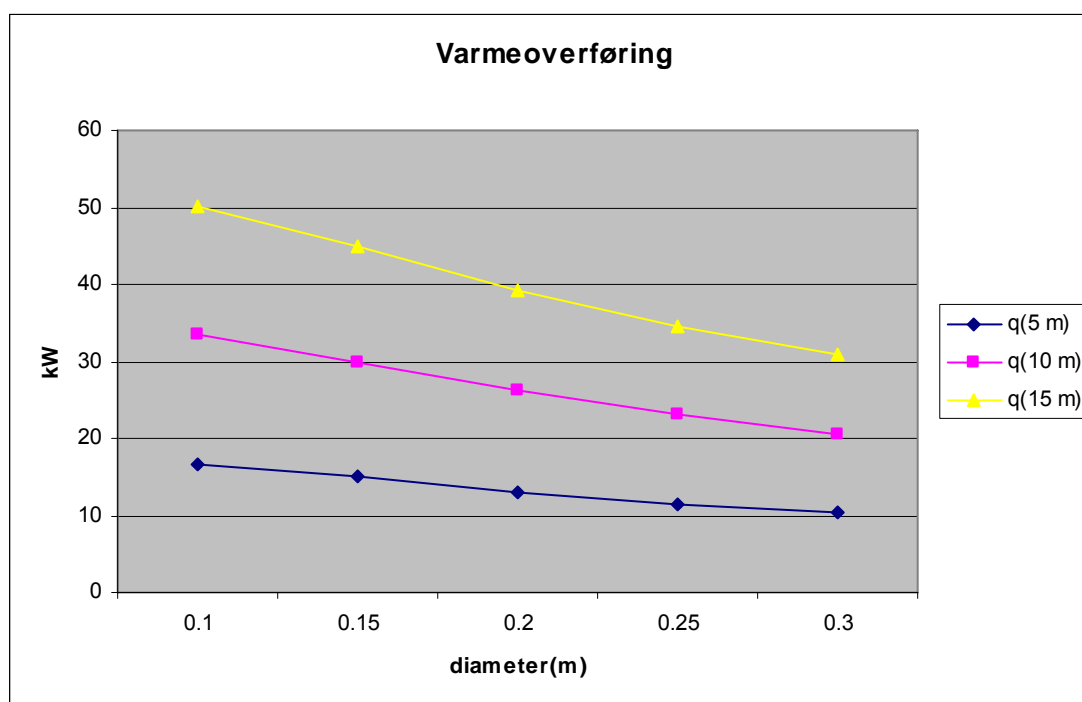
Arealet som ble beregnet var

$$A = l * d * pi() \quad (3.11)$$

5	1.57	2.36	3.14	3.93	4.71 m ²
10	3.14	4.71	6.28	7.85	9.42 m ²
15	4.71	7.07	9.42	11.78	14.13 m ²

Her er de forskjellige varmeovergangene:

Q(5 m)	16.7	15	13.1	11.5	10.3 Kw
Q(10 m)	33.4	30	26.2	23.1	20.5 Kw
Q(15 m)	50	45	39.3	34.6	30.8 Kw



Her er de forskjellige varmeeffektene:

%fjernvarme	29.2	26.2	22.9	20.2	17.9 %
	58.4	52.4	45.8	40.3	35.9 %
	87.6	78.7	68.8	60.5	53.8 %

Konklusjon: varmeovergangstallet var dominert av gassovergangstallet. Dette førte til at varmeovergangstallet var tilnærmet konstant for alle temperaturene som ble utprøvd. Ti meter lang kjølekappe gjorde at man fikk utnyttet over halvparten av varmen.

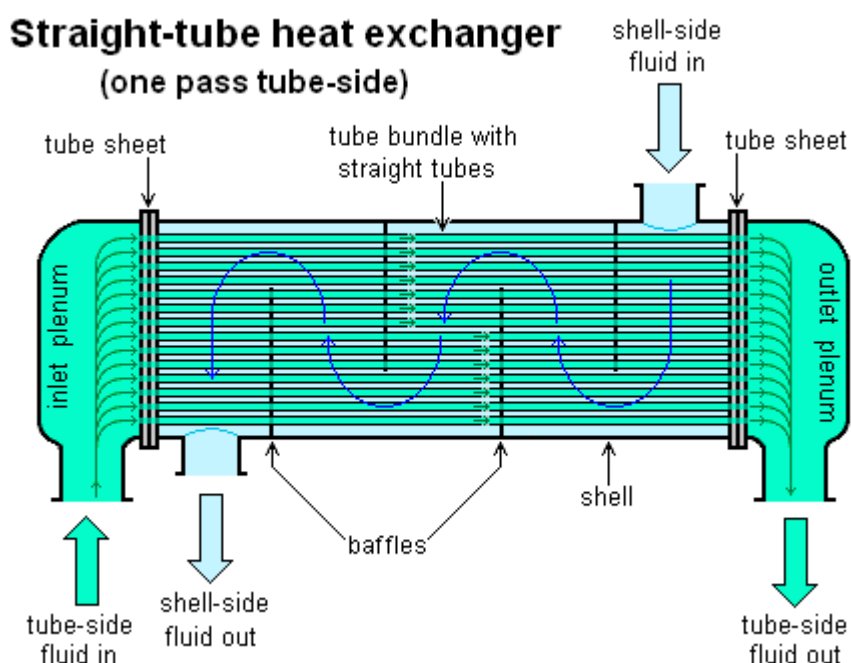
Jo større diameter jo mindre blir varmeovergangen samtidig som varmeovergangen blir større jo større lengde. Endringen skjer tilnærmet lineart.

Ved endring av lengde og diameter på rørene var det lengde 15 meter og diameter 200 mm som ga nærmest 70% virkningsgrad.

4.2 Røykkjel

Det andre alternativet jeg så på, var røykkjel. Denne type varmeveksleren bestod av flere rør som var bundet sammen. Gassen var det varme mediet som kom inn og vannet var det varme mediet som kom inn.

I tillegg skulle jeg se hvordan varmeovergangen endret seg ved å endre lengde og endre rørdiameter.



Figur 2.4.2 Røykkjel. Referanse Wikipedia

Her er temperaturene til gass inn, gass ut, vann inn og vann ut. Middelttemperaturen er også tatt med

Tgass inn var bestemt på forhånd til å være 400 Celsius, tvann ut var bestemt på forhånd til å være 70 Celsius mens tvann inn var bestemt å være 50 Celsius

Etter å ha snakket med professor Erling Næss, fikk jeg vite at gasshastigheten er i gjennomsnitt 15 m/s

Tabell 4.6 Utgangsdata for beregningene.

tvann inn	75 °c
tvann ut	55 °c
Tinn	400 °c
Tut	120 °c
Tmiddel	533 K
To	273 K

Logaritmisk midlere temperatur fant man ut i fra 11.15
Incorpia/DeWitt/Bergmann/Lavine s 678

:

$$T_{lmt} = \frac{(t_{gass\ inn} - t_{vann\ ut}) - (t_{gass\ ut} - t_{vann\ inn})}{\ln \frac{(t_{gass\ inn} - t_{vann\ ut})}{(t_{gass\ ut} - t_{vann\ inn})}} \quad (3.1)$$

Varmestrømmen ble beregnet på følgende måte:

$$Q = m_{gass} * cp_{gass} * (t_{gass(inn)} - t_{gass(ut)}) \quad (3.2)$$

Mgass	7.5 kg/s
Cpgass	1 kj/K*kg
Q	2100 kW

Når man vet varmen, så kan man også finne vannmassen

Dette gjøres etter følgende formel:

$$m_{vann} = \frac{m_{gass} * cp_{gass} * (t_{gass(inn)} - t_{gass(ut)})}{cp_{vann} * (t_{vann(ut)} - t_{vann(inn)})} \quad (3.12)$$

Cpvann	4.2 kJ/K*kg
Mvann	25 Kg/s

Videre så beregnet man Reynolds tallet ut ifra 8.1 Incorpia/DeWitt/Bergmann/Lavine s 678:

$$Re = \frac{\rho^* u^* d}{\mu} \quad (3.13)$$

Der u i dette tilfellet er gasshastigheten

$$\rho = \rho_0^* \frac{T_0}{T_{\text{middel}}} \quad (3.14)$$

Referanse Håkon Skistad

ρ_0 gass	1.2 Kg/m ³
ρ gass	0.615 Kg/m ³
Ugass	15 m/s
Dtot	0.116 M
Mluft	0.00002822 Kg/s
Re	32670.135

Når man hadde funnet Reynoldstallet så kunne man finne Nusseltallet ved å slå opp Prandtl tallet

Turbulent strømning car i følge (8.60) Incorpia/DeWitt/Bergmann/Lavine s 514

$$Nu = 0.023 * red^{4/5} * pr^{0.4} \quad (3.5)$$

For laminær strømning

Delte man indre diameter med ytre diameter
Di/do og slår opp i tabell for å finne nusseltallet

Tabell A4 Incorpia/DeWitt/Berg/Lavine .

Prluft	0.683
Prvann	2.75
Mluft	0.00002822 N*s/m ²
Mvann	0.0004332 N*s/m ²

Tabell A6 Incorpia/DeWitt/Berg/Lavine .

Nu gass	140.858
Nu vann	11.452

For å finne hvor mange rør det var i hver varme vekslers., delte man alle rørene i likesidede trekant. Alle sidene var derved på 60 grader.
Trekanten bergenes slik:

$$\begin{aligned} \text{hypotenus} &= 1.3 * d \\ \text{trekant} &= (\text{hypotenus} * \sin(60))^2 \end{aligned} \quad (3.15)$$

Referanse Erling Næss

D hovedrør	1.25 M
Side	0.131 M
Trekant	0.009 M

Man fant ut hvor mange rør som var i kjelen, i følge Erling Næss :

$$\text{Antallrør} = \frac{\left(\frac{d_{kjel}^2 * \pi}{4}\right)}{(2 * \text{trekant})} \quad (3.16)$$

Hastigheten til vann ble beregnet på følgende måte i følge Erling Næss:

$$\text{hastighetvann} = \frac{m_{vann}}{\left((\text{side} - d_{rør(ytre)}) * \text{antallrør} * \pi * \frac{(d_{rør(indre)}^2)}{4 * \rho_{vann}}\right)} \quad (3.17)$$

P vann	1000 Kg/m ³
D små rør	0.1 M
T rør	0.016 M
Dtot	0.116 M
hastighet vann	0.042 m/s

tettheten finner man slik:

$$\rho = \rho_0 * \frac{T_0}{T_{middel}} \quad (3.18)$$

h verdien finner man slik:

$$h = \frac{k * Nu}{d} \quad (3.19)$$

H gass	102.962 W/m ² *k
Hvann	516.565 W/m ² *k
U	46.947 W/m ² *k

U verdien finner man slik ut i følge (3.31) Incorpia/DeWitt/Bergmann/Lavine s 118:

$$U = \frac{1}{\left(\frac{1}{h_{vann}} + \frac{d_{ytre}}{(2 * k_{stål})} * \ln\left(\frac{d_{ytre}}{d_{indre}}\right) + \left(Rf + \frac{1}{h_{gass}}\right) * \frac{d_{ytre}}{d_{indre}}\right)} \quad (3.20)$$

Kstål=60

Her er Rf er støvkonsentrasjonen og er vanligvis mellom 0,1 og 0. For enkelt skyld har den i dette tilfellet blitt satt til null

Arealet ble beregnet i følge Erling Næss:

$$A = \frac{q}{(t_{lmd} * u)} \quad (3.21)$$

Lengden ble beregnet i følge Erling Næss:

$$l = \frac{q}{U * \pi * t_{Lmd} * d * \text{antallrør}} \quad 3.22)$$

Lmtd	161.547 °c
Areal	276.895 m ²
Lengde	12.241 M

Trykket ble beregnet slik:

$$\Delta P = f * \frac{1}{d} * \frac{(\rho * v^2)}{2} \quad (3.23)$$

Referanse (8 .22 a) Incorpia/DeWitt/Bergmann/Lavine s 491

Fgass	0.02
P gass	0.614 kg/m ³
Gasstrykk	145.94 Pa

% fjernvarme 86.154

Her er alle dimensjonene som blir testet ut:

L	5	10	15	M	
D	0.1	0.15	0.2	0.25	0.3 M

Her er alle antall rør for de forskjellige diametrne:

For å beregne varmeoverføringen ble følgende formel brukt:

$$q = u * t_{lmt} * A \quad (3.10)$$

Dtot	0.116	0.166	0.216	0.266	0.316
------	-------	-------	-------	-------	-------

Side	0.131	0.187	0.243	0.299472	0.356
Trekant	0.00852774	0.017	0.030	0.045	0.063
antall rør	72	35	21	14	10

Hastigheten ble beregnet slik:

$$u = \frac{V * 2}{(d^2 * \text{antallrør} * \pi)} \quad (3.24)$$

Der V=volumstrøm

D= diameter

$$V = \frac{m}{\rho_{gass}} \quad (3.25)$$

Her er de forskjellige hastighetene:

U(m/s)	12.6	11.5	10.8	10.3	10.1
--------	------	------	------	------	------

Her er de forskjellige u -verdiene:

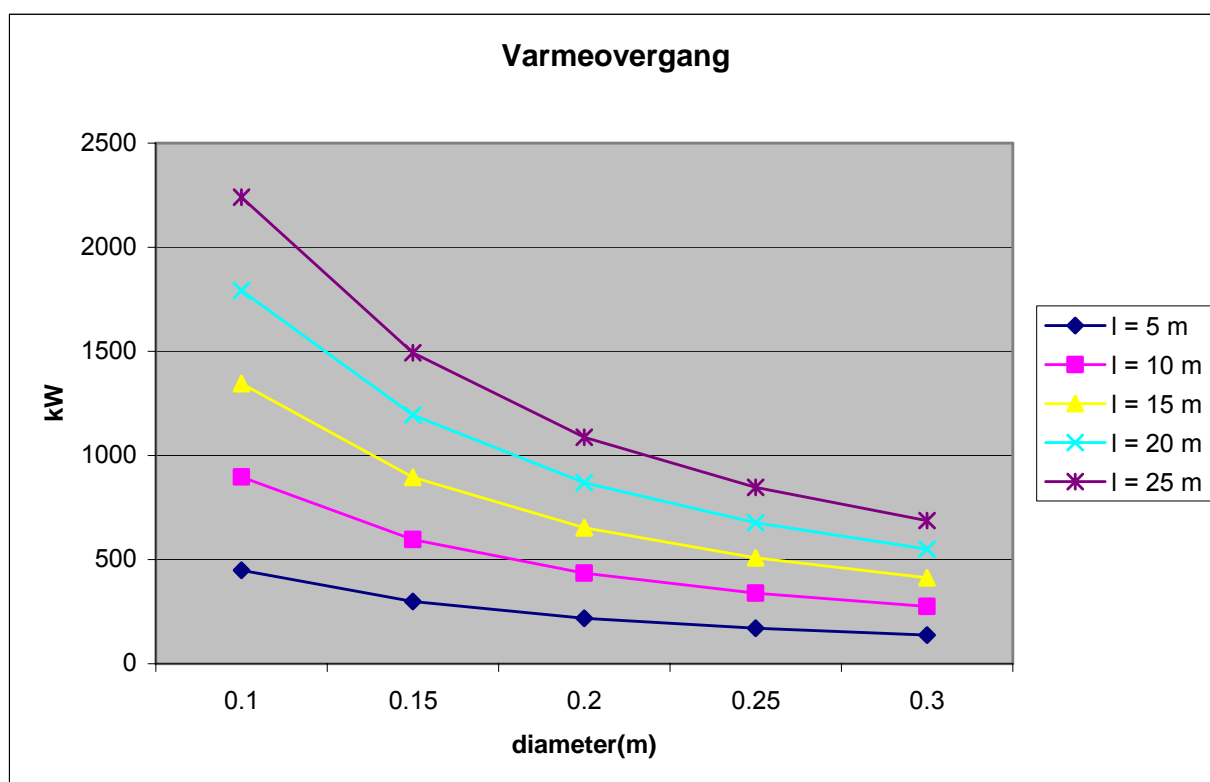
Re	27389	37562	46953	56343	65734
Nu	70	90	108	125	141
H	30	26	23	21	20 W/k
hastighet vann	0.042	0.055	0.068	0.081	0.095 m/s
Re vann	1419	2645	4266	6279	8684
Nu	11	19	28	38	49
Hvann	517	594	669	741	808 W/m ² K
U	25	22	21	19	19 W/m ² K

Her er de forskjellige varmeovergangene:

Q(l=5)	448.2	298.5	217.5	169.3	137.5 kW
Q(l=10)	896.4	597.1	435.1	338.6	275. kW
Q(l=15)	1344.7	895.6	652.6	507.8	412.6 kW
Q(l=20)	1792.9	1194.1	870.1	677.1	550.1 kW
Q(l=25)	2241	1492.6	1087.6	846	687.7 kW

Her er energi effektiviteten:

% fjernvarme(l=5)	18.4	12.3	8.9	6.9	5.6%
% fjernvarme(l=10)	36.8	24.5	17.8	13.9	11.3%
% fjernvarme(l=15)	55.2	36.7	26.8	20.8	16.9%
%fjernvarme(l=20)	73.6	49	35.7	27.8	22.5%
%fjernvarme(l=25)	91.9	61.2	44.6	34.7	28.2%



Konklusjon

Arealet på varme veksleren ble 276.895 m^2 . Dette gjorde at man kunne få 86 prosenten av energien omgjort til fjernvarme.

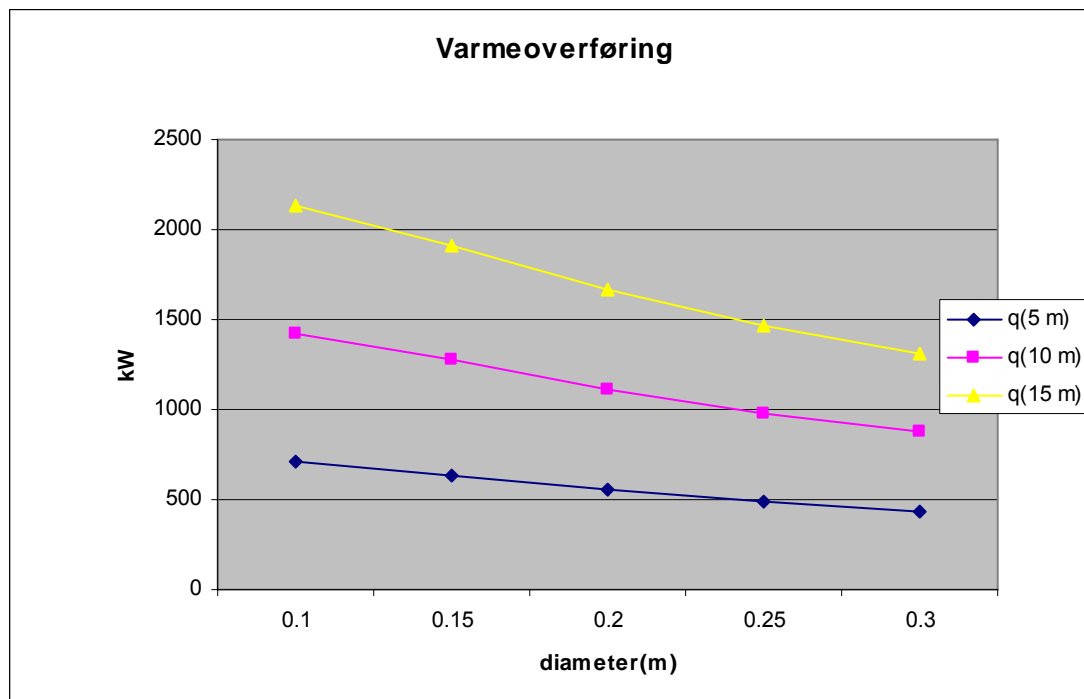
Jo større diameterne blir jo mindre blir energieffektiviteten. Jo større lengden blir jo større blir energi effektiviteten. Antall rør gikk ned med størrelsen på diameteren. Jo større diameter jo færre antall rør. Endringene på kurvene for de forskjellige kurvene endret seg først

Hastigheten ble nå beregnet, og denne hastigheten avviket fra den antatte hastigheten. Hastigheten avtatte i liten grad i forhold til øking av rør diameteren.

Dimensjonene som ga størst virkningsgrad, var lengde 25 meter og diameter 0,1 meter. Virkningsgraden ble da 91,94 %

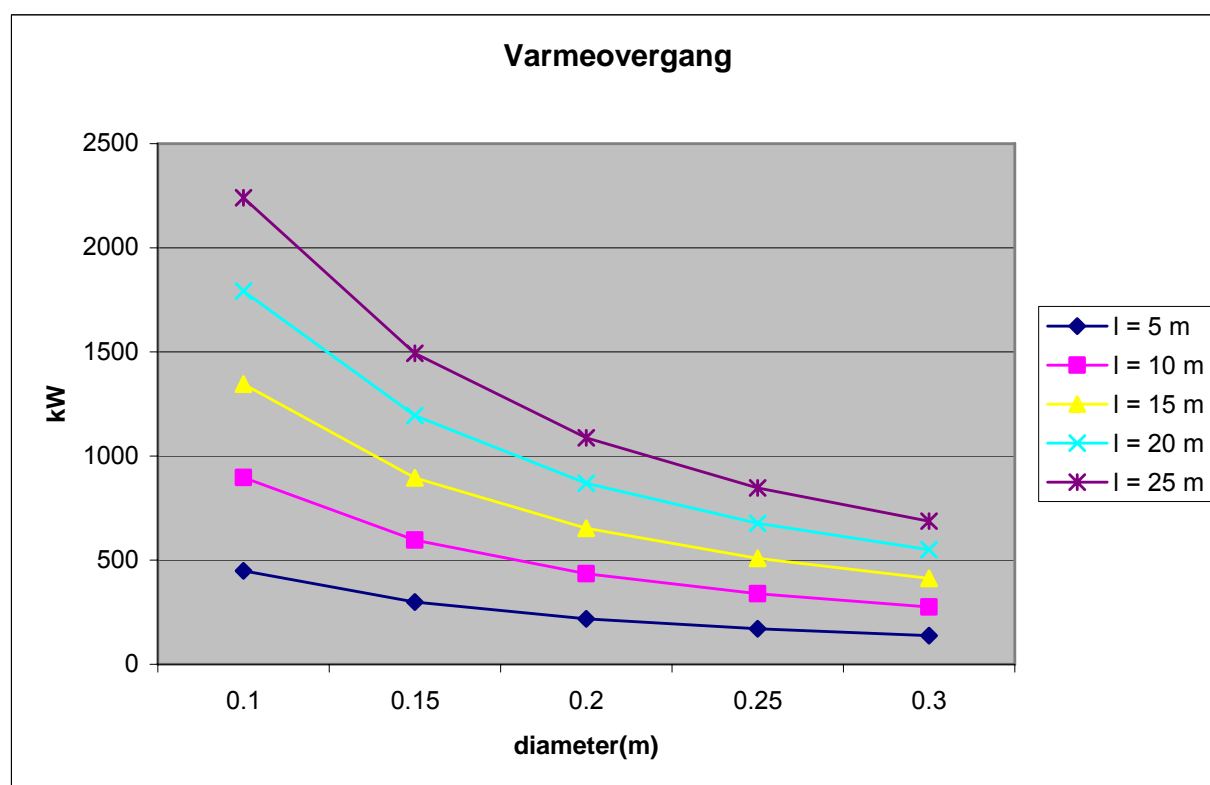
4.3 Sammenligning

Her er kjølekappa:



Figur 4.3 Varmeoverføring i kjøle kappen.

Her er røykkjelen:



Figur 4.4 Varmeoverføring i røykrørkjel.

Røykkjelen hadde mindre varmeoverføring per meter i forhold til kjølekappen. Samtidig så får man større del av varmen ut ved å bruke røykkjelen. Røykkjelen hadde en kraftigere nedgang i varmeoverføring jo større diameteren var. Dette skyldes at antall rør per varmeveksler endret seg jo større diameteren var. Varmeoverføringer økes når rørdiameteret avtar, og når rør lengden øker. Ved lik rørledning gir kjølekappe størst overført vannmengde. Men hvis lengden på røykrørkjelen økes fra 15 meter til 25 meter, så blir de overførte varmemengdene omtrent like store når diameteren er 0,10 til 0,15 meter. Velger en kjel med rørdiameter 0,15 m og lengde 25 meter.

5 BRUKERE AV FJERNVARME

I byen som jeg har valgt å se på er det 30 000 innbyggere. Byen er tilknyttet en pellets ovn som dekker et felles energibehov på 5 GWh per år. Avstanden til byen er 7 km lang.

- 3000 av innbyggerne bor i boligblokk område merket ”boligområdet 1” og ”boligområdet 2”
- 16000 av innbyggere bor i by område
- I by-området ligger kommuneadministrasjonen og andre offentlige bygg. Energi- og effektbehov til disse er gitt i tabellen nedenfor.
- Det er næringsbygg/kontorbygg med 3.000 m² grunnflate nær Strandgaten.
- De resterende innbyggerne bor i spredt småhusbebyggelse i områdene merket med rødt på kartet.

Energiforbruk offentlige bygg. Budsjett 2008

	Fast kraft kWh	Kjel kWh	Sum kWh	Maks effekt kW
Kommunesenteret	1575000	398000	1973000	360
Helsesenter	279533		279533	65
Skole	856029	450212	1306241	261
Ungdomsskole	540000	117118	657118	206
Idrettshall	277879		277879	110
Bibliotek	173220		173220	60
Kulturhus	411117		411117	150
			5078108	

Her ser man behovet for fjernvarme blant innbyggerne:
30 % av innbyggere er villig til bruke fjernvarme.

Fjernvarme	antall innbyggere
Blokk	900
Sentrum	4800
Spredt bebyggelse	3300

For blokk regnet man med at arealet var 75 m² og det var 4 innbyggere per blokkleilighet.

For vanlig leilighet regnet man at det var et areal på 150 m² per leilighet der det bodde i gjennomsnitt 4 personer per leilighet.

effektbehov blokkbolig	630 Kw
effektbehov enebolig	4620 Kw
effektbehov offentlig bygg	1212 Kw
effektbehov kontorbygg	36 Kw
effektbehov totalt	6498 Kw

Her ser man resultater fra beregninger i heatquik til bygninger i sentrum:

	Totalt	Pr. areal (100 m ²)
Beregnet effektbehov (ved magasinberedning)	9.9 kW	99 W/m ²
Årlig energibehov	9.6 MWh	96 kWh/m ²
Brukstid for beregnet effektbehov	963 h/år	

Dette var tidligere studier. Videre skal jeg se på endringen i varmetettheten fram til 2020, og hvordan dette endre på kostnaden på distribusjonskostnaden. For å løse dette må man se på tendensen på endringen av varmebehovet i området. Energiselskapene styrer som oftest fjernvarmeanlegget. Det vil si at kostnadene er bestemt av energiprisene til energiselskapene. Energiverket har ansvaret for at varmen blir levert til abonnentens vegg.

Fjernvarme avtar jo større antall smart hus som blir bygget. Det vil si at ved redusert effektbehov kan vi spare antall undersentraler, og man må ta hensyn til selve energitettheten. Ved redusert nettkostnad så øker nettkostnaden gradvis.

Tre forhold som det må legges spesielt vekt:

- Rimelig rørnett løsninger
- Kort montasjetid
- Nettet må tilfredsstillende krav til trykk, temperatur og vannkvalitet

Rørene bør være i plastmateriale og ha relativt liten isolasjonstykkelse. Lavtemperatursystemer har den tendens å kreve større varmeavgivende flate hos abonnentene for å dekke nødvendig varmebehov.

Maksimal effekt i et yrkesbygg:

$P_{maks} = \frac{C_s}{C_b} W + 3.2 * 10^{-2} \sqrt{W}$	4.1
---	-----

Referanse (2.1) Ulseth side 12 del 2

P_{maks} = maksimalt effektbehov(kW) (middelverdi over 60 minutter)

W = årlig energibehov(kWh/år)

C_s = klimakonstant som beskriver stedets klima(gitt fra klimadata)

C_b = byggkonstant som er typisk for bygget/anlegget(bestemmes ved simulering/måling)

$3.2 * 10^{-2} \sqrt{W}$ = korreksjonsledd som tar hensyn til samtidighet(empirisk bestemt)

$C_s = \frac{20 - T_{DU}}{24 * G_{20}}$	4.2
---	-----

Referanse (2.2) Ulseth side 13 del 2

Cs er den inverse verdien av den teoretiske brukstiden, τ under følgende forutsetninger:

- Døgkontinuerlig drift av varme- og ventilasjonsanlegget
- Romtemperaturen er 20 C
- Ingen ”gratisvarme” tilføres bygget

$\tau_s = \frac{W_{teoretisk}}{P_{maks,teoretisk}}$	4.3
---	-----

$\tau_s = \frac{\sum_{i=1}^n u_i * A_i * 24 * G_{20} + L * \rho * c_p * G_{20}}{\sum_{i=1}^n u_i * A_i * (T_{Di} - T_{Du}) + L * \rho * c_p * (T_{Di} - T_{Du})}$	4.3
---	-----

$\tau_s = \frac{24 * G_{20}}{20 - T_{Du}}$	4.3
--	-----

Referanse (2.3) Ulseth side 13 del 2

T_{Di} =dimensjonerende innetemperatur

T_{Du} =dimensjonerende utetemperatur

G_{20} =” graddagtallet ” /graddøgn for respektive sted med 20 °C innetemperatur

$u_i * A_i$ = produkt av alle yterflater i bygget og varmegjennomgangstallet for flatene

L= ventilasjonsluftmengden i bygget

effekt aluminiumsverk	6000 kW
Energi fjernvarme	51510000 kWh
Energi behov offentlig bygg	5078108 kWh
energioverskudd fra offentligbygg	46431892 kWh
Energi behov private bygg	16496190 kWh
Energi behov kontorbygg	117871.2 Kwh
energioverskudd til pelletsverk	29817830.8 Kwh

effekt aluminiumsverk	6000 Kw
effektbehov totalt	18464.4 Kw
Effektoverskudd	-12464.4 Kw

Ved å bruke energien fra et varmeanlegg så kan man få dekke stedets energibehov men man får ikke dekke hele effektbehovet til byen. En løsning i forhold til dette kan være å lagre overskuddsenergien.

Dette kan bli gjort ved å bruke pelletverk. Det vil si et verk som brenner ved som brukes til tørking av flis. Dette kan kobles inn på midtvinteren for å dekke toppbehovet for effekten. Ellers så brukes aluminiumsverket til å dekke effektbehovet. Om sommeren der innetemperaturen er mindre enn ute – temperaturen, kan man bruke varmeenergien fra aluminiumsverket til kjøling.

Ifølge Soria Moria skal energibehovet reduseres med 30 % i forhold til byggeforskriften 2007, innen 2020. Dette fører til at kostnadene blir større siden anlegget blir overdimensjonert.

Regjeringens ønske om endret energibruk:

Regjeringen vil:

- Øke tilgangen til kraft og redusere forbruksveksten gjennom energisparetiltak for å sikre en bedre kraftbalanse.. Dette skjer i praktisk ved å satse på nye miljøvennlige energiformer, opprustning av vannkraft og miljøvennlig bruk av naturgass
- At Norge skal i større grad skal være bidragsyttere til internasjonalt samarbeid om utvikling av miljøvennlig teknologi, energisystem og satsing på ny fornybar energi.
- Evaluere energiloven ved at blant annet lovens betydning for kraftbalansen, strømprisene og strukturen i kraftbransjen blir gjennomgått, med sikte på endringen som kan sikre bedre utnyttelse og bruk av eksisterende produksjon, samt ny kraftproduksjon
- Gå gjennom nettstrukturen for elektrisiteten og regelverket for nettleie for derved å legge bedre til rette forstrømsparing og forsyningssikring. Nettleie for strøm skal utjevnes over hele landet.

Ny fornybar energi

- Øke Enovas totalmål for energisparing og ny fornybar energi
- Oppruste eksisterende vannkraft og i bygging av små – mini – og mikrokraftverk, og utnytte potensialet som ligger i det.
- Innføre et pliktig grønt sertifikatmarked for ny fornybar energi og mini- og mikrokraftverk. Dersom det ikke lar seg gjennomføre som forutsatt, skal andres virkemidler vurderes
- At Enova i samarbeid med Innovasjon Norge og Norges forskningsråd, skal utvikle en satsning på miljøvennlig teknologi og utstyr for teknologier som ikke er modne.
- Utbyggingen av miljøvennlig vindkraft blir økt og gjennom konsenssystemer sørger for en god regional og nasjonal koordinat av vindkraftutbygging
- Den statlige innsatsen for utviklingen og kommersielt av hydrogen som energibærer blir økt.
- gasskraftverk med CO2-fjerning ikke utkonkurrerer fornybar energi.

- Vrakpant på oljekjeler som byttes inn i kjeler basert på fornybar varme blir innført

Vannbåren varme og ENØK

- Legge til rette for økt bruk av vannbåren varme, og etablere gode finansieringsordninger for fjernvarme og bioenergi
- Innføre krav om fleksible energisystemer i alle nye offentlige bygg og ved rehabilitering av offentlige bygg over 500 kvm
- ”Innføre en langsiktig tilskuddsordning for å stimulere en omlegging til oppvarming basert på fornybar varme og til mer energieffektive alternativer i forhold til utstyr i boliger. Støtteordningen skal evalueres av Enova.”
- ”Øke Enovas bevilgning til bygging av infrastruktur for fjernvarme betydelig i perioden”
- ”Implementere EUs bygningsdirektiv i løpet av 2006. Det skal utarbeides nye byggeforskrifter som gjør lavenergiboliger til standard. Det skal også innføres energikrav for eksisterende bygninger og renovering av bygninger”

Referanse

<http://www.regjeringen.no/upload/kilde/smk/rap/2005/0001/ddd/pdfv/260512-regjeringsplattform.pdf> s 57-59

I ”Soria Moria-erklæringen” har regjeringen satt som mål å redusere bruken av elektrisitet til oppvarming, stimulere til økt bruk av nye, fornybare energikilder og gjøre lavenergiboliger til standard.

Regjeringen tar nå et langt skritt for å nå målene ved å foreslå at byggeforskriftens energikrav skjerpes med ca. 30 prosent I byggeforskriften foreslås det også en egen bestemmelse om bruk av ny, fornybar energi der dette er lønnsomt i et livsløpsperspektiv. Energikravene skal gjelde ved omfattende rehabiliteringer i eksisterende bebyggelse som i dagens regelverk

Forslaget om ny byggeforskrift fra Kommunal- og regionaldepartementet skal bli sendt ut på høring om kort tid. Nye regler vil tre i kraft 1. januar 2007 med en overgangsordning til 1. januar 2009 der nye og gamle regler gjelder side om side.

Energiltakene lønner seg

For nybygg så skal man ha en god økonomisk ramme med mange med investeringer som er moderate. I følge økonomiske analyse som kommunal og regional departementet gjorde så går tileggsutgiften til energispareiltaket opp i opp med innsparingen gitt på strømregningen.

For offentlige bygg er sparingen enda mer gunstig. Her er vanligvis en innsparingstid på 6 år.

Klimagassutslippene reduseres med 0,15 millioner tonn hvert år

Siden Norge har tilslutning til Kyoto-avtalen så har det som mål å redusere sine utslipp av klimagasser og er forpliktet til å gjøre en innsats på dette området. Hvor mye utslippene reduseres som følge av nye energikrav er avhengig av hvilken energikilde som blir benyttet. Nybyggingsvirksomheten reduserer CO2-utslippene med anslagsvis ca 0,15 millioner tonn hvert år. Etter ti år vil den årlige utslippsreduksjonen utgjøre 1,5 millioner tonn.

EU- direktiv om bygningers energibruk

EØS-komiteen vedtok et direktiv om bygningers energibruk, 23.april 2004. Endringene av energikravene er også et ledd i oppfølgingen av direktivet. EU stiller krav til at nasjonale minstekrav blir fastlagt og at alle energipostene som er nødvendig for drift av bygninger, inngår i beregningen.

El - forbruket til fritidsboliger økte i perioden 1994 til 2001. Hvis trenden som var fremvist fra utviklingen fra 1994 til 2001 fortsetter vil el - forbruket til hytter nesten firedobles. I følge trendfremvisningen så vil forbruket øke fra 2 og 3 prosent av forbruket i fritidsboliger til mer enn 10 prosent i 2020

Følgelig av denne utviklingen er det fornuftig å stille energikrav også til nye fritidsboliger. De nye kravene gjelder kun for fritidsboliger over 80 m² BRA (bruksareal). Mindre fritidsboliger faller utenfor kravene og det er mulig å bygge de med enkel teknisk standard

Sparer nesten et Alta kraftverk per år

Hvis den foreslåtte skjerpningen blir fulgt opp vil dette resulterer i at det årlige energiforbruket på landsbasis reduseres med 500 millioner KWh. Dette tallet omfatter bare den reduserte energibruken knyttet til nybyggingsvirksomheten.

Det har blitt forutsatt at innen 2020 blir dette regjeringens forslag til redusert varmebehov og støtte til fornybar energi realisert. Dette gir tekniske konsekvenser ved at dimensjonene blir annerledes samtidig som

Her ser man redusjonen av energibehovet i offentlige bygninger:

	Fast kraft kWh	Kjel kWh	sum kWh	Maks effekt kW
kommunesenteret	472500	119400	591900	108
Helsesenteret	83859.9		83859.9	19.5
Skole	256808.7	135064	391872	78.3
Ungdomsskole	162000	35135.4	197135	61.8
Idrettstall	83363.7		83363.7	33
Bibliotek	51966		51966	18
Kulturhus	123335.1		123335	45
			1523432	

Her ser man effektbehovet redusjonen med private boliger totalt:

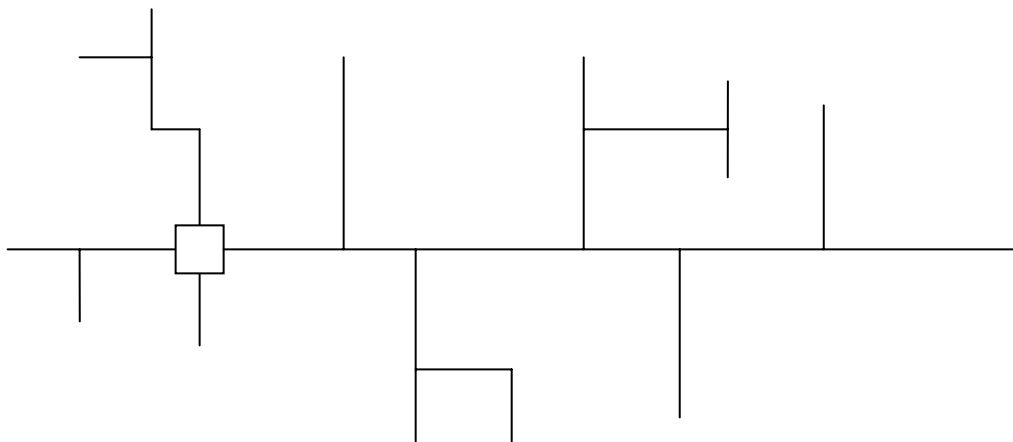
effektbehov sentrum	3564Kw
effektbehov blokkbolig	189Kw
effektbehov enebolig	1386Kw
effektbehov offentlig bygg	5139Kw
effektbehov kontorbygg	4948857Kw
effektbehov totalt	5539.32Kw

I beregningen er det tatt utgangspunkt i at energibehovet blir redusert med 30 %.

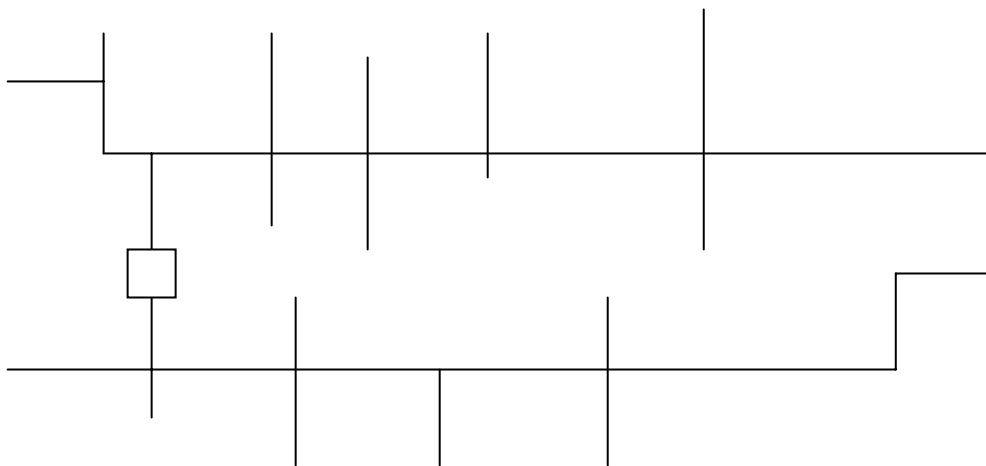
6 RØRNETT INNENFOR DET GITTE OMRÅDET

6.1 Abonenttilkobling

Det er 2 typer traseer man kan ha i fjernvarmenettet. Det er stjerneledningssystem og ringledningssystem



Figur 5.1 stjerneledningssystem. Referanse Rolf Ulseth del 1 s21



Figur 5.2 ringledningssystem. Referanse Rolf Ulseth del 1 s 21

For et mindre system blir stjerneledningssystemet brukt, mens for et større system er naturlig å ha ringledningssystem for de sentrale delene av systemet. Man prøver å ha ringledningssystem der det er mest økonomisk forsvarlig.

Rør typen som blir mest brukt er pre isolert fjernvarmerør på 80 mm. Dette er stålrør.

Abonnetten kan enten ha direkte eller indirekte abonnenttilkobling.

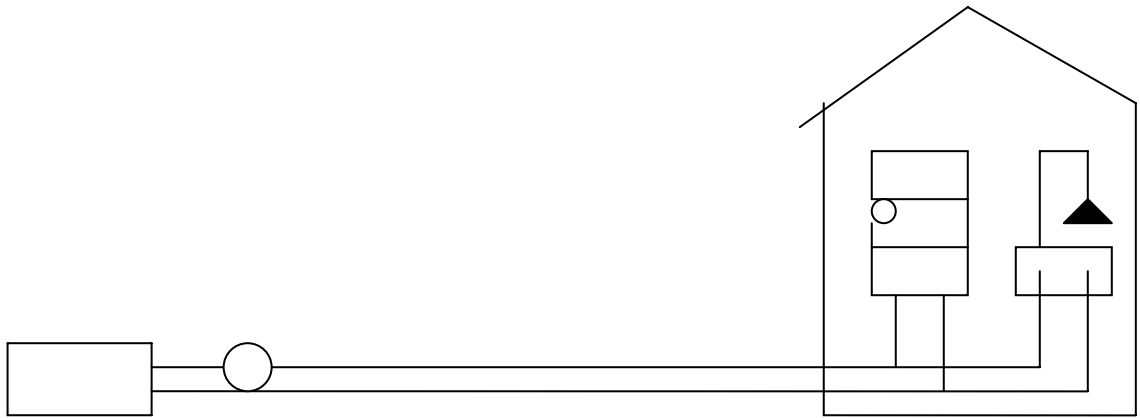
I et direkte system sirkulerer det samme vannet i fjernvarmenettet og i vannsystemet inne i bygningene.

Vannet i fjernvarmenettet blir ledet direkte inn til varmeelementene i bygningen uten bruk av varmevekslere



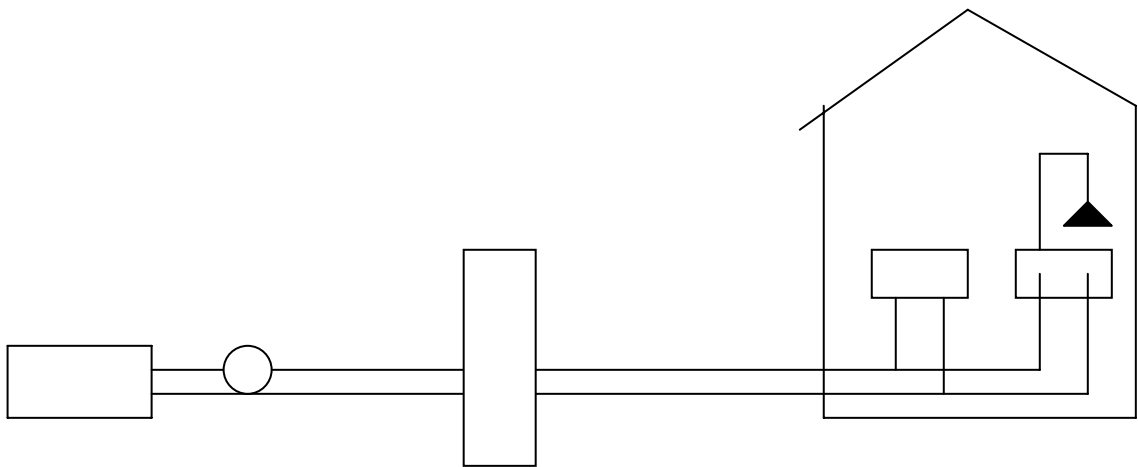
Figur 5.3 Direkte system/abonmenttilkobling. Referanse Ulseth del 1 s 22

Indirekte systemer har det særpreget av det ikke er det samme vannet som strømmer i primærnettet som i varmesystemet i bygningene. I primærnettet strømmer vannet i stedet gjennom en og flere varmevekslere.



Figur 5.4 indirekte system med varmeveksler. Referanse del 1 Ulseth s 23

Det kan av og til være ønskelig å skille lokale del systemer og bygge ut litt større sekundære nett. Man kan også ha ønske seg en annen temperatur og annet trykk. Dette åpner opp muligheten til å bruke andre materialer som for eksempel plast for å transportere det varme vannet. Figuren under viser et system hvor vannet i primærnettet varmeveksler med et sekundærnett i en egen undersentral.



Figur 5.5 system med "undersentral" og "sekundært". Referanse Ulseth del 1 s 23

Valg av direkte eller indirekte system:

For å ta stilling til hvilket system kan man ha følgende kriterier:

- Oppdeling av juridisk ansvar
- Driftstekniske forhold
- Tekniske og økonomiske optimaliseringer

Direkte system har disse motivene for å satse på disse:

- Muligheten for reduserte investeringskostnader hos abonnenten ved at varmeveksleren og lokalt ekspansjonssystem er unødvendig
- Muligheten for økt varmetransportkapasitet i fjernvarmenettet ved at temperaturfall over varmevekslere unngås

Indirekte systemer har normalt disse hovedmotivene:

- Sikkerhetshensyn. En vil redusere faren for radiatorbrudd eller lignende hos abonnentene og ikke minst konsekvensene av en slik hendelse. Risikoen for radiatorbrudd er større i direkte system som følger av høyere systemtrykk og mulige trykkstøt.
- Unngå uakseptabelt høyt systemtrykk. Ved direkte systemer er det en fare for dette i lavtliggende deler av nettet etter på grunn av pumpetrykk.
- Redusere omfanget av korrosjon. Lekkasje med derpå etterfylling av ubehandlet vann kan begrenses til deler av systemet.
- Begrense omfanget og konsekvensene av driftsproblemet i deler av systemet.
- Oppnår en oppdeling av systemet. Dette gir klart avgrensede ansvarsområder både for fjernvarme utbygger og for den enkelte abonnent.

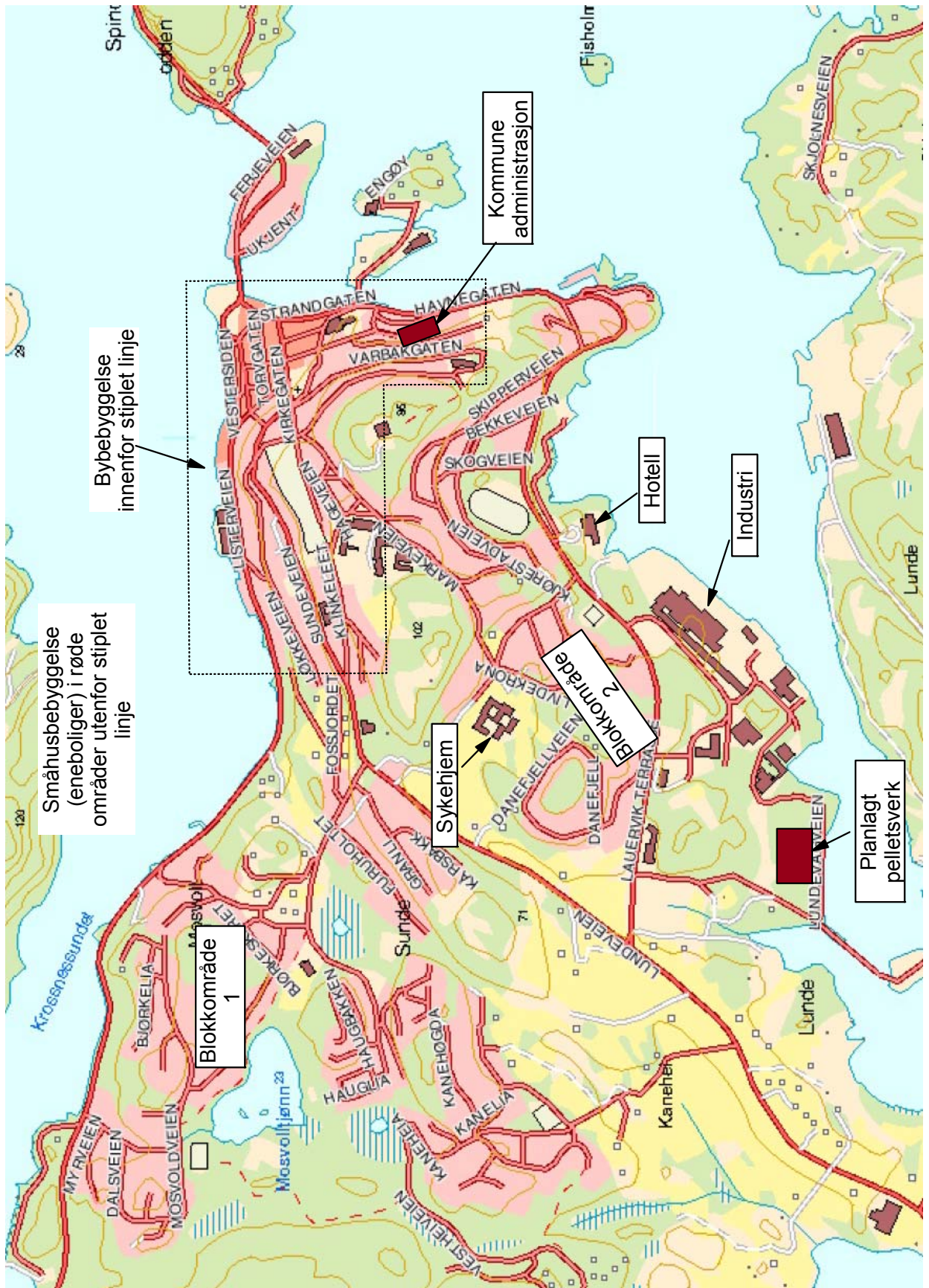
Referanse Ulseth del 1 s 24-25

6.2 Planlegging og bygging av fjernvarme nett

Utbygging av fjernvarmenettet bør ha disse momentene:

- Kartlegging av sannsynlige, fremtidige varmeetterspørsel i planområder
- Mulig utvikling i planområdet og i tilstøtende områder
- Valg av gode trasèer for ledningsnettet og en rasjonell nettstruktur
- Valg av ”optimale” data for temperatur og trykk i nettsystemet
- Bestemme ”optimale” dimensjoner i alle deler av rørnettet
- Bestemme ”optimal” plassering og effektkapasitet for varmeproduksjonsenhetene

Referanse Ulseth del 1 s 36



På neste side er det kart over farsund der varmesentralen er inkludert.

GISLINK.no logo and navigation icons. A toolbar with icons for zooming, panning, and other map functions. A scale bar shows 1:28108. A search box is labeled "Målestokk".

Tegnforklaring	Kartlagsliste
Utskrift	Eksporter kart
Tegning	Zoom til koordinater
Velg kommune	Logg inn

Temakart
Topografisk norgeskart
Søk
Velg å søke på:

Velkommen til GISLink karttjeneste
[Klikk her for informasjon](#)

GISLink er en samordnet kart- og fagdata-tjeneste til bruk i lokal og regional forvaltning og for publikum. GISLink er et samarbeid mellom Fylkesmannen i Sør-Trøndelag, Sør-Trøndelag Fylkeskommune og Møre og Romsdal fylke.

Løsningen gir tilgang til kart og faginformatjon. Grunnkartene i GISLink er landsdekkende.

Brukerveiledning for kartløsningen finner du under hjelp i knapperaden.

GISLink tar ikke ansvar for feil og mangler i kartet.

Kontaktpersoner:
Fylkesmannen i Sør-Trøndelag
Espen Sveen 73 19 92 77
Møre og Romsdal Fylke
Øyvind Takoy Naas 71 25 84 81
Knut Sindre Vale 71 25 82 05
Sør-Trøndelag Fylkeskommune
Frode Brataas 73 86 64 22

Kontakt oss på post@gislink.no

Karttjenesten driftes av GISLink



Topografi:

Topografiske forhold mht. høydeforskjellen mellom de ulike kundene vil ha betydning for valg av trykkklasse i varmesystemet (varmesentral og rønett). I dette tilfelle er det aluminiumsverket som er varmesentral. Høydeforskjellen mellom varmesentralen og det høyeste punktet i fjernvarme nettet er 70 meter. Dette tilsvarer cirka 7 bar.

Vanligvis blir et fjernvarmenett dimensjonert til å tåle maksimalt 16 bar.

Grunnforhold

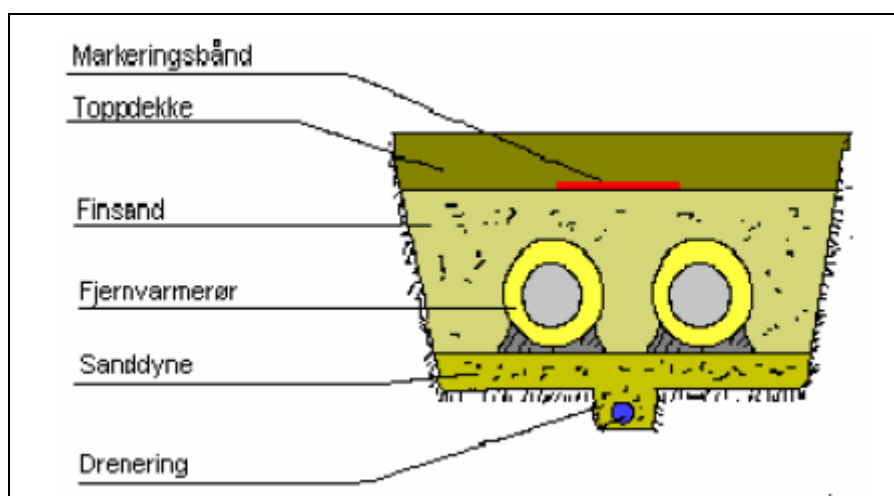
Grunnforholdene i området vil ha betydning for kostnadene når det gjelder grøfter og legging av fjernvarmerør. I Farsund er det mye vegetasjon og fjell. For det meste er det gode grunnforhold. Vei, vann og veiløp er antatt ferdig gjort. Det er derfor rimelig å anta at fjernvarmenettet blir lagt ved de samme traseene

Temperaturforhold

Optimale temperatur differansen mellom tur- og retur temperatur I fjernvarmenettet er 20 °C.

For å redusere varmetapet brukes det godt isolerte rør. For fjernvarme Norske distribusjonssystemer blir det anslått et varmetap på 10 %.

Et typisk grøftesnitt for en fjernvarmeledning er vist i Figur 6.2. Ledningene legges 40 – 60 cm under jorden avhengig av hvilke trafikkbelastning ledningene vil bli utsatt for.



Figur 6.1 Typisk grøftesnitt for fjernvarmerør referanse Rapport Kragerø Næringspark

”Ved legging av fjernvarmerør må det tas hensyn til at alle materialer utvider seg ved oppvarming. Hvis det legges rør ved en ute - temperatur på 0 °C, og anlegget skal ha en turtemperatur på 100 °C, vil et stålrørstrekk på 100 m forlenges ca 11 cm. (Forutsetter at rørene ligger fritt opplagret)”

Referanse Kragerø næringspark rapport s 14

Trasevalg

The screenshot displays the GisLink karttjeneste web application in a Windows Internet Explorer browser. The browser's address bar shows the URL <http://www.gislink.no/gislink/index.jsp>. The application interface features a top navigation bar with the GisLink logo and various tool icons. A sidebar on the left contains a menu with options like 'Tegnforklaring', 'Kartlagsliste', 'Utskrift', 'Eksporter kart', 'Tegning', 'Zoom til koordinater', and 'Velg kommune'. Below this is a 'Temakart' section with a dropdown menu set to 'Topografisk norgeskart' and a search field. The main map area shows a topographic map of the Farsund region, with a red line tracing a route through the landscape. The map includes labels for various locations such as Biland, Duetjønn, Mosjøen, Sunde, Danefjellet, Lunde, Huseby, and Skjølnes. A scale bar at the bottom right indicates a scale of 1:19907. The browser's taskbar at the bottom shows the Start button and several open applications, including 'Rapportmal versjon 2 - ...', 'Velkommen til NTNU Web...', and 'GisLink karttjeneste - ...'. The system clock in the bottom right corner shows the time as 10:28 AM.

Skissert trase i kartet ovenfor har en lengde på 8000 meter. Hovedrørtrekkets dimensjoner estimeres til DN 200 som vil gi tilstrekkelig kapasitet ut til kundene.

Material valg

Prefabrikkerte rør i stål er vanlig å bruke i fjernvarmenett for større dimensjoner. Stål rør har den fordelen at den er meget fleksible med hensyn på trykk og temperatur. Det vil si gode mekaniske egenskaper.

Trykktap

”Det er vanlig å regne et trykktap på 100-200 Pa pr. meter fjernvarmerør ved dimensjonering av rørettet.

Varmetapet i nettet er proporsjonalt med differansen mellom temperatur i røret og ute - temperaturen. I Figur 5.2 er det vist varmetap for fjernvarmerør fra en av leverandørene på det norske markedet. Det er her forutsatt en midlere temperatur i fjernvarmenettet på 80 °C og en omgivelsestemperatur på 3 °C, altså en temperaturdifferanse på 77 °C. Som en ser av figuren, opereres det med tre ulike typer isolasjon. I Norge har en stort sett kun benyttet standard isolasjon.”

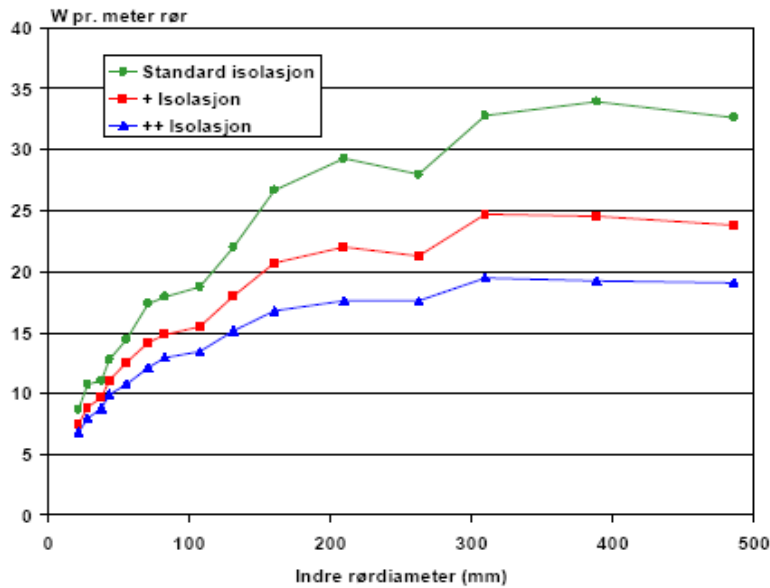


Figure 6.2 varmetap referanse Rapport Kragerø Næringspark

Referanse Rapport Kragerø Næringspark s 16

7 OPTIMALISERING AV RØRNETT

For å få best mulig rørnett må man minimalisere summen av årlig driftskostnader og årlig kapitalkostnader.

Optimalisering av store rørnett gjøres ved enkle beregninger og ved standarder. Detaljert optimalisering er kun interesse i vitenskapelig sammenhenger.

Optimal dimensjon på strekket fra varmesentral til første avgrening kan beregnes som om det var en enkel rørsøyfe

Ved en optimal dimensjonering av et rørnett vil friksjonen pr. m rør(R-verdien) i ugunstligste krets være temmelig nær konstant.

$$K \frac{1}{L} = c * (0.5 + 4.8 * d^n) \quad (7.1)$$

Referanse (1) Ulseth del 1 s 48

$K \frac{1}{L}$ = ledningskostnad (kr/m)

d = indre diameter i transportør (m)

c = ledningskostnad ved d = 0.1 m (ett rør)

n = eksponent som ligger nær 1

Når vi tar hensyn til grunnforholdene, blir kulvertleggingen slik:

$$K_l = c(0.5 + (1 + \varphi) * 4.8 * d^n) \quad (7.2)$$

Referanse (2) Ulseth del 1 s 48

$K_l = a * c(0.5 + (1 + \varphi) * 4.8 * d^n)$ der φ er grunn faktor som varierer mellom -0,3 ved ideelle forhold og 1.5 ved vanskelige forhold

Når vi har tatt med annuitets faktoren blir formelen slik:

$$K_l = a * c(0.5 + (1 + \varphi) * 4.8 * d^n) \quad (7.3)$$

Referanse (3) Ulseth del 1 s 48

Der a er annuitets faktoren

Annuitetsfaktoren er avhengig av vedlikeholdskostnad, rentesats og avskrivningstid.

Årlig pumpedrift beregnes på denne måten:

$$L_p = \frac{q * R * (1,0 + k)}{\eta} * t_e \quad (7.4)$$

Referanse (4) Ulseth del 1 s 48

Der:

L_p = årlig energibruk til pumpedriften (Ws/år)

q = væskestrøm (m^3/s)

R = friksjonstap pr. m ($N/m^2 = Pa$)

k = tillegg for enkeltmotstander (%)

t_e = ekvivalent driftstid med maksimal pumpeeffekt ($s/år$)

η = virkningsgraden for pumpeystemer (pumpe, motor og drivsystem)

Det er ikke alt i pumpedriften som betraktes som direkte tap. Noe av nyttbar trykkenergi blir senere til varme ved friksjon i rørsystemet.

Virkningsgraden for motor og drivsystemet, η_m , kan brukes til den andelen av energitilførsel som tilføres vannet. Dette medfører at vi kan finne energikostnaden på denne måten.

$$\kappa = p_{el}(1 - \eta_m) + (p_{el} - p_{br}) * \eta_m \quad (7.5)$$

Referanse (5) Ulseth del 1 s 49

κ = tapsdel av energikostnad (kr/Ws)

P_{el} = elpris (-"-)

P_{br} = "brensel" pris (-"-)

Uttrykket for årlig pumpekostnad, $K_{p,år}$, blir da slik:

$$K_{p,år} = \frac{q * R * (1,0 + k)}{\eta} * t_e * \kappa \quad (7.6)$$

Referanse (6) Ulseth del 1 s 49

For friksjonstapet , R , per meter rørlengde har vi:

$$R = \lambda \frac{1}{d} * \frac{1}{2} \rho * v^2 \quad (7.7)$$

Referanse (7) Ulseth del 1 s 49

λ = friksjonskoeffisient

ρ = tetthet (kg/m³)

v = vannhastighet (m/s)

For vannhastighet, v , har vi:

$$v = \frac{q}{\pi d^2 / 4} \quad (7.8)$$

Referanse (8) Ulseth del 1 s 49

En kombinasjon av de tre ligningene over gir følgende nytt uttrykk for årlig pumpekostnader, $K_{p,\text{år}}$:

$$K_{p,\text{år}} = \frac{8 * q^3 * \lambda * t_e * \kappa * \rho * (1,0 + k)}{\pi^2 * \eta * d^5} \quad (7.9)$$

Referanse (9) Ulseth del 1 s 49

Den maksimale transportert varmeeffekt P er:

$$P = q * \rho * c_p * \Delta\Theta \quad (7.10)$$

Referanse (10) Ulseth del 1 s 50

P= maks. transportert varmeeffekt (W)

c_p = egenvarme for vannet (Ws/kg* ° C)

$\Delta\theta$ = dimensjonerende temperaturdifferanse (° C)

Den foregående ligning satt i denne ligningen:

$$K_{p,\dot{a}r} = \frac{8 * P^3 * \lambda * t_e * \kappa * (1,0 + k)}{\pi^2 * \rho^2 * c_p^3 * \eta * \Delta\theta^3 * d^5} \quad (7.11)$$

Referanse (11) Ulseth del 1 s 50

Totalkostnaden for rørledningssystemet blir da ($K_{tot,\dot{a}r} = K_{L,\dot{a}r} + K_{p,\dot{a}r}$)

$$K_{tot,\dot{a}r} = a * c(0,5 + (1 + \theta)4,8 * d^n) + \frac{8 * P^3 * \lambda * t_e * \kappa * (1,0 + k)}{\pi^2 * \rho^2 * c_p^3 * \eta * (\Delta\theta)^3 * d^5} \quad (7.12)$$

Referanse (12) Ulseth del 1 s 50

Ved å derivere den totale kostnaden med hensyn til d og den deriverte lik null finner man den optimale diameteren:

$$d_{opt} = \left(\frac{40 * P^3 * \lambda * t_e * \kappa * (1,0 + k)}{\pi^2 * \rho^2 * c_p^3 * \eta * a * c * n * 4,8 * (1 + \varphi) * \Delta\theta^3} \right)^{\frac{1}{5+n}} \quad (7.13)$$

Referanse (12) Ulseth del 1 s 50

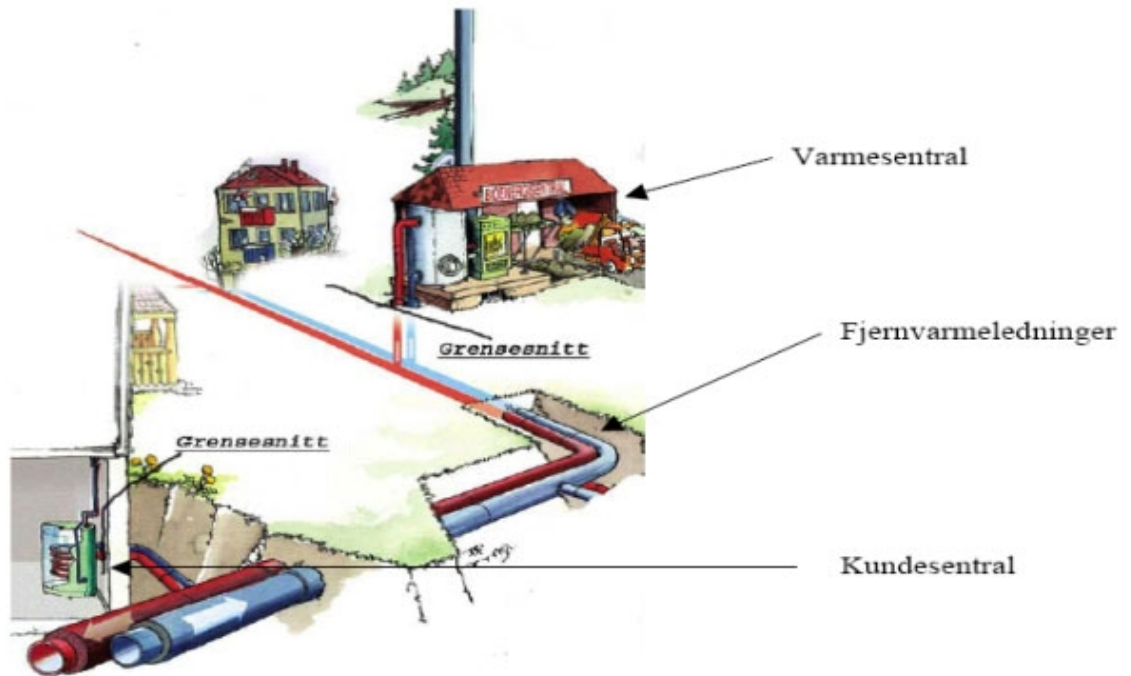
For investeringer i systemer for varmedistribusjon kan Enova SF gi inntil 30 % investeringsstøtte og opptil 15 % investeringsstøtte i systemer for varmeproduksjon. For å kartlegge støttebeløpets størrelse skal dette dokumenteres gjennom en kontantstrømsanalyse. Prosjekter som prioriteres er:

- ”Kostnadseffektive prosjekter med høyt energiutbytte per støttekrone.
- Prosjekter som kan forplikte seg til en framdriftsplan fra igangsetting og fram til ferdigstillelse
- Prosjekter som kan sannsynliggjøre videre utbygging av distribusjonssystemet uten støtte i neste utbyggingsfase
- Samarbeidsprosjekter som bidrar til lokal utnyttelse av energikilder og/eller bidrar til å løse avfallsproblem
- Prosjekter som innebærer varmeleveranse til energieffektive bygninger
- Prosjekter der det foreligger intensjonsavtaler om leveranser/kjøp av varme
- Prosjekter fra søkere som kan vise til gjennomføringsevne fra tidlige prosjekter
- Prosjektet bør minst ha 15 års økonomisk støtte”

Referanse:Enova.no

Grensesnitt fjernvarmeanlegg og nett

(Rapport om kostnader i fjernvarmen, Enercon 2004)



Figur 2, Grensesnitt varmesentral – fjernvarmenett - kundesentral

Figure 7.1 grensesnitt fjernvarmeanlegg referanse Norsk Fjernvarme

Følgende økonomiske parameter er blitt antatt for anlegget:

Vedlikeholdskostnad: 0.5% per år

Rentesats : 7% per år

Avskrivningstid : 30 år

Dette medførte at amortiseringsfaktoren ble antatt å være 0,086 (1/år)

Ledningskostnaden c ved $d=0.1$ m ble antatt til å være 1400 kr per meter

Grunnforholdet i traseen som ble valgt ble antatt å være normale. Dette medførte at grunnfaktoren θ ble antatt å være 0 og eksponenten n ble antatt å være lik 1.

Friksjonskoeffisienten λ ble antatt å være konstant og lik 0,02

Elektrisitetsprisen pel ble antatt å bære 20øre/kWh

Brenselprisen pbr ble antatt å være 20 øre/kWh

Effekten fant jeg delvis ved å bruke heatquik og bruke kompendium fra side 15 til 16. Hastigheten bør være under 2 m/s og som man ser av resultatet, er det hastigheten under denne størrelsen. Temperaturdifferansen skulle være i størrelsesorden 50. Derfor blir den dimensjonerende temperaturen ved vinterforhold 120 C.

Her er fjernvarme anleggets data fra 2008

C	1400	kr/m
A	0.086	
N	1	
K	0.05	%
Cp	4200	Ws/kg°C
Te	13320000	s/år
P	1000	kg/m ³
Λ	0.02	
H	0.65	
Hm	0.8	
Θ	50	
Pel	1.388E-07	kr/Ws
Pbr	5.56E-08	kr/Ws
P	7000000	W
K	9.44E-08	kr/Ws
D	0.000193652	M
D	0.240530636	M
Q	0.087925714	m ² /s
V	1.935018964	m/s
R	155.6682533	Pa
kp,år	27.80149299	kr/m
Kl	199.207465	kr/m
Ktot	227.008958	kr/m
Lengderør	8000	M
total distribert kostnad	1816071.664	Kr
distribert kostnad per kwh	0.08372015	kr/kwh

Her er fjernvarmeanlegget sine data for 2020. Jeg har tatt utgangspunkt at det er 30% reduksjon av energibehovet, mens de andre verdiene er faste.

C	1400	kr/m
A	0.086	
N	1	
K	0.05	%
Cp	4200	Ws/kg*C
Te	13320000	s/år
P	1000	kg/m ³
Λ	0.02	
H	0.65	
Hm	0.8	
Θ	50	
Pel	1.388E-07	kr/Ws
Pbr	5.56E-08	kr/Ws
P	7000000	W
K	9.44E-08	kr/Ws
D	5.93192E-05	M
D	0.197484294	M
Q	0.087925714	m ² /s
V	2.870522125	m/s
R	417.2431683	Pa
kp,år	74.51733269	kr/m
Kl	174.3301234	kr/m
Ktot	248.8474561	kr/m
Totalt distributert kostnad	1990779.649	Kr
distribert kostnad per kwh	0.13110588	kr/kwh

8 KOSTNADER PER DISTRIBUTERT KWH INNENFOR DET GITTE OMRÅDET

For å velge varmforsyning vil man normalt ta økonomiske betraktninger som grunnlag. Dette kan bli angrepet på flere måter:

A. Man kan utføre en kostnads kalkyle for de aktuelle utbyggingsprosjekter for å se hvilket prosjekt som gir den laveste investering.

B. Den andre metoden er å vurdere samfunnsøkonomisk lønnsomhet ved å foreta en summasjon av utgifter og inntekter for prosjektets økonomiske levetid og videre diskontere disse til referanseåret. Man ser om får positiv nåverdi. Dette gir et lønnsomt prosjekt. Vi bør også vurdere hvilken avkastning prosjektet gir i forhold til

investeringen. Denne metoden brukes for å avklare om det er riktig for samfunnet til å etablere den aktuelle varmforsyningen.

C. Det tredje forholdet som må analyseres er om vedkommende E-verk eller – selskap har økonomi til å realisere prosjektet. For å få gjort dette må man foreta en bedriftsøkonomisk vurdering av prosjektet. Her legger man inn de aktuelle lånebetingelsene i bank, finansieringsinstitusjoner og lignende (dvs. rente, gebyrer og nedbetalingstid).

Disse overnevnte forhold er nødvendig å vurdere for å ha tilstrekkelig grunnlag for å ta en beslutning om prosjektet skal realiseres eller ikke.

Driftskostnader vi vil få i et varmforsyningsanlegg, vil avhenge av de forutsetninger som foreligger for driften av anlegget.

Annuitetsprinsippet går ut på at man beregner hvilket resultat investeringen gitt pr år over prosjektets levetid. Lønnsomhetsvurderingene gjøres ut fra dette prinsippet, dvs. annuitetsprinsippet. Kalkulasjonsrenten og den økonomiske levetid for de enkelte del-systemer er sentrale størrelser i denne sammenheng.

”Kalkulasjonsrenten varierer avhengig av hvilken finansiering prosjekt har. Kalkulasjonsrenten blir brukt til beregning av annuitetsfaktoren.

Kalkulasjonsrenten er ved samfunnsøkonomiske vurderinger gitt av finansdepartementet som pr i dag foreskriver 7 %. Følsomhetsanalyse gjøres for rente mellom 6 % og 8 %.

Kalkulasjonsrenten er også 7 % ved bedriftsøkonomiske vurderinger, men ved likviditetsbetraktninger bør en skille mellom egen- og fremmedfinansiering, henholdsvis egenkapital og lån.

Ved fremmedfinansiering vil forholdene bli noe annerledes og nominell rente settes da vanligvis til lånerente.

Kalkulasjonsrente:

Samfunnsøkonomisk modell:	$r = 0,07$ (alt. 0,06 og 0,08)
Bedriftsøkonomisk modell:	$r = 0,07$ (alt. 0,06 og 0,08)
Bedriftslikviditet:	Normalt i området 0,10-0,1”

Referanse Sjøvold s 99-100

• Egenfinansiering (egenkapital) :

$$r_e = \frac{(r_n - i)}{1 + i} \quad (8.1)$$

Referanse Sjøvold side 100

• Fremmedfinansiering (lån) : $Rg(rn*(1-s)-i)/(1+i)$

$$\frac{Rg(rn*(1-s)-i)}{1+i} \quad (8.2)$$

Referanse Sjøvold side 100

- Egen/-fremmedfinansiering : $r=1/(G+E)*(r_g*G+r_e*E)$

$$r = \frac{1}{G+E} * (r_g * G + r_e * E) \quad (8.3)$$

Referanse Sjøvold side 100

I = inflasjon

S = skattesats

Rn = avkastningskrav/nominell rente

G = gjeld, fremmedfinansiering

E = egenkapital, egenfinansiering

Økonomiske levetider ved anleggsdeler i energiforsyningsanlegg er som følger:

- Bygninger 40 år
- Fjernvarmenett 30 år
- Prod.anl. for fjernvarme 20 år
- Installasjoner i bygg vannbåren varme 20 år
- Elektriske installasjoner 30 år
- Høgspenyanlegg 30 år

Her er typiske drift- og vedlikeholdskostnader gitt i prosentvis andel av investering som de forskjellige anleggsdelene har:

- Bygninger : 0,5 % p.a. av investering
- Fjernvarmenett : 1,5 % p.a. av investering
- Produksjonsanlegg : 2,5 % p.a. av investering
- Installasjoner i bygg : 1,5 % p.a. av investering
- EL - fordelingsnett : 1,0 % p.a. av investering

$$K = \pi_K + \pi_D + \pi_E + \pi_M + \pi_A + \pi_N + \pi_S$$

En samfunnsøkonomisk kostnadsanalyse må utarbeides for å kunne velge riktig energiforsyningsform.

Kostnadensmodellen bygges opp slik at den viser de totale årlige kostnader ved valg av den ene eller den andre forsyningsform.

Referanse Sjøvold s

Den samfunnsøkonomiske kostnadsmodell kan derfor på makronivå tenkes uttrykt på følgende måte:

$$K = \pi_K + \pi_D + \pi_E + \pi_M + \pi_A + \pi_N + \pi_S \quad (8.4)$$

Referanse Sjøvold side 111

Hvor

$$\pi_K = \text{Årlig kapitalkostnader} \quad (\text{kr/år})$$

$$\pi_D = \text{Drift og vedlikeholdskostnader} \quad (\text{kr/år})$$

$$\pi_E = \text{Energikosn. Inkl tap i prod. Og nett} \quad (\text{kr/år})$$

$$\pi_M = \text{Miljøkostnader} \quad (\text{kr/år})$$

$$\pi_A = \text{Varmetekniske installasjoner innomhus} \quad (\text{kr/år})$$

$$\pi_N = \text{Effetkostnader, brukstid} \quad (\text{kr/år})$$

$$\pi_S = \text{Spesielle kostnader} \quad (\text{kr/år})$$

Totale energikostnad vil da bli som følger:

$$k = K/E \quad (\text{kr/kWh})$$

$$\begin{array}{ll} \text{Hvor } K = \text{Årlig kostnader} & (\text{kr/år}) \\ E = \text{Årlige energileveranser til forbruker} & (\text{kWh/år}) \end{array}$$

Ved samfunnsøkonomisk og bedriftsøkonomisk vurdering av prosjektets lønnsomhet må også de årlige inntekter tas med i regneoperasjonen.

Kapitalkostnader

$$I * \alpha \quad (8.5)$$

Referanse Sjøvold s 138

Årlig kapitalkostnader beregnes som annuiteten av investert kapital. I er investert kapital for hvert at leddene i kapitalkostnaden, mens a er annuiteten.

Drifts- og vedl.kostnader

$$I * \alpha \quad (8.6)$$

Referanse Sjøvold s138

Drift og vedlikeholdskostnadene beregnes som en prosent(α i ligningen) av investert kapital

Energikostnader

Gass

$$E * \Gamma g * (1 + Bn) / (\eta) * Kg \quad (8.7)$$

Referanse Sjøvold s139

Siden det er bare avgass som blir brukt så blir gassalternativet til Energikostnadsmodellen brukt. Parameteren Γ angir andelen energi til ulike formål. Verdien E angir energileveransen til abonnentområdet. H angir virkningsgraden, mens K verdiene angir kostnaden for brenselet. B -verdien angir tapsfaktoren i fjernvarmenettet relatert til abonnentbehovet.

Miljøkostnader

Topplast olje/gass

$$E * \gamma * (1 + B) / \eta * K \quad (8.8)$$

Referanse Sjøvold s 139

Forurensingen her er antatt å være proporsjonal med energiproduksjonen for de forskjellige anleggstypene, og man kan dermed bergene en miljøkostnad som er proporsjonal med energiproduksjonen. K er kostandsfaktoren for miljøutslippet.

Varmetekniske anlegg innomhus

Vannbårne varmeanlegg

$$ive * ava * Ava \quad (8.9)$$

Referanse Sjøvold s 140

Vurdering av kostnaden til varmeteknisk anlegg innomhus er interessant å ta med i en samfunnskostnadsmodell. I -verdien angir investeringskostnaden innomhus pr m^2 , a angir annuiteten og A -verdien angir oppvarmet areal. Anlegg for vannbåren varme har en installasjonskostnad som ligger i størrelsesorden $iva = 350kr/m^2$.

Effektkostnader

Reduserte installasjoner nett og prod. pga sammenlagringer

$$(I_p^*(ap + \alpha p) + I_n^*(an + \alpha n)^*(1-s))$$

(8.10)

Referanse Sjøvold s 140

Kostnader/Gevinst ved endret brukstid på energiforsyningsanlegg:

$$P1^*(1/\tau - 1/\tau')*E$$

(8.11)

Referanse Sjøvold s 140

Sammendragning forekommer i et fjernvarmeanlegg, og dette reduserer anleggskostnadene. Sammenlagringseffekten s , er mindre eller lik 1, og typiske verdier ligger mellom 0.7 og 0.9. Verdien $P1$ angir effektkostnaden [kr/kW], og verdiene τ og τ' angir henholdsvis dimensjonert brukstid og endret brukstid.

Spesielle kostnader

Rehabilitering av kjelsentral

$$i_{kj}^*(a_{kj} + \alpha_{kj}) * E / \tau^* j$$

(8.12)

Referanse Sjøvold s 140

Installering av abonnentsentral

$$i_{ab}^*(a_{ab} + \alpha_{ab}) * E / \tau^* j$$

(8.13)

Referanse Sjøvold s 140

Kjelsentraler og abonnentsentralen har begge en viss investeringskostnad og levetid. Ut i fra dette har man et grunnlag å beregne kostnader ved slike sentraler. I står her for investering summen i kjeleanlegget, a er annuiteten og α er faktoren for vedlikeholdskostnadene. Parameteren j er en kvalitetsfaktor som angir gjennomsnittlig kvalitet på eksisterende sentraler. Typisk verdier for i_{kj} og i_{ab} er henholdsvis 2000 kr/kw og 300 kr/kw.

Lønnsomhet oppnås når nåverdien $NV > 0$

Hvor

$$NV = - \frac{S_n}{(1+r)^n} + \frac{\sum I_t}{(1+r)^t} + \frac{S_n}{(1+r)^n} \quad (8.14)$$

Referanse Sjøvold side 100

NV = nåverdi i referanseåret

U = investeringsutgifter

R = rente

E = året kapitalen blir investert minus referanseåret

I = inntekt i året t

S = salgsverdi av investeringsobjekter i år n

N = det året salgsverdi vurderes minus referanseåret ("levetid")

Sammenligning med et annet fjernvarme prosjekt:

For å vite hvordan økonomien og de tekniske dimensjonene stemte med praksisen er det blitt tatt med et lignende prosjekt fra Kragerø. I dette tilfelle er det også planlagt å utbygge et fjernvarmenett.

”

Investeringer

Investeringskostnadene er anslått ut fra erfaringspriser fra fjernvarmeprosjekter. Usikkerheten på dette stadiet kan ligge rundt +/- 20 %.

Tabell 8.1 Investeringskostnader (fjernvarme og kundesentraler)

	Alternativ 1	Alternativ 2
Varmesentral	19.500.000	26.000.000
Nærvarmenett	9.000.000	9.000.000
Kundesentraler	3.100.000	2.950.000
Prosjektering og uforutsett	7.600.000	9.500.000
Total investering	39.200.000	47.500.000

Investeringer er eks. mva.

Årskostnader og varmeproduksjonskostnader

Tabell 8.2 og tabell 8.3 viser årlige kostnader og varmeproduksjonskostnader for begge alternativene med og uten investeringstøtte.

Tabell 8.2 Årskostnader og varmeproduksjonskostnader uten investeringsstøtte

	Alternativ 1	Alternativ 2
Varme leveranse [kWh]	13 500 000	17 600 000
Varmeproduksjon inkl. tap [kWh]	14 900 000	19 400 000
Spisslast [kWh]	2 500 000	3 300 000
Fra flisfyrt kjel [kWh]	12 400 000	16 100 000

Investering[NOK]	39 200 000	47 500 000
Kapitalkostnader, 15 år [NOK]	4 304 160	5 215 500
Energikostnader flis, biprodukter sagbruk blandet med skogsflis(12 øre/kWh)	1 488 000	1 932 000
Energikostn. spiss last (43 øre/kWh)	1 075 000	1 419 000
Drift og vedlikeholdskostn. 5% [NOK]	1 960 000	2 375 000
Årlige kostnader [NOK]	8 827 160	10 941 500
Varmeproduksjonskostnader eks. mva. [kr/kWh]	0,65	0,62

Tabell 8.3 Årskostnader og varmeproduksjonskostnader med 15 % investeringsstøtte

	Alternativ 1	Alternativ 2
Varme leveranse [kWh]	13 500 000	17 600 000
Varmeproduksjon inkl. tap [kWh]	14 900 000	19 400 000
Spisslast [kWh]	2 500 000	3 300 000
Fra flisfyrt kjel [kWh]	12 400 000	16 100 000
Investering – 15 % invest. støtte [NOK]	33 320 000	40 375 000
Kapitalkostnader, 15 år [NOK]	3 658 536	4 433 175
Energikostnader flis (12 øre/kWh)	1 488 000	1 932 000
Energikostn. spiss last (43 øre/kWh)	1 075 000	1 419 000
Drift og vedlikeholdskostn. 5% [NOK]	1 960 000	2 375 000
Årlige kostnader [NOK]	8 181 536	10 159 175
Varmeproduksjonskostnader eks. mva [kr/kWh]	0,61	0,58

Referanse rapport Kragerø næringspark s 17-18

Her er økonomiberegningene for dette prosjektet:

Anleggskostnader 2008

pris pr kwh	2.5Kr
Fjernvarmeanlegg investering	54,230,423Kr
biobrensel	1,490,892Kr
biobrensel kostnad	0.05kr/kwh
S	0.9
Iva	350kr/m^2
lkj	200kr/kW
iAb	300kr/kW
drift og vedlikehold	0.02
Annuitet	0.08
pel	0.25kr/kw

årvirkningsfrad sentralfyring	0.9
Dekking av enova	30%
tap i nett	0.06
tap i nett	2500kr/kwh
renseanleggkostnad	0.08kr/kwh
Kapital kostnader	3036903.69Kr
driftskostnader	1084608.46Kr
Energikostnader	5154457.89Kr
miljøkostnader	2049909.99Kr
varmeteknisk innom hus	6300000Kr
antall hus	2250
Rn	0.12
S	0.3
I	0.04
Rn	0.04230769
Energileveranse bioanlegg	29817830.8Kwh
total sum	15871772.3Kr
abonnentsentral	295802.307Kr
brukstid	2200H

Har antatt her at brensel kostnaden er på 5 øre pr kwh timer og at energi leveransen til bioanlegget som 29817830.8. Som tidligere nevnt blir kostnaden av avhengig av man hadde med annuitetsfaktoren som i dette tilfellet blir antatt til å være 0.08. Videre har det blitt tatt i betraktning at det har 30% avslag fra enova.

I følge Norsk Fjernvarme sin rapport så er prisen for energi gjennomsnitt 2.5- 3 kr per kwh.

Dette medfører til at den totale investeringen ble på 54,2 millioner kroner. Kapitalkostnaden ble på 3036903,69 kr og driftskostnader ble på 1084608.46 kr.

I andre prosjekter så blir den totale investeringen rundt 30 millioner kroner så dette stemmer ganske bra. Energikostnaden til pellets verket blir på 1,5 millioner Som spesielle kostnader ble abonnentsentral sine bygningskostnader tatt i betraktning. Ut i fra erfaringer fra andre prosjekter så ble det antatt at brukstiden til abonnentsentralen er 2200 timer. Investeringskostnad til abonnentsentral er tatt i betraktning om typiske verdier på 300 kr/kw. Den totale kostnaden til abonnentsentralen pr år ble da 295802,31 kr.

Som energikostnader ble det tatt i betraktning at det bare ble utnyttet avgass fra aluminiumsverk som primært energikilde. Som hjelpe energi blir det brukt bio - energi fra et planlagt pellets verk. Energien som er til overs samles i pellets verket.

Dette førte ved at man ved å dele på kostnadene på energibehovet:

kapitalkostnader per distribuert kwh	0.05450165kr/kwh
driftskostnader per distribuert kwh	0.05kr/kwh
energikostnader per distribuert kwh	0.23761837kr/kwh

miljøkostnad per distribuert kwh	0.0945kr/kwh
Varmeteknisk per distribuert kwh	0.29042739kr/kwh
abonnentsentral per distribuert kwh	0.01363636kr/kwh
kostnad per distrubert kwh	0.73168212kr/kwh

Anleggskostnader 2020

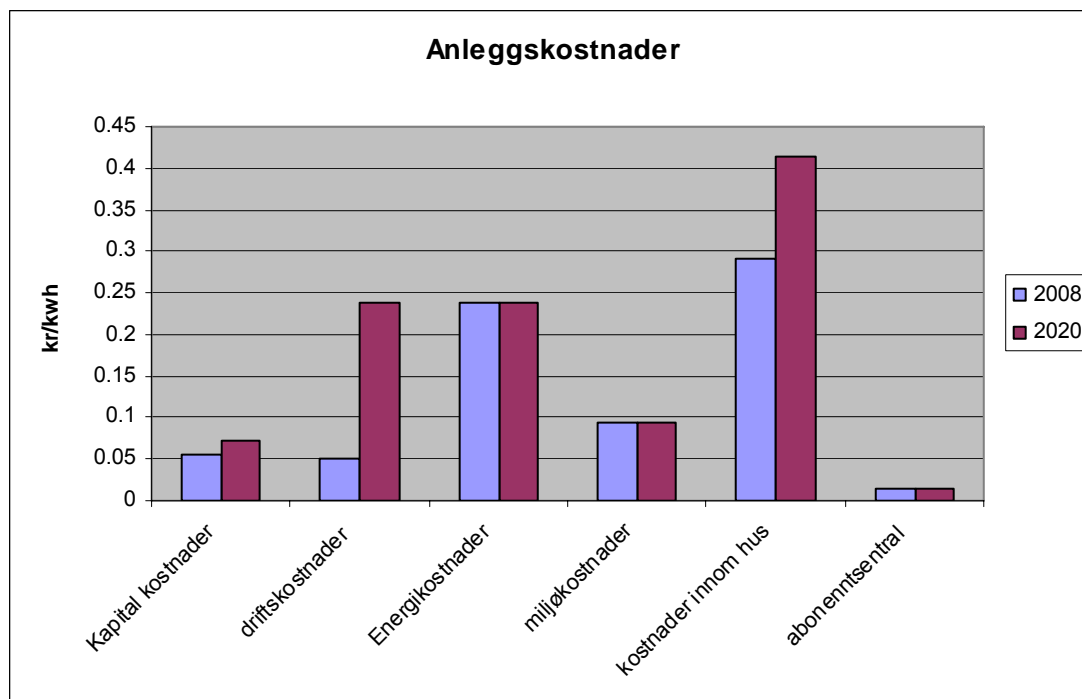
Energileveranse	15184518Kwh
pris pr kwh	2.5Kr
total investering	54,230,423Kr
Y	0.8
s	0.9
iva	350Kr/m ²
ikj	200Kr/kW
iAb	300kr/kW
drift og vedlikehold	0.02
Annuitet	0.08
pel	0.25kr/kw
årvirkningsfrad sentralfyring	0.9
dekking av enova	30%
tap i nett	2500kr/kw
renseanleggkostnad	0.08kr/kwh
Kapital kostnader	3036903.69kr
driftskostnader	1084608.46kr
Energikostnader	3608120.5kr
miljøkostnader	1434936.98kr
varmeteknisk innom hus	6300000kr
antall hus	2250
rn	0.12
s	0.3
i	0.04
rn	0.04230769
Energileveranse bioanlegg	20872481.6kwh
total sum	14236694.3kr/kwh
brukstid	2200h
abonnentsentral	207061.613

I dette tilfelle er det antatt at det er reduksjon på energibehovet 30%. Dette medfører at det blir mindre anleggskostnader. Denne antagelsen er blitt tatt i fra regjeringens skriv om hvor mye reduksjon det kommer til å bli de neste 20 årene.

Her er kostnadene i kr/kwh for 2020

kapitalkostnader per distibuert kwh	0.2kr/kwh
driftskostnader per distribuert kwh	0.07142857kr/kwh
energikostnader per distribuert kwh	0.23761837kr/kwh
miljøkostnad per distribuert kwh	0.0945kr/kwh
Varmeteknisk per distribuert kwh	0.41489627kr/kwh
abonnentsentral per distribuert kwh	0.01363636kr/kwh
kostnad per distrubert kwh	0.93757958kr/kwh

Under er en liten sammenligning av anleggskostnader i kr/kwh



Av diagrammet så viser det seg at det er driftskostnaden som øker mest per kr/kwh.

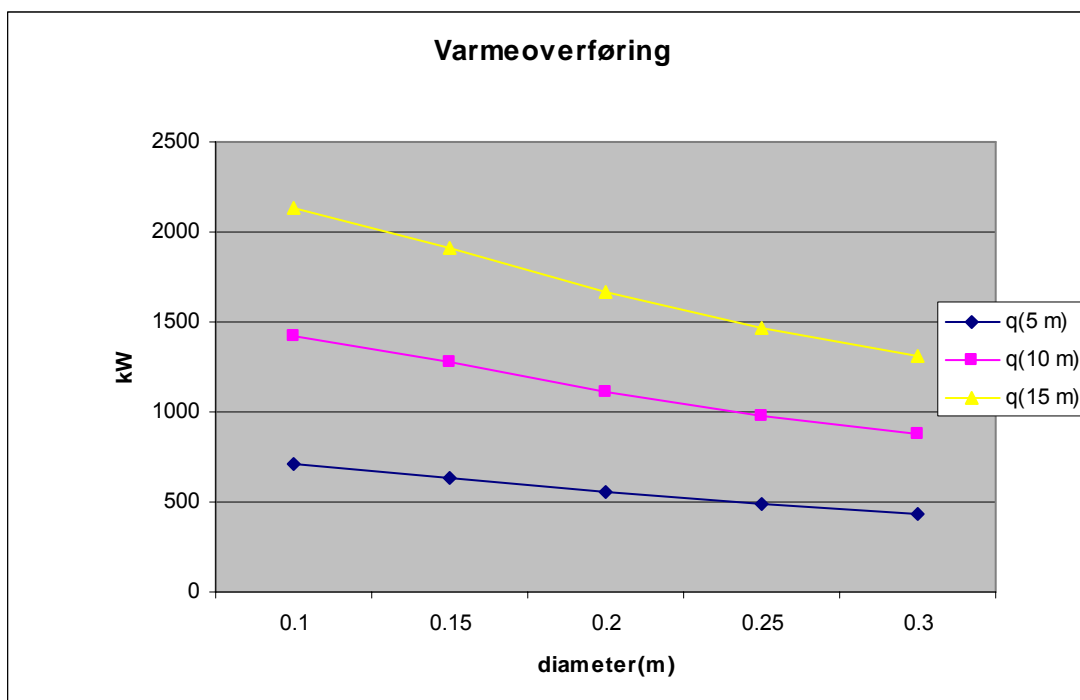
Diskusjon/konklusjon

Målet med denne rapporten var å undersøke om det var over lengre tid lønnsomt å bruke spillvarme fra aluminiumsverk for å forsyne en by med oppvarming. Dette foregitt ved at det først skulle vurdere hvilken varmeveksler man skulle bruke.

Varmeveksleren

Alternativ 1

Aluminiumsverket hadde 170 ovner. Det er 2 alternativ for å utnytte spillvarmen som var fra aluminiumsverket den ene metoden var å bruke en kjølekappe rundt hvert rør som er under hver ovn. Et annet alternativ var å bruke 4 røykkjeler som varmevekslere for å få utnytte spillvarmen.



De optimale dimensjonene til kjølekappe var:

Lengde: 15 meter

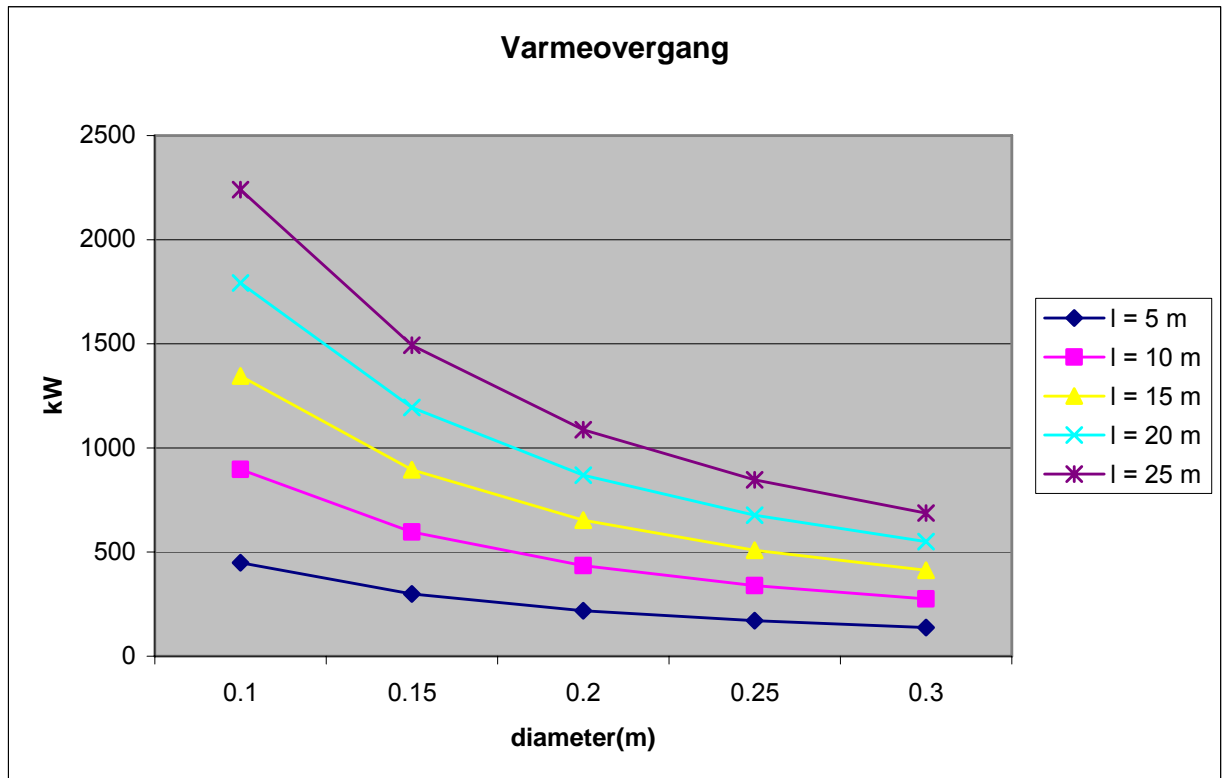
Diameter: 200 mm.

Energiutnyttelse: 68,8 %

Dette var en ganske god løsning med tanke på energiforbruk og bygging. Men dette har også en bakdel med at det var ganske dårlig tilpasning praktisk sett. Man må i dette tilfelle holde styr på 170 ovner.

Alternativ 2

I det andre alternativet så ble det vurdert en kjel som bestod av flere små rør. Her var det flere rør per kjel som ligger i en bunt. Gassen går mellom disse rørene og blir brukt som oppvarming av vannet som blir sendt i det indre røret. Det skulle her bli brukt 4 kjeler med som fungerer på samme måte.



De optimale dimensjonen til kjelen var:

Lengde: 25 meter

Antall rør: 72

Diameter kjel: 0.15 meter

Indre diameter små rør: 0,01 meter

Ytre diameter små rør: 0,016 meter

Rørtykkelse: 0.005 meter

Antall kjeler: 4

Enrgiytelse: 61,1%

Denne varmeveksleren trengte større dimensjoner enn kjølekappen. Røykkjelen er mye mer praktisk enn kjølekappe med hensyn på at man får mer kompakt løsning av varmeveksleren. Man får utnyttet plassen bedre siden man her får samlet energien i 4 kjeler. Bakdelen med røykkjelen er at man må bruke mer materialer enn ved kjølekappe.

Med så små forskjeller og tanke på at varmeveksleren bør være mest praktisk mulig så falt valget på røykkjelen. Dette var på grunn at den både var mer praktisk og lettere å styre.

Varmen skulle bli sendt vider til en by som hadde 30 000 innbyggere. Som utgangspunkt ble det tatt i bruk Farsund som modell. Tallene var ikke reelt men tilnærma virkelige. I denne oppgaven ble det antatt at det var 30 % av innbyggerne som var interessert i fjernvarme. Dette skulle bli sett på i dagens varmebehov og samtidig hva som skjedde når det var nedgang i varmebehovet i år 2020.

Følgende grunndata er blitt tatt med.:

- 3000 av innbyggerne bor i boligblokk område merket boligområdet 1 og boligområdet 2
- 16000 av innbyggere bor i by område
- I by området ligger kommuneadministrasjonen og andre offentlige bygg. Energi- og effektbehov til disse er gitt i tabellen nedenfor.
- Det er næringsbygg/kontorbygg med 3.000 m² grunnflate nær Strandgaten.
- De resterende innbyggerne bor i spredt småhusbebyggelse i områdene merket med rødt på kartet.

Energiforbruk offentlige bygg. Budsjett 2008

	Fast kraft kWh	Kjel kWh	Sum kWh	Maks effekt kW
Kommunesenteret	1575000	398000	1973000	360
Helsesenter	279533		279533	65
Skole	856029	450212	1306241	261
Ungdomsskole	540000	117118	657118	206
Idrettshall	277879		277879	110
Bibliotek	173220		173220	60
Kulturhus	411117		411117	150
			5078108	

Bygningsfordelingen ble som følger ved 30% fjernvarme:

Fjernvarme	antall innbyggere
Blokk	900
Sentrum	4800
Spredt bebyggelse	3300

Som betraktning for effektbehovet så ble det her antatt at det bodde 4 personer i blokkleligheten og at det var et areal på 75 m²

For effektbehovet for spredt bebyggelse ble det antatt at det arealet var 150 m² og at det i gjennomsnitt bodde 4 personer per bolig

Her er det totale effektbehovet:

Effektbehov blokkbolig	630 Kw
Effektbehov enebolig	4620 Kw
Effektbehov offentlig bygg	1212 Kw
Effektbehov kontorbygg	36 Kw

Effektbehov totalt

6498 Kw

For å beregne energibehovet og effektbehovet videre måtte man ta hensyn til tendensen. Dette ble gjort ved å se på Soria Morias sin rapport om energiforbruk og tendenser om energiforbruk. Da ble det antydnet at det var 30% reduksjon på energiforbruk. Dette hadde en effekt at det var større kostnader per kwh.

Her er estimert energibehov til offentlige bygg i år 2020 med 30 % reduksjon av energibehovet i dagens behov.

	Fast kraft kWh	Kjel kWh	sum kWh	Maks effekt kW
Kommunesenteret	472500	119400	591900	108
Helsesenteret	83859.9		83859.9	19.5
Skole	256808.7	135064	391872	78.3
Ungdomsskole	162000	35135.4	197135	61.8
Idrettstall	83363.7		83363.7	33
Bibliotek	51966		51966	18
Kulturhus	123335.1		123335	45
			1523432	

Her har man reduksjonen til effektbehovet til bygningene på grunn av reduksjon i energibehovet til byen.

Her ser man effektbehovet reduksjonen med private boliger totalt:

Effektbehov sentrum	3564Kw
Effektbehov blokkbolig	189Kw
Effektbehov enebolig	1386Kw
Effektbehov offentlig bygg	5139Kw
Effektbehov kontorbygg	4948857Kw
Effektbehov totalt	5539.32Kw

Det totale energibehovet til fjernvarmenettet i byen måtte kunne bli dekket av røjkjelen til aluminiumsverket. Hvis ikke så er røykkjelen unyttig.

effekt aluminiumsverk	6000 kW
energi fjernvarme	51510000 kWh
energibehov offentlig bygg	5078108 kWh
energioverskudd fra offentligebygg	46431892 kWh
energibehov private bygg	16496190 kWh
energibehov kontorbygg	117871.2 Kwh

energioverskudd til pelletsverk

29817830.8 Kwh

Som det kommer fram av tallene så dekker fjernvarmen energien til kundene som er interessert i fjernvarme.

Her er tallene for effektoverskuddet til aluminiumsverket

effekt aluminiumsverk	6000 kW
Effektbehov totalt	18464.4 Kw
Effektoverskudd	-12464.4 Kw

Som det kommer fram av tallene så klarer ikke varmevekslerne fra aluminiumsverket å dekke hele effektbehovet til fjernvarme abonnentene. For å bøte på dette så blir overskuddsenergien fra varmevekslerne lagret i et pellets - verk som er planlagt bygget av kommunen. Dette medfører at man kan bruke effekten fra pellets - verket til å dekke topplasten.

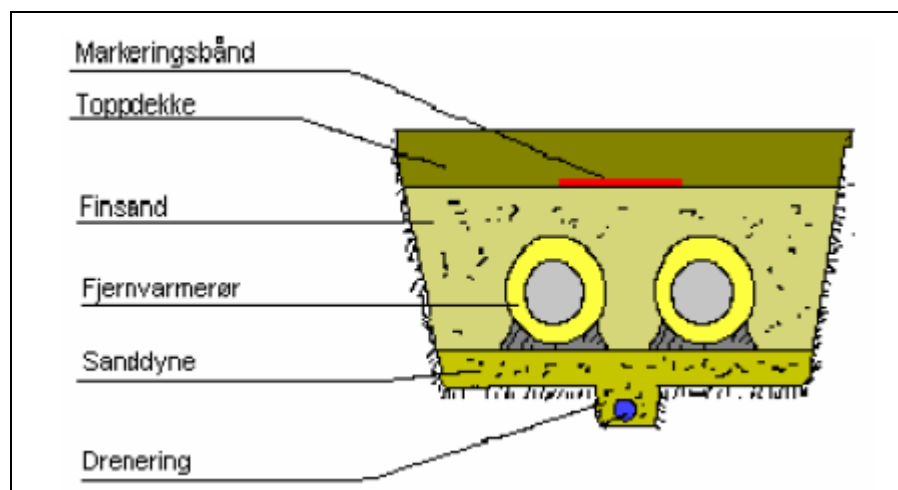
Trasevalg

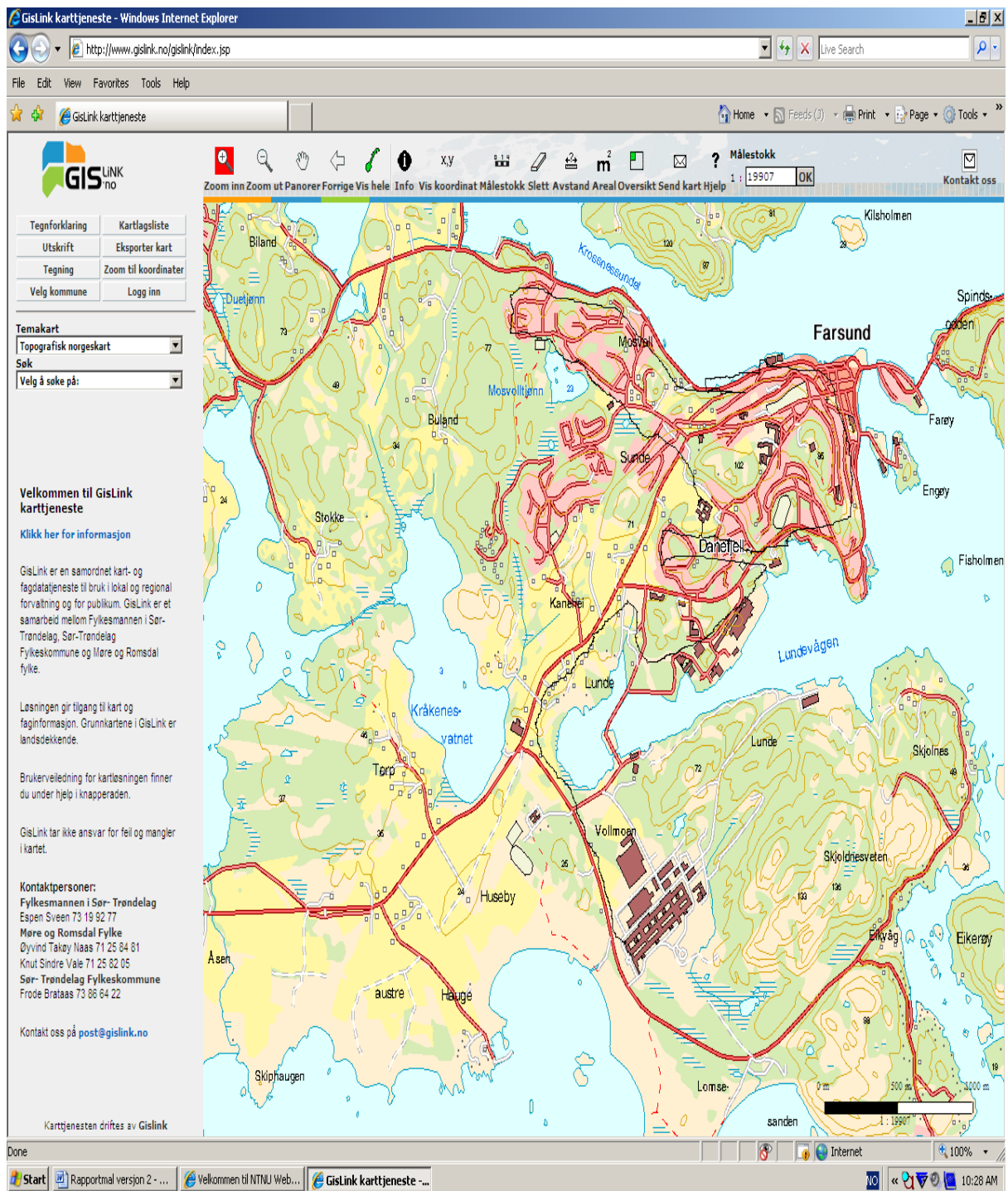
Som trase var det viktig at det ikke var for mye helning i rørsystemet. Man burde også ha ren grunnforhold. Høydeforskjellen er på 70 meter, og dette tilsvarer et trykk på 7 bar. Maksimal trykk som er optimalt for fjernvarmeanlegg er 16 bar.

Ved dimensjonering av røret er det vanlig å regne med et trykktap på 100-200 Pa pr. meter fjernvarmerør.

Optimale temperatur differansen mellom tur- og retur temperatur I fjernvarmenettet er 20 °C.

Ledningene legges 40 – 60 cm under jorden avhengig av hvilke trafikkbelastning ledningene vil bli utsatt for.





Den totale lengden på rørnettet blir på 8 kilometer og rør tykkelsen er på 200 mm.

Det beste materialet som blir er plast for det er mer elastisk og tåler mer bøyning enn stål.

Følgende økonomiske parameter er blitt antatt for anlegget:

Vedlikeholdskostnad: 0.5% per år

Rentesats : 7% per år

Avskrivningstid : 30 år

C	1400	kr/m
A	0.086	
N	1	
K	0.05	%
Cp	4200	Ws/kg*C
Te	13320000	s/år
P	1000	kg/m ³
Λ	0.02	
H	0.65	
Hm	0.8	
Θ	50	
Pel	1.388E-07	kr/Ws
Pbr	5.56E-08	kr/Ws
P	7000000	W
K	9.44E-08	kr/Ws
D	0.000193652	M
D	0.240530636	M
Q	0.087925714	m ² /s
V	1.935018964	m/s
R	155.6682533	Pa
kp,år	27.80149299	kr/m
Kl	199.207465	kr/m
Ktot	227.008958	kr/m
Lengderør	8000	M
Energibehov totalt	21692169.2	Kwh
total distribert kostnad	1816071.664	Kr
distribert kostnad per kwh	0.08372015	kr/kwh

Som man ser av skjemaet blir den totale distriberte kostnaden per meter på 227 kr. Den totale distriberte kostnaden ble på 1816071.65 kr, mens distriberte kostnad per kwh.

Her viser hva som skjer når det er 30% reduksjon i

C	1400	kr/m
A	0.086	
N	1	
K	0.05	%
Cp	4200	Ws/kg*C
Te	13320000	s/år
P	1000	kg/m ³
Λ	0.02	
H	0.65	
Hm	0.8	
Θ	50	
Pel	1.388E-07	kr/Ws
Pbr	5.56E-08	kr/Ws
P	7000000	W
K	9.44E-08	kr/Ws
D	5.93192E-05	M
D	0.197484294	M
Q	0.087925714	m ² /s
V	2.870522125	m/s
R	417.2431683	Pa
kp,år	74.51733269	kr/m
Kl	174.3301234	kr/m
Ktot	248.8474561	kr/m
Energibehov totalt	15184518.44	kwh
totalt distributert kostnad	1990779.649	kr
distribuert kostnad per kwh	0.13110588	kr/kwh

Totale distribuert kostnad per meter blir her 248,85 kr/m total kostnad blir på 1990799,65 kr. Kostnad per kwh blir 0.131 kr/kwh. Dette medfører at ved 30% reduksjon i energibehovet så blir det 56% økning kr/kwh siden anlegget allerede er installert. Her ligger det største tapet.

pris pr kwh	2.5Kr
Fjernvarmeanlegg investering	54,230,423Kr
biobrensel	1,490,892Kr
biobrensel kostnad	0.05kr/kwh
S	0.9

Iva	350kr/m ²
lkj	200kr/kW
iAb	300kr/kW
drift og vedlikehold	0.02
Annuitet	0.08
pel	0.25kr/kw
årvirkningsfrad sentralfyring	0.9
Dekking av enova	30%
tap i nett	0.06
tap i nett	2500kr/kwh
Renseanleggkostnad	0.08kr/kwh
Kapital kostnader	3036903.69Kr
Driftskostnader	1084608.46Kr
Energikostnader	5154457.89Kr
Miljøkostnader	2049909.99Kr
varmeteknisk innom hus	6300000Kr
antall hus	2250
Rn	0.12
S	0.3
I	0.04
Rn	0.04230769
Energileveranse bioanlegg	29817830.8Kwh
total sum	15871772.3Kr
abonnentsentral	295802.307Kr
Brukstid	2200H
kapitalkostnader per distribuert kwh	0.05450165kr/kwh
driftskostnader per distribuert kwh	0.05kr/kwh
energikostnader per distribuert kwh	0.23761837kr/kwh
miljøkostnad per distribuert kwh	0.0945kr/kwh
Varmeteknisk per distribuert kwh	0.29042739kr/kwh
abonnentsentral per distribuert kwh	0.01363636kr/kwh
kostnad per distribert kwh	0.73168212kr/kwh

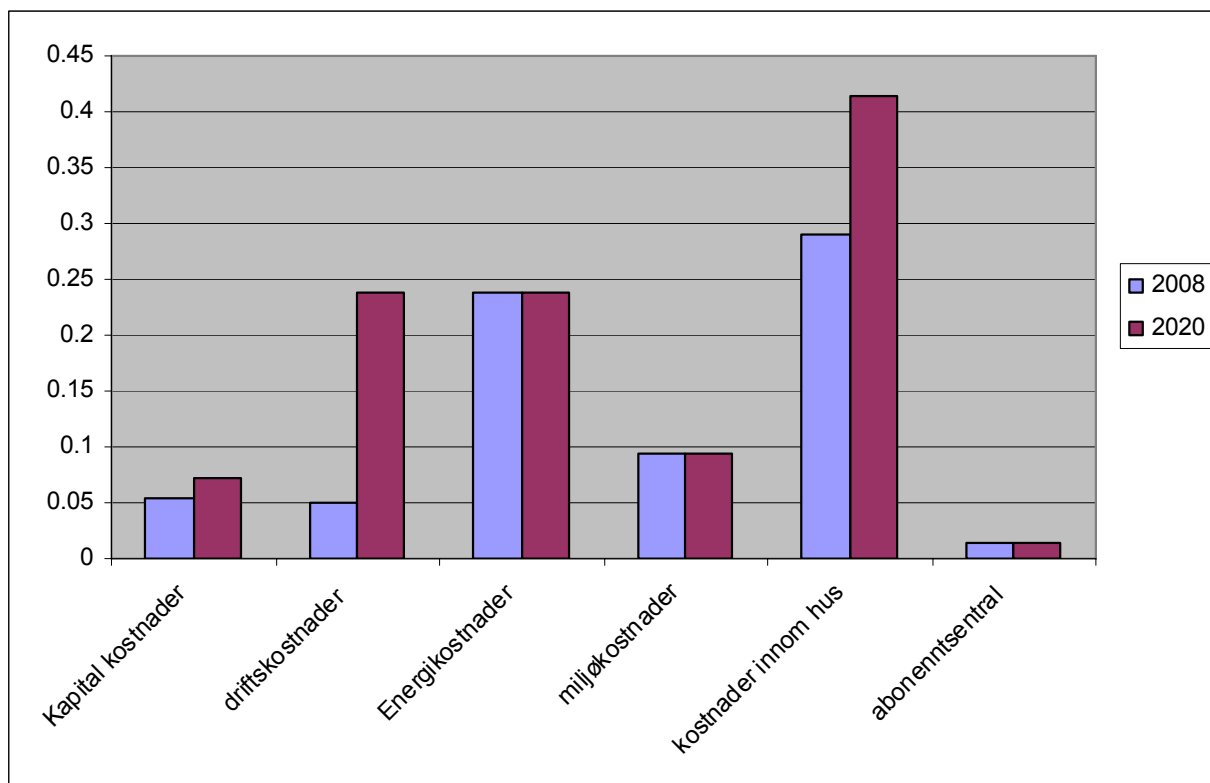
Den totale kostnaden ble på 15871772,3 kr mens kostnaden per distribuert kwh ble på 0,73 kr/kwh

Energileveranse	15184518kwh
pris pr kwh	2.5kr
Total investering	54,230,423kr
Γ	0.8
S	0.9
Iva	350kr/m ²
lkj	200kr/kW
iAb	300kr/kW
drift og vedlikehold	0.02
Annuitet	0.08
pel	0.25kr/kw
årvirkningsfrad sentralfyring	0.9
dekking av enova	30%
tap I nett	2500kr/kw

Renseanleggkostnad	0.08kr/kwh
Kapital kostnader	3036903.69kr
Driftskostnader	1084608.46kr
Energikostnader	3608120.5kr
Miljøkostnader	1434936.98kr
varmeteknisk innom hus	6300000kr
antall hus	2250
Rn	0.12
S	0.3
I	0.04
Rn	0.04230769
Energileveranse bioanlegg	20872481.6Kwh
Total sum	14236694.3kr/kwh
Brukstid	2200H
abonnentsentral	207061.613
kapitalkostnader per distribuert kwh	0.2kr/kwh
driftskostnader per distribuert kwh	0.07142857kr/kwh
energikostnader per distribuert kwh	0.23761837kr/kwh
miljøkostnad per distribuert kwh	0.0945kr/kwh
Varmeteknisk per distribuert kwh	0.41489627kr/kwh
abonnentsentral per distribuert kwh	0.01363636kr/kwh
kostnad per distribuert kwh	0.93757958kr/kwh

Den totale kostnaden ble på 14236694.3 kr mens kostnaden per distribuert kwh ble på 0,943 kr/kwh. Den totale økningen i anleggskostnaden ble på rundt 20 % når det var en reduksjon på 30 % av energiforbruket.

Her er en liten sammenligning mellom det totale kostnaden gitt i kr/kwh i 2008 og 2020



produksjonskostnader(2008) 0.731682kr/kwh
distribusjonskostnader(2008) 0.08372kr/kwh
total kostnad(2008) 0.815402kr/kwh

produksjonskostnader(2020) 0.9375798kr/kwh
distribusjonskostnader(2020) 0.13110588kr/kwh
total kostnad(2020) 1.068686kr/kwh

Her er den totale endringen fra 2008 til 2020
Differanse 0.253283kr/kwh
Prosentvis endring 31.06239%

Den totale endringen på kr/kwh fra 2008 til 2020 ble på 30 %. Dette er på grunn av at produksjonskostnadene er i størrelsesorden 10 i forhold til distribusjonskostnaden. Driftskostnaden bidrar til den største økingen i øking av anleggskostnader. Dette medfører at til 31 % reduksjon i varmebehov medfører en total endring av 30 % endring i kostnader per kwh.

9 REFERANSER

1. Incorpia/DeWitt/Bergmann/Lavine (2007): "Fundamentals of Heat and mass transfer", John Wiley & Sons, Sixth edition
2. Håkon Skistad. Personlig kommunikasjon
3. Erling Næss. Personlig kommunikasjon
4. http://www.krageroenergi.no/upload/files/doc/1141029068_rapport_krageroe_nae_ringspark_trinn_2.doc
5. Ulseth, Rolf(2008):"Tep14 Bygningers energiforsyning", Institutt for energi- og prosessteknikk, NTNU.
6. Rolf Ulseth. Personlig kommunikasjon
7. Sjøvold, Oddbjørn(1991):"Fjernvarme i det norske energisystem", Universitetsforlaget, 1 opplag
8. Haabeth, Sjur Nilsen(2006): "Lønnsomhetsanalyse av et fjernvarmeanlegg basert på spillvarme i Sarpsborg Sentrum", Institutt for økonomi og Ressursforvaltning
9. www.gislink.no
10. <http://www.regjeringen.no/upload/kilde/smk/rap/2005/0001/ddd/pdfv/260512-regjeringsplattform.pdf>
11. <http://www.regjeringen.no/en/dep/krd/press/pressemeldinger/2006/nye-byggeforskrifter.html?id=104875>
12. www.Enova.no
13. www.fjernvarme.no