

En investeringsanalyse av småskala flisfyringsanlegg basert
på egenprodusert flis: Et casestudie fra Nord-Trøndelag

An investment analysis of small scale chip heating units
based on own produced wood chips: A case study from
Nord-Trøndelag

Ken Thomas Wallinder

UNIVERSITETET FOR MILJØ- OG BIOVITENSKAP
INSTITUTT FOR NATURFORVALTNING
MASTEROPPGAVE 30 STP. 2006



Forord

Denne mastergradoppgaven er utarbeidet ved Institutt for naturforvaltning (INA) ved Universitetet for miljø- og biovitenskap, og er skrevet innenfor fagfeltet ressursøkonomi og planlegging. Oppgaven er på 30 studiepoeng, og avslutter et femårig studium som leder til tittelen Master i naturforvaltning.

Arbeidet med oppgaven har vært interssant, da det er et aktuelt fagfelt som får stadig mer oppmerksomhet både i fra myndigheter, media, interesseorganisasjoner og potensielle bioenergiaktører. Arbeidet med oppgaven har gitt meg mye innsikt, og mye ny kunnskap om bioenergi og flisfyring. Samtidig som jeg har fått en del intrykk og erfaringer som bransjen sitter med, men som ikke nødvendigvis står på trykk.

Jeg vil takke forsker Torjus Bolkesjø for god veiledning. Konstruktiv kritikk, gode faglige råd og skrivemessige tips har vært avgjørende for å få til en best mulig oppgave. Samtidig vil jeg takke Trond Hammeren som er sentral koordinator for bioenergiprogrammet ved Innovasjon Norge for å ha gitt meg tilgang på tidligere utredninger, og ha satt gitt meg råd om hvor jeg kunne henvende meg for å få svar på en del av mine spørsmål.

Ås, mai 2006

Ken Thomas Wallinder

Sammendrag

Hovedmålet med denne oppgaven er å beregne kostnader og energipris for flisfyringsanlegg med tilhørende flisproduksjon, i Sandvika og Mebygda sentrum, Lierne kommune, Nord-Trøndelag.

Følgende problemstillinger inngår i oppgaven:

1. Lage forslag til en rasjonell og kostnadsdyktig flisproduksjon.
2. Innhente og spesifisere kostnader ved varmeproduksjon og varmedistribusjon.
3. Analysere hvilke faktorer som er mest avgjørende for kostnadene for levert varme.

Starten på oppgaven var å undersøke energi og effektbehov til potensielle varmekunder i Sandvika og Mebygda sentrum. Derne ble ulike metoder for flishogging vurdert, samt at det ble gjort et kostnadsoverslag både for flisproduksjon og varmeproduksjon. I hele oppgaven er det brukt 25 % investeringsstøtte i basiskalkylene på flis- og varmeproduksjon. De fleste kostnadene ble basert på tall fra Hohle, NoBio og Norsk Biovarme AS. Alle beregningene er gjort i Microsoft Excel.

Følgende hovedresultater kom frem i analysen: Energibehovet i Sandvika er 1,596 GWh pr. år, mens effektbehovet er 943 kW. Energibehovet i Mebygda er 0,638 GWh pr. år, mens effektbehovet er 405 kW.

Oppgaven forutsetter tilnærmet full effektdekning med bioenergi. Det forutsettes også at 95 % av energibehovet dekkes med bioenergi. For å kunne produsere en energimengde lik energibehovene i Sandvika og Mebygda, må det produseres 2,712 kWh med flis. Flishogging skjer med inkjøpt flishogger, med råvarer inkjøpt fra Allskog til en pris av kr 275 pr. m³ levert industritomt. Det bygges flislager innen 3 km fra hvert sentrum.

Flis kan produseres med en kostnad på 26,79 øre pr. kWh eksklusive merverdiavgift

Ved fulleffektdekning, og 95 % energidekning med bioenergi, blir varmeprisen ut til forbrukerne i Sandvika og Mebygda henholdsvis 71,17 og 74,40 øre pr kWh eksklusive merverdiavgift. For å oppnå en varmepris lik dagen strømpris, må investeringsstøtten i varmeproduksjonen være 34 og 42 % i henholdsvis Sandvika og Mebygda. Med 25 % støtte må kalkulasjonsrenten være 5 % i Sandvika og 3,4 % i Mebygda for at varmeprisen skal nærme seg strømprisen.

Summary

The main objectives of this thesis, is to analyse costs and end-use energy (heat) price for small-scale chip heating units. The study also analyses costs of wood chipping relative to buying chips from the local forest owner association. The research questions are analysed through a case study in Sandvika and Mebygda, Lierne municipal, Nord-Trøndelag.

The following sub-goals were defined:

1. Find the most cost efficient and rational chip production system
2. Obtain and specify costs of heat production and heat distribution.
3. Analyse which factor are most important regarding for the cost of delivered heat.

The first part of the thesis analyses the effect and heat demand for potential heat consumers in the centre of Sandvika and Mebygda. Then different methods for wood chipping were analysed, and an investment analysis were conducted for both wood chip and heat production. Through the whole thesis, a 25 % subsidy on investment costs are assumed(in the basis scenario). Most costs are based on figures from Hohle, NoBio and Norsk Biovarme AS. All calculations are made in Microsoft Excel.

These are the main results from the analysis: The predicted energy consumption in Sandvika is in a normal year 1,596 GWh per year, while the effect demand is 943 kW. The predicted energy consumption in Mebygda is in a normal year 0,638 GWh per year, while the effect demand in 405 kW.

The thesis assumes that the bioenergy installations is constructed to handle the full effect demand, and as back up, a smaller oil burner is also installed. It is assumed that 95 % of the total energy consumption in a normal year is covered by bio energy. To cover the predicted energy consumption in Sandvika and Mebygda, a total of 2,712 GWh heat energy based on wood chips are required. Wood chip are produced with a purchased wood chipper, and the raw materials (low quality roundwood) are bought from Allskog at a price of 275 kr per cubic meter delivered on the industry site. Wood chip stores will be built within 3 km from the center of Sandvika and Mebygda.

The analysis shows that wood chip can be produced at a price of 26,79 øre per kWh.

With full effect covering and 95 % covering of the energy demand with bio energy, the heat price to the consumers will be 71,17 øre per kWh in Sandvika, and 74,40 øre per kWh in

Mebygda exclusive VAT. To obtain a heat price equal to the current end-user electricity price, the investment support must be 34 and 42 % respectively in Sandvika and Mebygda. With 25 % investment support, the internal rate of return is 5 and 3,4 % in Sandvika and Mebygda, respectively.

Innhold

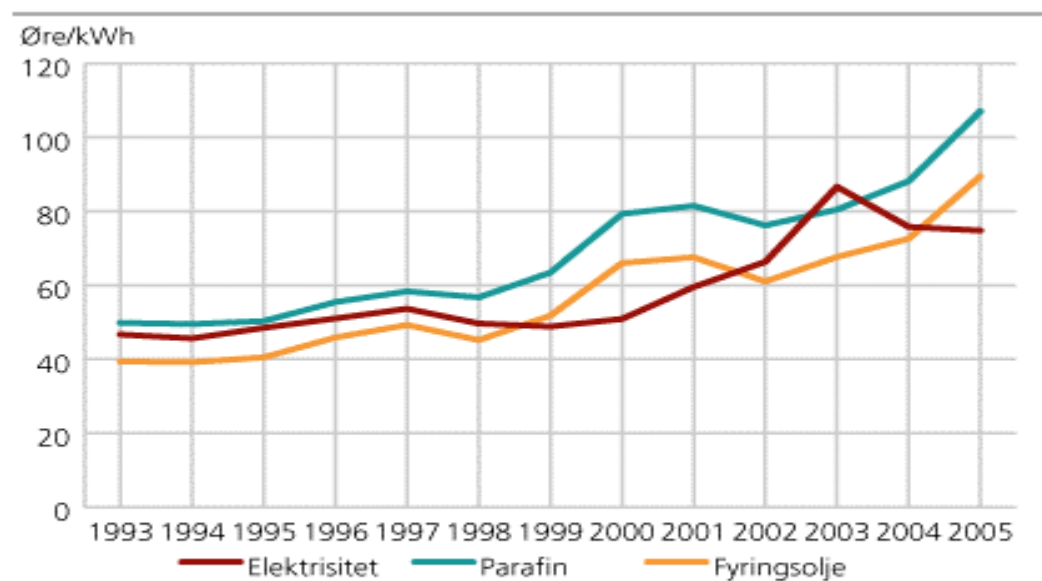
Sammendrag	3
1. Innledning	7
1.1 Bakgrunn	7
1.2 Målsetning	8
1.3 Tidligere arbeider	8
1.4 Lierne kommune – Fakta og beskrivelse	9
2. Material og metode	11
2.1 Forutsetninger – effekt og energibehov	11
2.2 Forutsetninger – råstoff og brennverdi	14
2.3 Forutsetninger – investeringskostnader	17
2.3.1 Flisproduksjon	17
2.3.2 Varmeproduksjon	19
2.3.3 Distribusjonsnett	24
2.4 Kapitalkostnader	25
2.5 Forutsetninger – driftskostnader	27
2.5.1 Brenselpris	27
2.5.2 Flisproduksjon	27
2.5.3 Transport	28
2.5.4 Kostnad for fyringsolje	29
2.5.5 Drifts- og vedlikeholdskostnader	29
2.6 Støtteordninger - Innovasjon Norge og Enova	29
3. Resultater	31
3.1 Energibehov og effektbehov	31
3.2 Beregning av fliskostnader innført	32
3.2.1 "Best case"	33
3.2.2 "Worst case"	34
3.3 Beregning av totale kostnader for flisbasert fjernvarme	35
3.3.1 "Best case"	37
3.3.2 "Worst case"	37
3.4 Følsomhetsanalyser	37
4. Diskusjon	41
4.1 Material og metode	41
4.1.1 Energibehov	41
4.1.2 Flisproduksjon	42
4.1.3 Distribusjonsnett	43
4.1.4 Varmeproduksjon	44
4.2 Resultater	45
5. Konklusjon	49
Litteratur	50

1. Innledning

1.1 Bakgrunn

Svingende og økende priser på elkraft og fyringsolje har ført til at stadig flere ønsker å utnytte biobrensel til oppvarming. En omlegging til oppvarming med biobrensel har flere positive ringvirkninger. I en lokal sammenheng vil flisfyring, som denne oppgaven tar for seg, kunne gi rom for utnyttelse av lokale ressurser. Mindre flisfyringsanlegg, der lokale selskaper drifter alt fra flisproduksjon til leveranse av ”varme rom”, gir muligheter for å bruke lokalt råstoff og lokal arbeidskraft.

I en større sammenheng vil varme fra biobrensel avlaste etterspørselen etter elektrisk kraft i Norge, i tillegg til at varme fra biobrensel er et mer miljøvennlig alternativ enn energien som blir importert. Utbygging av biobrensel til varme vil heller ikke belaste et ellers presset strømnnett. Alle disse faktorene har bidratt til at det de senere årene har blitt vist større politisk vilje til å stimulere til økt bruk av biobrensel som energikilde til vannbårne oppvarmingssystemer. Stimuleringen skal skje gjennom statlige finansieringsordninger med ulike støtteprogram hos Enova og Innovasjon Norge.



¹ Virkningsgrader som er brukt i figuren: Fyringsparafin: 0,75 for alle år. Fyringsolje: Gradvis økning fra 0,7 til 0,8 i perioden 1992-2002, deretter 0,8. Strøm: 1.
Kilde: Statistisk sentralbyrå og Norsk Petroleumsinstitutt.

Figur 1. Priser på elektrisitet til husholdninger, og fyringsolje og fyringsparafin omregnet til nyttiggjort energi¹. 1993-1995. Alle avgifter inkludert. Prisene er oppgitt i øre/kWh. (Kilde: SSB 2006).

Figur 1 viser prisutviklingen på energi i husholdningene fra 1993 til 2005 medregnet virkningsgrader og avgifter. I følge Grønn Energi (2006) vil oppvarming med lett fyringolje

antas koste 98 øre pr. kWh inkl mva (medregnet virkningsgrad på 0,8). Elektrisk energi kostet i følge SSB (2006c) 84,3 øre pr. kWh inkl alle avgifter første kvartal 2006. Figuren er brukt for å vise at prisene på energi har hatt en tendens til å stige. Det er derfor interessant å begynne å regne priser på energi av alternative energiformer, for eksempel flis.

1.2 Målsetning

Hovedmålet med denne oppgaven er å beregne kostnader og energipris for et flisfyringsanlegg med tilhørende flisproduksjon, i Sandvika og Mebygda sentrum, Lierne kommune, Nord-Trøndelag.

Følgende problemstillinger inngår i oppgaven:

1. Lage forslag til en rasjonell og kostnadsdyktig flisproduksjon.
2. Innhente og spesifisere kostnader ved varmeproduksjon og varmedistribusjon.
3. Analysere hvilke faktorer som er mest avgjørende for kostnadene for levert varme.

Kapittel 2 gir en oversikt over teorien og forutsetningene som legges til grunn i denne oppgaven. Kapittel 3 presiserer resultatene, mens diskusjonen og konklusjonen kommer i henholdsvis kapittel 4 og 5.

1.3 Tidligere arbeider

Av andre arbeider utført innenfor fagfeltet kan følgende nevnes:

Hohle (2001). Bioenergi, miljø, teknikk og marked.

Boka er en fagbok for alle med interesse for energi og energibruk. Boka tar utgangspunkt i fotosyntesen som er grunnlaget for all produksjon av den fornybare naturressursen biomasse. Temaer knyttet til produksjon, høsting og omforming av biomasse samt utnyttelse av bioenergi i form av varme, kraft og transporttjenester behandles i tekst, figurer og bilder. Økonomi og planlegging av bioenergianlegg er også viet stor plass. Det er økonomi og planleggingsdelen, samt egenskaper ved tre og flis som er spesielt interessant for denne oppgaven.

Norsk Bioenergiforening (2005). Veien til biovarme.

Dette er en manual for produksjon av ferdigvarme fra biobrensel, og henvender seg til enkeltpersoner og varmeselskaper. Hensikten med manualen er å gi et overblikk over de

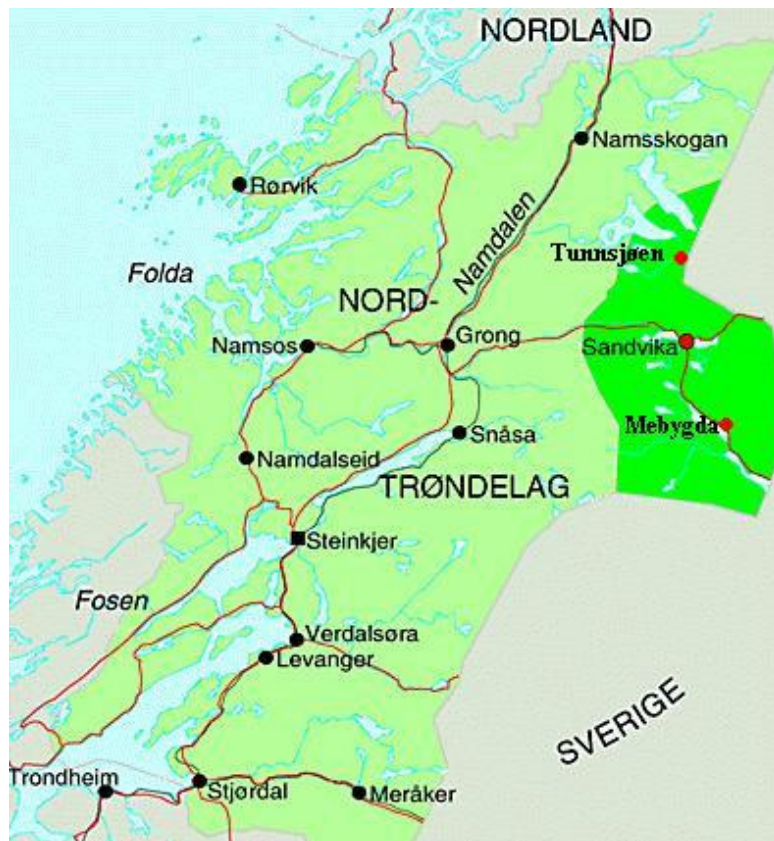
forskjellige fasene det er naturlig å gjennomføre ved etablering av et ferdigvarmeselskap. Manualen er ment som et verktøy for å gjøre brukeren bedre rustet til å føre prosjektet fram til målet på en enkel og mer effektiv måte. Fokus er satt på sentrale tekniske, administrative og økonomiske problemstillinger som kan oppstå i forbindelse med etablering av et varmeselskap. En del av forutsetningene i denne manualen er blitt brukt i oppgaven.

Hagen (2004) skrev hovedoppgaven ”En kostnadsanalyse av et fjernvarmeanlegg basert på biobrensel”. Også dette anlegget fyres med flis, men er noe større enn anleggene som er vurdert i denne oppgaven.

I tillegg har jeg samlet inn noen utredninger av anlegg i lignende størrelse som har søkt, og delvis fått midler til utbygging. I disse utredningene gis det en del retningslinjer angående tekniske løsninger og kostnader knyttet til flisproduksjon, varmeproduksjon og distribusjonsnett. Disse opplysningene er grunnlaget for en del forutsetninger, samtidig som de er et sammenligningsgrunnlag for mine resultater.

1.4 Lierne kommune – Fakta og beskrivelse.

Lierne kommune ligger i Nord-Trøndelag. Pr. 1.1.2005 var det 1509 innbyggere i kommunen (SSB 2006b), og kommunen er 2972 km² stor (Lierne kommune 2006). Lierne kommune har tre sentrumsområde; Sandvika, Tunnsjøen og Mebygda, der Sandvika er kommunesentrum med kommunens administrative bygg. Avstanden mellom Sandvika og Mebygda er 36 km (Gulesider 2006).



Figur 2. Kartet viser beliggenhet av Sandvika og Mebygda. Det mørkegrønne området er Lierne kommune (Store Norske Leksikon 2006).

Bygningsmassen tenkt oppvarmet med bioenergi, består i Sandvika i hovedsak av skole, barnehage, sykehjem, kommuneadministrasjon, et kommunalt flerbruksbygg, tre private næringsbygg og enebolig. I Mebygda er de aktuelle byggene skole, idrettshall og samfunnshus. Alle disse byggene har i dag vannbårne oppvarmingssystem. Avstanden mellom ytterpunktene i et tenkt varmedistribusjonsnett er i Sandvika på ca 1 km, og alle byggene ligger nært inntil en rett linje gjennom sentrum. Høydeforskjellene er på inntil 25 meter, og det er forholdsvis flatt. Sentrumsområdet er åpent med mye vegetative områder, men også innslag av asfalterte områder og en del veier. Jordsmonnet er steinfull morenejord, og det er lite innslag med nakent fjell.

For Mebygda er avstande mellom de tre byggene ca 200 meter. Også her ligger byggene på en rett linje. Høydeforskjellen er på ca 5 meter, og området er flatt. Området er åpent med mest vegetative områder og lite asfalterte områder. Jordsmonnet er morenejord.

2. Material og metode

Alle beløp i oppgaven, er om ikke annet er oppgitt, eksklusive merverdiavgift (mva).

2.1 Forutsetninger – effekt og energibehov

Det blir her gitt en definisjon og forklaring på to uttrykk som er viktige å forstå med tanke på å arbeide med kartlegging av energibehov.

Varmebehov: Den mengden energi som må leveres fra varmeanlegget i løpet av et år.

Varmebehovet oppgis som regel i MWh = 1000 kWh eller GWh = 1000000 kWh avhengig av anleggets størrelse (NoBio, 2005).

Effektbehov: Den mengde energi som anlegget må kunne levere pr time når oppvarmingsbehovet er størst (den kaldeste perioden). Effekten oppgis som regel i kW eller MW (NoBio, 2005).

Energiavtaker, kunde eller abonnent, er tre forskjellige begreper på en bygning som kjøper varmeenergi av fjernvarmenettet. I oppgaven vil alle uttrykkene bli brukt.

Varmebehov:

Årlig termisk energiforbruk (= årlig varmeleveranse) og maksimalt effektbehov danner utgangspunktet for dimensjonering av flisfyringsanlegget. En må derfor ta utgangspunkt i et realistisk kundegrunnlag. I denne oppgaven er det tatt utgangspunkt i bygninger som varmes opp med vannbåren varme, enten med radiatorer eller gulvvarme. Alle de aktuelle bygningene har elektrisitet (elkolber) eller olje (oljebrennere) som oppvarmingskilde.

Av hensyn til energitakerne, vil det ikke bli gitt opplysninger som kan si hvor stort forbruk det er ved hver enkelt bygning.

Opplysninger om energiforbruk ved offentlige bygg ble samlet inn ved teknisk etat i kommunen (Nergård, 2005). Potensielle private bygg ble kontaktet over telefon.

Opplysningene ble innhentet i form av energi forbrukt et helt år ved hvert enkelt bygg, enten i kWh eller i antall liter olje. Bygg oppvarmet med oljeenergi, oppgir forbrukt olje som et ca. tall, da oljetankene ikke blir fylt ved samme tidspunkt hvert år.

Beregninger ut fra elforbruket

Ved fyring med elektrokjele benyttes en elektrokolbe eller elektrospiral som senkes ned i vannet og varmer det opp. På grunn av strålingstap, settes årsvirkningsgraden til 95 % (Hagen, 2004).

Beregninger ut fra oljeforbruket

Ut fra oljeforbruket kan en regne ut energiforbruket i kWh. En liter olje inneholder ca. 10 kWh varme. Årsvirkningsgraden til en oljebrenner angir hvor effektiv den er. Noe av energien i oljen blir uforbrent, mens noe går bort i strålingstap. Årsvirkningsgraden til en oljekjel kan ofte regnes til 85 %, men dette kan variere med alder og generell forfatning (NoBio, 2005).

Formelen for total varmeproduksjon blir som følger:

$$\text{Total varmeproduksjon hos kunden} = X \text{ liter olje} \times 0,85 \quad (1)$$

Ved innhenting av energiforbrukstall for hvert enkelt bygg tas det hensyn til klimamessige endringer i energiforbruket. Graddagstall blir beregnet som summen av differansen mellom innetemperatur og utetemperatur for alle døgn i fyringssesongen. Fyringssesongen regnes ofte fra første døgn om høsten når døgnmiddeltemperaturen kommer under 11°C, og til det første døgnet om våren når døgnmiddeltemperaturen passerer 9°C (Hohle, 2001).

Graddagstall for Lierne kommune ble hentet fra Meteorologisk Institutt (Dalsbø, 2006).

Normalgraddagstallet for Lierne kommune (Holand målestasjon) er 5853 dager.

Graddagstallet for 2004 var 5237. Graddagstallene for 2005 forelå ikke på tidspunktet det ble undersøkt, men antydes å være ca 5300.

Graddagskorrigeringen gjennomføres på følgende måte:

$$G_f = M_f \times G_d \quad (2)$$

G_f = Graddagskorrigert forbruk

M_f = Målt forbruk

G_d = normale graddager/målte graddager

Effektbehov:

For å kunne dimensjonere distribusjonsnett og flisfyringssentral, er en avhengig av å vite effektbehovet til den enkelte energiavtaker og det samlede behovet for alle energiavtakerne til sammen. I følge NoBio (2005) kan et overslag på effektbehovet gjøres på følgende måte:

$$\text{Effektbehov} = \text{Totalt årlig varmebehov} / \text{Antall fyringstimer med maksimal effekt} \quad (3)$$

Antall fyringstimer pr. år med maksimal effekt blir også kalt brukstid, og betyr i praksis antall timer det må fyres med maksimal effekt for å oppnå en energiproduksjon som tilsvarer årlig energibehov (Hohle, 2001). Antall fyringstimer pr. år med maksimal effekt varierer med bygningstyper og bruk. Variasjonen ligger normalt mellom 1000 og 2300 timer. Boliger fyres normalt 2000 timer pr. år på fullast, mens kontorer og skoler fyres ned mot 1000 timer pr. år med fullast. Færre fyringstimer på fullast betyr høyere maksimal effekt.

Tabell 1. Brukstider hentet fra programverktøyet Energinøkkel (Sandberg, 2006).

Sted	Enkeltbygg
Oslo	1500
Bergen	1800
Trondheim	2000
Stavanger	1400
Lillehammer	1700
Drammen	1500
Tromsø	2300

Tallene i tabell 1 ovenfor brukes til å regne ut maksimaleffekten til hver enkelt energiavtaker. Sandberg (2006) understreker at det er viktig at brukstiden til oppvarmingsformål blir så høy som mulig, og at effekten reduseres hvis det er mulig. Dette vil føre til jevnere og bedre drift av fyranleggene.

Ved utregning av maksimaleffekt i et fjernvarmenett, må det i tillegg tas hensyn til sammenlagring og hvor stor andel av det totale energibehovet hver enkelt energiavtaker står for. Sammenlagring (samtidighet) av effektuttak er et uttrykk for at maksimalt effektbehov på fjernvarmenettet er lavere enn summen av maksimalt behov hos hver enkelt energiavtaker (Hohle, 2001). Dette kommer av at maksimalt effektbehov ikke nødvendigvis oppstår samtidig hos alle forbrukerne. Sammenlagningsfaktoren avhenger av sammensetningen av de ulike bygningstypene til energiavtakerne.

Tabell 2. Sammenlagningsfaktor ved sammensetning av ulike bygningstyper (Sandberg, 2006).

Fordeling av bygningstyper	Sammenlagningsfaktor
100 % boliger	0,8
50 % bolig, 25 % kontor, 25 % skole	0,8
50 % bolig, 25 % kontor, 25 % varehandel	0,87
50 % bolig, 25 % kontor, 25 % helse	0,85
50 % bolig, 50 % varehandel	0,89

Det forsettes at en sammenlagningsfaktor på 0,9 er tilnærmet riktig i de aktuelle fjernvarmeanleggene i oppgaven.

2.2 Forutsetninger – råstoff og brennverdi

Som brensel til flisfyringsanleggene velges energigran, siden Lierne kommune ikke har treindustri som produserer nok biprodukter i form av bark, sagflis eller kutterflis som kan dekke energibehovet til fjernvarmenettene. Grunnlaget for å velge energigran er at tilgangen er stor nok til å dekke energibehovet, tilgangen er stabil, og en får en homogen flisblanding. Med homogen flisblanding menes en jevn fliskvalitet og et jevnt fuktighetsnivå. Ulike typer av kjeler er konstruert for å fungere optimalt med ulik kvalitet på flis. Å definere flistypen er derfor viktig for å finne en flisfyringskjel som har best virkningsgrad på den type flis en har tilgang til.

For å undersøke tilgangen på energigran, ble Allskog kontaktet. For 2005 ble det fra Lierne kommune levert 5755 m³ energigran gjennom Allskog, tallet for 2004 er 2784 m³. I 2005 var det en unormal høy avvirkning, slik at avvirkningen for 2004 synes å være den mest gjennomsnittlige (pers med. Bruce, 2006).

Brennverdien til et brensel kan beregnes ved å trekke fra fordampningsvarmen av det vann som oppstår ved forbrenning av vedens hydrogen, pluss det vann som veden inneholder. Alt trevirke inneholder vann, og i forbrenningen fordampes vannet, noe som krever energi som tas fra forbrenningsprosessen. Dette innebærer at dess fuktigere brenselet er, dess mindre er den effektive brennverdien. Fuktigheten i brenselet er vannets vekt av brenselets totalvekt i prosent (Hohle, 2001).

$$He = 5,32 - \left(6,02 \times \frac{F_r}{100} \right) \quad (4)$$

He = Effektiv brennverdi

Fr = Fuktighetsprosenten

Fuktigheten i flis lagd av utørket virke kan ha en fuktighetsprosent på 51 - 59 prosent. Tørr flis beregnes å ha en fuktighetsprosent på 18 – 23 prosent. En lavere fuktighetsprosent gir en høyere brennverdi og følgelig et lavere brenselforbruk. Det er også ønskelig med flis med lavere fuktighetsinnhold på grunn av at en får en enklere og mer driftssikker kjel med høyere virkningsgrad. I forhold til lagring, vil tørrere flis gjøre håndteringen lettere når det blir minusgrader.

Videre i denne oppgaven blir det forutsatt at fuktighetsprosenten i flis blir satt til ca 30 prosent. Dette stemmer godt overens med en bioenergirapport utgitt av Energigården (2004). Dette kan oppnås ved å stable opp virke utendørs, og dekke til stabelen med en impregnert pappduk på toppen. Det er også viktig at det kommer rikelig med luft under tømmerstabelen. Det forutsettes at energivirket stables for tørking innom 100 meter fra flislagret. Dette er en rasjonell og lite ressurskrevende metode for å få ned fuktighetsprosenten. Videre tørking krever en lagringshall med plantørke, og dette fører til økte investerings- og driftskostnader.

Brennverdien i flis fra energigran varierer i forhold til fastmasseprosenten og basisdensiteten til virket. Fastmasseprosenten er forholdet mellom fast volum og løst volum til en masse. Fastmassenprosenten til flistypen i denne oppgaven blir anslått til ca 35 – 40 (Farsund, 2006), mens Staberg (pers med. 2006) anslår at fastmasseprosenten i flis av energigran er 40. Basisdensiteten er forholdet mellom den absolutt tørre massen og rått, ukrympet volum. Basisdensiteten beskriver hvor godt et treslag er som brensel. Jo høyere basisdensitet, jo høyere brennverdi har treslaget. Hohle (2001) opererer med en basisdensitet på 405 for gran, mens Eikenes (2002) anslår en basisdensitet på gran til 380. Ut fra basisdensitet, fastmasseprosent og fuktighetsprosent kan brennverdien finnes ved en enkel beregning.

$$\text{Tørrstoffvekt løst mål (kg tørrstoff/lm}^3\text{): } TS = FM \times M \quad (5)$$

$$\text{Rådensitet (kg totalvekt/lm}^3\text{): } r = \frac{TS}{1 - Fr} \quad (6)$$

FM = Fastmasse (%)

M = Basisdensitet

Fr = Fuktighetsprosenten (%) / 100

$$TS = 0,4 \times 380 = 152 \text{ kg/lm}^3 \quad (7)$$

$$r = \frac{152}{1 - 0,3} = 217,14 \text{ kg / lm}^3 \quad (8)$$

Brennverdien (He) pr. kg totalvekt finnes ved formelen:

$$He = 5,32 - \left(6,02 \times \frac{30}{100} \right) = 3,514 \text{ kWh / kg} \quad (9)$$

Brennverdien i en løskubikk flis kan dermed finnes ved å multiplisere brennverdien med rådensiteten:

$$217,14 \text{ kg/lm}^3 \times 3,514 \text{ kWh/kg} = 763 \text{ kWh/lm}^3 \quad (10)$$

Tall fra Energigården (2004), Hohle (2001) og Nobio (2005), antyder at brennverdien i flis av energigran med 30 prosent fuktighet på 680 – 810 kWh pr. lm^3 . Allskog regner med en brennverdi på 2000 kWh pr. fm^3 (tilsvarer 800 kWh pr lm^3 flis) med en fuktighetsprosent på 40 – 50, og fastmasseprosent på 40 (pers med. Staberg 2006).

Ut fra foregående opplysninger og egne beregninger settes brennverdien til 750 kWh/ lm^3 .

Med en fastmasseprosent på 0,4 og brennverdi på 750 kWh pr. lm^3 , vil et energiforbruk (medregnet ditribusjonstap og årsvirkningsgrad på fyrkjel) på til sammen 2,712 GWh pr. år, føre til et behov på 1446 m^3 energivirke i året.

Når Allskog måler tømmer, måler de volum under bark. Det vil si at barken kommer i tillegg til det virket man kjøper. Staberg (pers med. 2006) oppgir at Allskog bruker en barkandel på 10 %. Allskog antar samme brennverdi på bark som på massevirke.

2.3 Forutsetninger – investeringskostnader

2.3.1 Flisproduksjon

En rasjonell og kostnadseffektiv flisproduksjon avhenger av minst mulig håndtering av råstoff og ferdig flis. Egenproduksjon av flis krever at en har en flishogger. Denne kostnader må selvsagt veies opp mot kostnaden med å leie flishogging av andre aktører. Avstanden mellom de to tenkte flisfyringsanleggene i Sandvika og Mebygda er 36 km, og derfor vil det også være naturlig å legge reelle tall for transportkostnad til grunn for videre beregning. På grunn av den store avstanden er det også et spørsmål om plassering og størrelse av lagringshall/lagringshaller kan innvirke på transportkostnaden.

I flisproduksjon er det to større investeringer, lagringshall og flishogger. Kostnader ved lagringshall er utarbeidet av Svein Gjertsås ved bygg og anleggsfirmaet Sørli Bygg AS i Lierne kommune. Tallene er grove overslag for ferdig oppsatt lagringshall inkl. kostnader for utarbeidelse av tomt i normalt terreng.

Tabell 3. Kostnader ved lagringshall (Gjertsås, 2006).

Grunnflate (m ²)	Pris pr. m ² (kr)	Pris totalt (kr)
1000	2000	2000000
200	3500	700000
150	4000	600000
80	4500	360000

Ved lagring av flis med en fuktighetsprosent på 30, bør ikke flisa lagres i lufttette lenger enn 2 uker. Problemene med lagring ved denne fuktighetsprosenten er at det kan gå varmgang i flisa og at soppdannelse kan oppstå. Ved soppdannelse vil en få substanstap. Det vil si at soppen bryter ned flisa slik at brennverdien blir mindre. Ved soppdannelse kan det også oppstå arbeidsmiljøproblemer, men dette er ikke et problem i større åpne lagre med en viss grad av luftsirkulering (Energigården, 2006).

Hohle (2001) legger vekt på at fuktighetsprosenten ved sesonglagring i luftige lagerbygg må være under 40 for å unngå mest mulig substans- og energitap. I den grad det er mulig bør en

lagre rundvirke, og flise ved behov. Flisen bør heller ikke lagres i høyere hauger enn 7 meter på grunn av fare for selvantennning. Ved sesonglagring bør mest mulig flises høst og vinter.

Som flishogger velges en Junkkari HJ 500 Contractor. Dette er en traktordrevet flishogger som kan påmonteres kran. Flishoggeren tar stammer med en diameter opp til 45 cm.

Effektbehovet på traktoren er på 110 – 200 hestekrefter, og da har flishoggeren en kapasitet på å lage 30 – 100 m³ flis pr. time. Energigården har en slik flishogger, og energirådgiver Øystein Farsund (pers med. 2006) kunne bekrefte en kapasitet på ca 35 m³ flis timen med en traktor på 140 hestekrefter. Prisen på flishoggeren påmontert kran er 431 000 kr (pers med. Eikmaskin 2006).

Ved bruk av egen flishogger, kan en flise stokker med diameter opp til 45 cm i diameter. Energigrana kan ha større diameter enn 45 cm. Det forutsettes at en før kjøpt bare det energivirket som er under 45 cm i diameter.

Et alternativ til å stå for flishoggingen, er å leie flishugging. En aktuell aktør er Allskog, som har en mobil flishugger med stor kapasitet. Flishuggeren er montert på en lastebil, og fliser stort sett flis til smelteverk og storforbrukere. Etter samtaler med Ole Lauglo (2006), markedsjef i Allskog, vil det være mulig å leie flishugging dersom det flises store kvantum i gangen. Det forutsettes videre at det ved leie av flishugging av Allskog, flises en gang i året.



Figur 3. Junkkari HJ 500 Contractor flishogger (Kilde: Energiveven).

I oppgaven utredes 3 forskjellige logistikkalternativer. Likt for alternativene er at det ved flishogging kreves to traktorer, eventuelt en traktor og en hjullaster med hver sin sjåfør. Traktoren med flishogger stilles opp og fliser rett inn i lageret. Den andre traktoren frakter energigrana fra der den er lunnet opp (innen 100 meter fra flislagret), og til der flishoggeren står.

- Alternativ 1

Egen flisproduksjon med et stort lager innen 3 km fra Sandvika. Lageret dimensjoneres til 200 kvadratmeter. Ved 2,5 meters lagringshøyde rommer lagret 500 m^3 flis, og det holder til ca 11 dager fyring hvis begge kjelene fyres med maksimal effekt. Med et lager på 200 m^2 , må man regne med å fylle lagret drygt sju ganger i året hvis det tømmes helt hver gang. I praksis vil flishuggingen foregå oftest fyringssesongen, på grunn av at forbruket av flis da er størst.

- Alternativ 2

Egen flisproduksjon med et lager innen 3 km fra Sandvika og et flislager innen 3 km fra Mebygda. Lageret i Sandvika dimensjoneres til 150 m^2 . Ved 2,5 meters lagringshøyde rommer lageret 375 m^3 flis, og det holder til ca 11 dager hvis fliskjelen i Sandvika fyres med maksimal effekt. Lageret i Mebygda dimensjoneres til 80 m^2 . Ved 2,5 meters lagringshøyde rommer lageret 200 m^3 flis, og det holder til ca 15 dager hvis kjelen fyres med maksimal effekt.

- Alternativ 3

Leid flishogging med et stort lager i Sandvika. Ved leid flishugging av Allskog blir det fliset én gang i året. Lagret må derfor dimensjoneres for et helt årsforbruk av flis. Med en grunnflate på 1000 m^2 og lagringshøyde på 3,5 meter, rommer lageret ca 3500 m^3 . Dette holder til et års forbruk av flis.

2.3.2 Varmeproduksjon

Fyrsentralene består hovedsaklig av et fyrhus som inneholder fyrteknisk utstyr, og et flislager. Fyrteknisk utstyr er i korte trekk kjel, brenner for biobrensel, brenner for olje, og monteringsmateriale.

Det har vært vanlig å dimensjonere biobrenselbrenneren for ca 60 % av distribusjonsnettets effektkrav. Biobrenselheten dekker da inntil 90 % av det årlige energibehovet (Hohle, 2001). Grunnen til dette er at biobrenselheten da kan arbeide på full last, der den også er

mest effektiv. En biobrenselenhet som arbeider på under 40 % av dens maksimaleffekt har sjelden god virkningsgrad. Dimensjoneres biobrenselenheten for distribusjonsnettets maksimale effekt (som brukes en kort periode vinterhalvåret), må biobrenselenheten gå med lav last og lav virkningsgrad resten av fyringssesongen. En oljebrenner fungerer derfor som spisslast, og tar unna effekttopper vinterhalvåret. Oljebrenneren fungerer også som sommerlast, da effektuttaket på distribusjonsnettet er svært lav. I tillegg fungerer oljebrenneren som reservelast, i tilfelle driftsstans på biobrenselenheten eller stans som følge av vedlikehold på biobrenselenheten.

I oppgaven tas det derimot utgangspunkt i at biobrenselenheten står for 100 % av effektbehovet til distribusjonsnettet. Dette begrunnes ut fra at biobrenselbrennerne som selges i dag har mulighet for å brenne ned til 20 % av maksimal last uten at virkninggraden bli uforsvarlig lav. Ved å bruke mest mulig flis som energikilde, vil også flisprisen bli lavere. Dette i tillegg til et ønske om å produsere mest mulig miljøvennlig energi, gjør at det er interessant å regne på full energidekning av biobrensel.

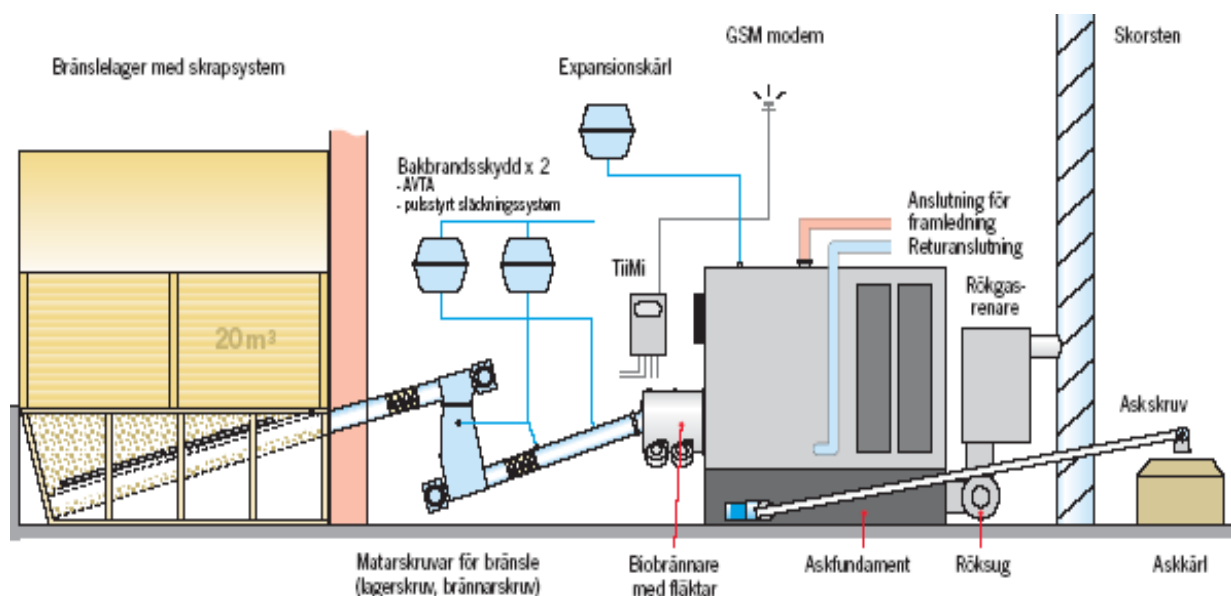
Full effektdekning med bioenergi løses ved at en monterer to små biobrenselbrennere i stedet for én. Fordelen er at begge kan kjøres når effektbehovet størst, og at bare en kan kjøres når effektbehovet er lavt. Er biobrenselenhetene bygd i to forskjellige kjeler, kan den ene kjøres, mens den andre stanses for vedlikehold. Biobrenselenheten skal da teoretisk kunne dekke 100 % av energibehovet, men det forutsettes videre den dekke 95 % av energibehovet. En oljebrenner blir likevel montert som reservelast i tilfelles driftsstans og vedlikehold av biobrenselbrenner, og den skal da dekke 5 % av energibehovet.

Norsk Fjernvarmeforening (2003) estimerer et grunnflatebehov for kjelhall og lager til 80 – 100 m² pr. 1000 kW (MW) i effekt. Kostnadene pr. m² er 5 000 – 15 000 kr pr. m², alt etter hvordan bygningen utformes. Bygningstypen som er aktuell for anlegg i størrelse som i Sandvika og Mebygda er enklere og billigere enn store fyrsentraler med høy takhøyde. Det forutsettes derfor at kostnadene pr. m² er kr 5 000.



Figur 4. To ulike løsninger på fyrsentraler. Kilde: Swebo (2006) og NoBio (2005b).

Figur 4 viser to ulike løsninger på hvordan en fyrsentral kan bygges i de størrelsesordnene for Sandvika og Mebygda. Løsningen til venstre er den enkle og mer vanlige enn den mer estetiske og dyrere løsningen til høyre. Begge løsningene har en god logistikk med henhold til håndtering av flis. Flis kan tippes direkte fra traktortilhenger eller lastebil ned i flislageret.



Figur 5. Prinsippskisse over de viktigste komponentene i en flisfyringsanlegg som er aktuelt for Sandvika og Mebygda (Kilde: Swebo 2006).

Ved valg av kjeler og biobrenselbrenner, er virkningsgraden en viktig faktor. Virkningsgraden sier noen om hvor effektiv forbrenningen på biobrenselenhetene er. I følge Swebo (2006) er

virkningsgraden på 90 % ved full last, og 85 % ved dellast. Det forutsettes videre at virkningsgraden på biobrenselenheten er 85 %.

På oljebrennere forutsettes virkningsgraden til 90 %, da dette er normalt på en ny brenner (Hohle 2001).

Sandvika

Fyrsentralen forutsettes ha et en grunnflate på 100 m^2 . Lageret dimensjoneres for tre døgns forbruk av flis på maksimal effekt, det vil si omtrent 90 m^3 .

Biobrenselenheten består av to Arimax Biojet 500 på 500 kW. Disse står i hver sin 500 kW's Arimax biokjel. Arimax Biojet kan arbeide ned til 20 % av maksimaleffekt med 85 % virkningsgrad. To slike biobrenselenheter i en fyrsentral kan teoretisk dekke et effektområde fra 100 til 1000 kW. Denne biobrenselenheten kan også fyres med pellets. Fleksibilitet i forhold til brenselstype er en fordel.



Figur 6. Bilde av Arimax Biojet innvendig, og montert mot en kjel (Kilde: Swebo 2006).

Tabell 4. Forutsatte kostnader ved fyrsentralen i Sandvika.

Sandvika	1000 NOK
Kjelannlegg komplett 500 kW	2500
Montering kjelanlegg	400
Fyrhus med flislager	500
Tomtarbeid	100
Oljebrenner med tank og montering	200
Sum	3700

Mebygda

Fyrsentralen forutsettes ha et en grunnflate på 50 m². Lageret dimensjoneres for tre døgns forbruk av flis på maksimal effekt, det vil si omtrent 40 m³.

Biobrenselenheten består av to Swebo Energibrennere på 200 og 250 kW momtert i en Arimax biokjel på 500 kW. En Swebo Energibrenner kan også arbeide ned til 20 % av maksimaleffekt. To slike bibrenselenheter i en fyrsentral kan teoretisk dekke et effektområde fra 40 til 450 kW. Swebo Energibrenner er en biobrenselbrenner med forovnprinsippet der forbrenningen skjer i en forovn med høy forbrenningstemperatur og primærluften holder 400 grader. Dette prinsippet gjør at Swebo Energibrenner kan forbrenne biobrensel med fuktighet ned til 40 – 45 % fuktighet, men likevel ha høy virkningsgrad . Brenneren kan også brenne pellets (Swebo 2006).



Figur 7. Swebo Energibrenner. Opptil to slike forovner kan kobles til kjelen (Kilde: Swebo).

Tabell 5. Forutsatte kostnader ved fyrsentralen i Mebygda.

Mebygda	1000 NOK
Kjelannlegg komplett 500 kW	1360
Montering kjelanlegg	210
Fyrhus med flislager	250
Tomtarbeid	50
Oljebrenner med tank og montering	100
Sum	1970

Kostnadene i tabell 4 og 5 er inhentet fra Norsk Biovarme (2006) og Norsk Fjernvarmeforening (2003). Kostnadene ved tomtarbeid omfatter graving, fylling, tilkobling av vann og elektrisitet.

2.3.3 Distribusjonsnett

Distribusjonsnettet bringer det varme vannet fra fyrsentralen og ut til energiavtakerne gjennom nedgravde isolerte rør. Hos energiavtakerne blir varmen i vannet fra fyrsentralene overført til byggets eget oppvarmingssystem i varmevekslere. Hos energiavtakerne er det også montert en energimåler som måler hvor mange kilowattimer som overføres fra fjernvarmenettet til energiavtakernes lokale varmesystem. I tillegg til materialkostnadene til komponentene beskrevet ovenfor, kommer kostnader til grøfting/fylling og montering av installasjoner hos energiavtakerne.

Rørene som forutsettes brukt i denne oppgaven er preisolerte plasrør med kanaler for både tur- og returvann. Disse rørene er enklere og billigere å montere i forhold til stålrør. Pris og dimensjonering av rørene er gitt av Norsk Biovarme AS (2006). Dimensjonene varierer fra DN 25 til DN80. For Sandvika blir kostnadene med rør satt til kr 529 040. For Mebygda blir kostnadene kr 103 580. Lengdene er henholdsvis 1330 og 210 meter.

Rørene graves ned i bakken med minst 60 cm overdekning. Kravene til grøft er at det dreneres godt rundt rørene med grov masse, slik at det ikke blir liggende vann helt inn til plastrøret. Der hvor det blir brøytet og er trafikkert om vinteren, anbefales det å isolere over plastrøret. Dette for at ikke telen skal kunne ”ta tak” i plastrøret.

Kostnadene ved graving vil variere stort med hvordan terrengforholdene er. Det vil være billigere å grave i jomfruelig terreng med lett masse, enn terreng med forsering av bekker og elver, og eventuell bortsprenging av fjell. Kostnader for grøfting hentes fra Norsk Fjernvarmeforening (2003).

Tabell 6. Utdrag av grøftekostnader pr. meter fra Norsk Fjernvarmeforening (2003).

	Påslag (%)	Sum pr. meter (kr)
Grøfting/fylling		820
Påslag asfalt	25	1025
Påslag tettsted	45	1486

Kostnadene i tabell 6 er basert på gjennomsnittskostnader på utbygginger i Norden. Påslag asfalt er økte kostnader i forbindelse med å bryte opp og legge ny asfalt. Påslag tettsted er økte kostnader med å grave der det allerede er nedgravd vann-, kloakk-, strøm- og

teleinstallasjoner i forbindelse med påvisning, forsiktighetshensyn (lengre arbeidstid) og eventuelt reparasjon av de nevnte installasjonene.

Kostnader med energimålere, varmevekslere, sirkulasjonspumper er hentet fra Norsk Biovarme (2006) og Norsk Fjernvarmeforening (2003). Kostandene varierer med dimenjoneringen, men kan likevel deles opp i tre grupper som er relevante for fjernvarmenettene i Sandvika og Mebygda.

Tabell 7. Priser (1000 NOK) på utstyr hos energiavtakerne (med montering) etter dimensjon.

Dimensjon	40 kW	140 kW	300 kW
Varmevekslere	20	30	45
Energimålere	10	15	20
Sirkulasjonspumper	10	15	20

Samlet kostnad for distribusjonsnettet i Sandvika blir kr 2 144 965, mens det for Mebygda blir kr 455 080.

I et distribusjonsnett vil det være et varmetap på grunn av at rørene i en viss grad vil avgi varme til omgivelsene. Det forutsettes av varmetapet i distribusjonsnettet både i Sandvika og Mebygda er 10 %. Dette er overens med Hohle (2001).

2.4 Kapitalkostnader

Kalkulasjonsrente

Ved beregning av kapitalkostnader, skilles det mellom nominell rente og realrente. Nominell rente har bakgrunn i løpende kroneverdi og gjenspeiler avkastningskrav, lånerente og lignende, uttrykt i den aktuelle pengeverdien. Realrente er reell rente, altså nominell rente korrigert for inflasjon, og blir brukt for beregninger med fast kroneverdi (Hagen 2004). Sammenhengen mellom nominell rente, inflasjon og realrente kan uttrykkes slik (Guttormsen 2005):

$$r_R = \frac{r_N - j}{1 + j} \quad (11)$$

r_R = Realrente

r_N = Nominell rente

j = Inflasjon

I beregningene vil realrente og faste priser bli brukt.

Kalkulasjonsrenten (realrenten) beregnes slik:

Kalkulasjonsrente = risikofri realrente + risikotillegg

Avkastningen på en 10-årig statsobligasjon er sannsynligvis risikofri, da staten menes å være en aktør som har en sikker pengeforvaltning. Denne avkastningen ligger på 3 % p.a. (april 2006). Risikotillegget bestemmes av investoren ut fra hvilken grad av risiko det synes å være å investere i prosjektet. Et risikotillegg på 2 – 10 % p.a. har vært vanlig i forkalkyler for industrielle prosjekter (Hagen, 2001). I bioenergiprosjekter har det som regel vært brukt en kalkulasjonsrente på 6 – 7 % p.a. Det forutsettes videre brukt en kalkulasjonsrente på 7 % p.a.

Annuitetsmetoden

For å beregne årlige kapitalkostnader brukes annuitetsmetoden. Det forutsettes da at summen av renter og avskrivninger er like stor hvert år i prosjektets levetid. Dette gir et realistisk bilde av økonomien i prosjektet. Kapitalkostnadene ut fra annuitetsmetoden blir beregnet ved formelen (Hohle 2001):

$$A = l_0 \times a = l_0 \times \left[\frac{r(1+r)^N}{(1+r)^N - 1} \right] \quad (12)$$

A = Årlig kapitalkostnad

l_0 = Investert beløp

a = Annuitet (% av investert beløp)

r = Kalkulasjonsrente (%)

N = Avskrivningstid (år)

Ved hjelp av annuitetsmetoden beregnes en annuitetsfaktor a, som uttrykker hvor stor del i prosent av beløpet som går med til å dekke renter og avskrivningen ved investeringen. Den multipliseres med investert beløp (l_0) for å få årlig kapitalkostnad i NOK.

Avskrivningstiden settes lik den økonomiske avskrivningstiden, det vil når investeringen er nedbetalt. Den tekniske levetiden (fysisk eller praktisk levetid) kan være noe lengre enn den økonomiske. Dette begrunnes gjerne med at teknologi blir foreldet, eller at investeringsobjektet slites slik at det blir for høye driftskostnader. De økonomiske levetidene i tabell 8 er hentet fra Hohle (2001) og NoBio (2005).

Tabell 8. Økonomiske levetider.

Anlegg og komponenter	Økonomisk levetid (år)
Bygninger	40
Flishogger	10
Varmesentral	15
Fjernvarmenett	20
Kundesentraler	15

2.5 Forutsetninger – driftskostnader

2.5.1 Brenselpris

Råstoffet, energigrana, prises lik priser fra Allskog pr. januar 2006. Allskog står for stort sett all omsetning av tømmer i området. Opplysninger omkring priser er mottatt fra Lauglo (pers med. 2006). Det har i følge Staberg (pers med. 2006) vært liten eller ingen endring i priser på energivirket de siste 5 årene i den regionen Allskog dekker.

- Alternativ 1 og 2

Energigran kan leveres på tomt i Lierne kommune for en pris mellom 250 – 300 kr pr. m³. Det forutsettes videre at prisen er 275 kr pr m³ levert industritomt.

- Alternativ 3

I alternativ 3 blir flishuggingstjenester leid av Allskog. I praksis står Allskog som leverandør av flisen, og prisen blir 350 kr pr fastkubikkmeter. Det vil med en fastmasseprosent på 37,5 si 131,25 kr pr. løskubikkmeter flis.

2.5.2 Flisproduksjon

- Alternativ 1 og 2

Driftskostnadene til å produsere egen flis under alternativ 1 og 2, knytter seg opp mot leie av traktor og fører. Ved flishugging er det behov for en traktor som driver flishuggeren, og en traktor som frakter energigrana fra lunneplass til flishuggeren.

Tabell 9. Pris på maskinleie pr. time oppgitt i 2005-kroner (Norsk Landbruk 2006).

Type arbeid (m/fører)	Maskintype/arbeid	Snittpris	Høyest	Lavest
Bare traktor	Over 100 hk	375	455	280
Lasting	Sand, grus og lignende	438	500	350

Det forutsettes videre i oppgaven at kostnad på leie av traktor for å dra flishogger er 400 kr pr time, og kostnad for traktor til lasting/frakting av tømmer fra tømmerlund til flishogger er 450 kr pr. time.

For alternativ 1 er det ingen driftskostnader knyttet til flishugging, da Allskog vil stå som leverandør av flisa.

2.5.3 Transport

Flis er romstor masse. Med en basisdensitet på 380, fastmasseprosent på 40 og fuktighetsprosent på 30, fant vi tidligere ut at rådensiteten ble ca 217 kg pr løskubikkmeter flis (utregning 8 s. 16).

- Alternativ 2

I alternativ 2 er det lagt opp til å ha en hall innen 3 km fra flisfyringskjelen i Sandvika, og en hall 3 km fra flisfyringskjelen i Mebygda, og da forutsettes det at flisa fraktes med traktor og henger som rommer 15 lm^3 flis, og at det brukes 45 minutter på opplasting, transport og tømning. Et lass på 15 m^3 skulle tilsvare en vekt på 3300 kg.

I følge Norsk Landbruk (2006) er gjennomsnittsprisen på leie av transport med traktor og henger med nyttelast over 4 tonn 448 kr pr time. På grunn av at det ved transport av flis kreves en tilhenger som tar store volum, settes timeprisen videre i oppgaven til 500 kr pr time. Siden en m^2 flis inneholder 750 kWh, blir det behov for å frakte 159 traktorhengerlass til fyrkjelen i Sandvika og 67 traktorhengerlass til fyrkjelen i Mebygda. Samlet transportkostnad blir dermed 90 399 kr.

I tillegg kommer det en transportkostnad på å frakte flishoggeren mellom Sandvika og Mebygda. Prisen settes til kr 1500 kr pr. tur. Seks turer i året tilsvarer kr 9000 kr i fraktkostnad på flishoggeren.

- Alternativ 1 og 3

I disse alternativene er det som i alternativ 2 lagt opp til transport med traktor og henger fra lageret nær Sandvika til fyrkjelen i Sandvika. Transport av flis fra lageret i Sandvika til flisfyringskjelen i Mebygda foregår med lastebil med kontainer som rommer 30 m³ flis. Et lass på 30 m³ flis veier 6600 kg. I følge Lindahl (pers med. 2006) vil det koste 1600 kr å få fraktet et lass fra Sandvika til Mebygda. Siden en m² flis inneholder 750 kWh, blir det behov for å frakte 159 traktorhengerlass til Sandvika, og 35 lastebillass fra Sandvika til Mebygda. Samlet transportkostnad blir dermed kr 119 673.

Vedlikehold og administrasjonskostnader knyttet opp til flisproduksjon settes til henholdsvis ett og to øre pr. kWh produsert flis. Tallene er tatt fra et sammenlignbart prosjekt fra NoBio (2005).

2.5.4 Kostnad for fyringsolje

Kostnad til lett fyringsolje settes til 783,38 øre pr. liter inklusive moms. Dette tilsvarer 58,75 øre pr. kWh eksklusive moms (Grønn Varmer, 2006).

2.5.5 Drifts- og vedlikeholdskostnader

Kostnad for årlig drift og vedlikehold settes til kr 100 000 for Sandvika og kr 50 000 for Mebygda. Dette utgjør henholdsvis 7 og 8 øre av total varmekostnad. Normalt ligger årlig kostnad til drift og vedlikehold på 5 til 8 øre pr. kWh (NoBio, 2005, Hohle, 2001, div utredninger).

2.6 Støtteordninger - Innovasjon Norge og Enova

Både Innovasjon Norge og Enova arbeider for å få økt andelen med miljøvennlig energi i Norge. I den forbindelse har Innovasjon Norge utarbeidet et bioenergiprogram som vender seg mot bønder og skogeiere, mens Enova vender seg mot næringslivet med sitt varmeprogram. De to aktørene har forskjellige krav og kriterier for at en eventuelt søker skal få frigitt midler. Her kommer en kort beskrivelse.

Enova (Hentet fra Enova 2006):

Varmeprogrammet til Enova retter seg mot aktører i energi-, avfalls-, og skogbransjen med prosjekter med en fornybar energileveranse større enn 0,5 GWh pr. år. Varmeleveransen skal være basert på fornybare energikilder, som for eksempel jomfruelige biobrensler. Et avgjørende krav er at støtten er avgjørende for at prosjektet blir utbygd, anlegget må ikke være bedriftsøkonomisk lønnsomt uten støtten.

Etter kriteriene faller anlegget i Mebygda utenfor Enovas varmeprogram på grunn av for liten årlig varmeproduksjon. Hvis de to anleggene i Sandvika og Mebygda blir sett på som ett prosjekt underlagt ett selskap, kan Enova gi støtte til varmeproduksjonsdelen på inntil 30 %. Flisproduksjonen til de to fyranleggene er for liten til å kunne utløse noen støtte til flishogger og lagringshall hos Enova.

Innovasjon Norge (Hentet fra Innovasjon Norge 2006):

Bioenergiprogrammet er program for økt verdiskaping innen bioenergi fra landbruket som skal stimulere jord- og skogbrukere til å produsere, bruke og levere bioenergi i form av brensel eller ferdig varme. Definisjon på en skogbruker eller en landbruker er at vedkommende har landbruks- eller skogbrukseiendom som er på 100 mål eller større definert som landbruks- natur- eller friområde.

Den delen av bioenergiprogrammet som omfatter varmeanleggene i denne oppgaven heter ”Anlegg for varmesalg”, og omfatter anlegg med ekstern varmeleveranse på 0,2 til 5 GWh årlig. Fyrhus, varmeanlegg, nødvendig brensellager og varmedistribusjon fram til varmekunde kan det søkes tilskudd til. Utstyr til brenselproduksjon og transport kan det ikke søkes tilskudd til, men der det ikke er mulig å leie slikt utstyr kan en rimelig andel av produksjonsutstyr inngå. Rimelig andel til støtte til flisproduksjon er etter samtale med Trond Hammeren (2006) satt til 25 %. I saksbehandlinger angående tilskudd til produksjon av flis, er det der flisproduksjonsanleggene anses som pilotanlegg, gitt inntil 50 % støtte.

Generelt gis det inntil 25 % tilskudd. I områder av landet der det er få eller ingen anlegg fra før, kan Innovasjon Norge etter særskilt vurdering gi en litt høyere tilskuddsats. Dette gjelder fylkene Finnmark, Troms, Nordland, Nord- Trøndelag, Møre og Romsdal, Sogn og Fjordane, Rogaland, Vestfold og Østfold.

Et krav for å få investeringsstøtte av Innovasjon Norge, er at 50 % av eierne i et varmeleveranseselskap er eiere av landbrukseiendom. For pilotanlegg skal landbrukets eierskap være minst 2/3. Som hos Enova, skal Innovasjon Norges tilskudd skal være utløsende for prosjektet.

Det forutsettes videre i oppgaven at det i utgangspunktet innvilges 25 % støtte til flisproduksjonen og 25 % til varmeproduksjonen, da dette synes å være mest sannsynlig. Utfallet av 50 % støtte til investeringene både på varme- og flisproduksjonen vil også bli belyst.

3. Resultater

Resultatene videre i dette kapitlet vil være basert på opplysningene i materiale- og metodekapitlet. Utrekningene er gjort i Excel.

3.1 Energibehov og effektbehov

I tabell 10 nedenfor, er energi- og effektbehov oppgitt for Sandvika og Mebygda. Disse tallene er grunnlaget for å innhenting opplysninger og priser på distribusjonsnett og flisfyringssentraler.

Tabell 10. Energi- og effektbehov.

	Energibehov (kWh)	Effektbehov (kW)
Sandvika	1 596 568	943
Mebygda	638 673	404

3.2 Beregning av fliskostnader innført

Tabell 11. Alternativ 1: Egen flisproduksjon, én lagringshall nær Sandvika.h

	Mengde		Pris		1000 NOK	Kostnad i øre/kWh
Råvare	1205	fm3	275	kr/fm3	358	13,20
Kapitalkostnad flishogger	323250	kr	0,1424	annuitet	46	1,70
Kapitalkostnad lagringshall	525000	kr	0,075	annuitet	39	1,45
Vedlikehold	2711979	kWh	0,01	kr/kWh	27	1,00
Traktor 1 m/fører	400	kr/time	103,31	driftstimer	41	1,52
Traktor 2 m/fører	450	kr/time	103,31	driftstimer	47	1,72
Administrasjon	2711979	kWh	0,02	kr/kWh	54	2,00
Transport	Se materiale og metode				120	4,41
Sum					732	27,00

Tabell 12. Alternativ 2: Egen flisproduksjon, én lagringshall nær Sandvika, og én lagringshall nær Mebygda.

	Mengde		Pris		1000 NOK	Kostnad i øre/kWh
Råvare	1205	fm3	275	kr/fm3	358	13,20
Kapitalkostnad flishogger	323250	kr	0,142	annuitet	46	1,70
Kapitalkostnad lagringshall	720000	kr	0,075	annuitet	55	1,99
Vedlikehold	2711979	kwh	0,01	kr/kWh	27	1,00
Traktor 1 m/fører	400	kr/time	103,31	driftstimer	41	1,52
Traktor 2 m/fører	450	kr/time	103,31	driftstimer	47	1,72
Administrasjon	2711979	kwh	0,02	kr/kWh	54	2,00
Transport	Se materiale og metode				90	3,33
Transport av flishugger	6	turer	1500	kr/tur	9	0,33
Sum					727	26,79

Tabell 13. Alternativ 3: Flis levert av Allskog, én lagringshall nær Sandvika.

	Mengde		Pris		1000 NOK	Kostnad i øre/kWh
Råvare ferdig fliset	1205	fm3	350	kr/fm3	455	16,80
Kapitalkostnad flishogger	-		-		-	-
Kapitalkostnad lagringshall	1500000	kr	0,075	annuitet	113	4,15
Vedlikehold	2711979	kwh	0,01	kr/kWh	27	1,00
Traktor 1 m/fører	-		-		-	-
Traktor 2 m/fører	-		-		-	-
Administrasjon	2711979	kwh	0,02	kr/kWh	54	2,00
Transport	Se materiale og metode				120	4,41
Sum					769	28,36

Ut fra tabellene 11, 12 og 13, ser vi at det er små forskjeller mellom de ulike alternativene. Alternativ 2 synes å være det billigste alternativet med 26,79 øre pr. kWh produsert flis. Alternativ 3 er det alternativet som kommer dårligst ut med 28,36 øre pr. kWh produsert flis. Dette kommer hovedsaklig av at kapitalkostnaden til lagringshall er mye større i alternativ 3, da det kreves en betydelig større lagringshall ved én gangs flising. Det som skiller seg ut som den største kostnadsfaktoren i flisproduksjonen, er råvareprisen. Den endelige flisprisen vil være svært følsom med variasjon i råvareprisen. Når forskjellene er så små som i dette tilfellet, er det andre faktorer som må være avgjørende for valg av produksjonsmetode av flis. Dette vil bli diskutert mer omfattende i diskusjonskapitlet.

Som prisgrunnlag for videre utregninger i varmeproduksjonen, velger jeg alternativ 2 som utgangspunkt. Prisen pr. kWh produsert flis, er i dette alternativet, med forutsetningene satt i material- og metodekapitlet, 26,79 øre. En må imidlertid kunne anta at forutsetningene kan variere innen rimelighetens grad, og dette vil gjenspeile seg i en annen pris pr. kWh produsert flis. På grunn av at det er mange forutsetninger som påvirker prisen, vil jeg lage et "best case" der jeg forandrer forutsetningene slik at flisprisen vil bli lavest mulig innen rimelighetens grad. I andre enden, vil det også være naturlig å lage et "worst case" der en antar pessimistiske forutsetninger som gjør flisprisen høy. Grunnlaget for de positive og negative forutsetningene er tatt fra leste prosjektrapporter på lignende anlegg, erfaringstall fra personer innen bransjen og relevant litteratur brukt tidligere i oppgaven

3.2.1 "Best case"

Forutsetninger:

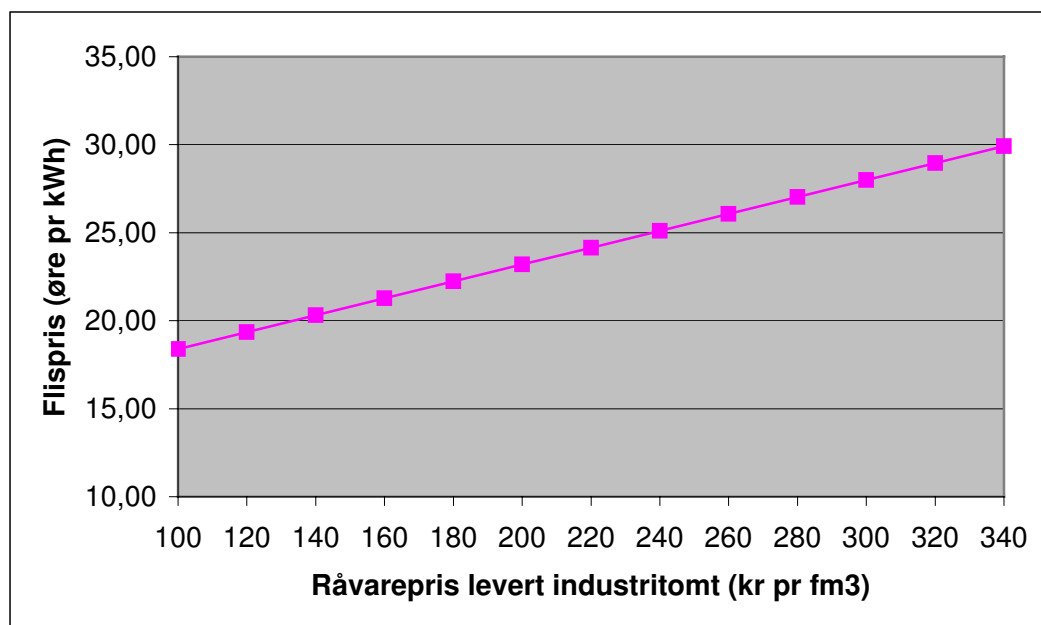
- 5 % kalkulasjonsrente
- 810 kWh pr. lm^3 flis
- Fastmasseprosent på 36
- Råvarepris på 250 pr. fm^3 energigran
- Kapasitet på flishogger på 45 lm^3 flis pr. time
- 15 % lavere transportkostnad
- 50 % investeringsstøtte til lagringshall og flishogger

3.2.2 "Worst case"

Forutsetninger:

- 9 % kalkulasjonsrente
- 630 kWh pr. lm^3 flis
- Fastmasseprosent på 41
- Råvarepris på 300 pr. fm^3 energigran
- Kapasitet på flishogger på 25 lm^3 flis pr. time
- 15 % høyere transportkostnad
- Ingen investeringsstøtte til lagringshall og flishogger

I "best case" kommer en da ut med en flispris på 20,35 øre pr. kWh, mens tilsvarende for "worst case" er 36,63 øre. Denne prisvariasjonen vil senere være grunnlaget for en følsomhetsanalyse på varmeproduksjonskostnaden med hensyn til brenselprisen (flisprisen). Ut i fra at flisprisen er mest følsom på råvareprisen, vil det være interessant og gjøre en følsomhetsanalyse på dette. Utgangspunktet for alle andre faktorer er som for alternativ 2, egen flisproduksjon med en lagringshall nær Sandvika, og en lagringshall nær Mebygda.



Figur 8. Endring sum fliskostnad grunnet endringer i råvarepris.

Figur 8 viser hvordan flisprisen stiger med økende råvarepris. 20 kr økning i råvarepris gir en økning på 0,96 øre pr. kWh produsert flis.

3.3 Beregning av totale kostnader for flisbasert fjernvarme

Tabell 14 viser forutsetningene for basiskalkylen for energibalansen og total varmekostnad levert kunde. Alle forutsetningene er forklart i kapittel 2.

Kostnad tilført brensel er prisen for levert flis i lager på fysentral.

Tabell 14. Forutsetninger for energibalanse og varmekostnad

Avskrivningstid spiss/reservelast	15
Avskrivningstid biovarmesentral (år)	15
Avskrivningstid distribusjonsnett (år)	20
Rente (%)	7
Annuitet spiss/reservelast	0,1098
Annuitet biovarmesentral	0,1098
Annuitet distribusjonsnett	0,0944
Årsvirkningsgrad biokjel	0,87
Årsvirkningsgrad olje	0,9
Varmetap distribusjonsnett (%)	10
Andel bioenergi (%)	95
Andel spiss/reservelast olje (%)	5
Investeringsstilskudd (%)	25
Kostnad for tilført biobrensel (øre/kWh)	26,79
Kostnad for tilført olje (øre/kWh)	58,75

Tabell 15 viser energibalansen. Samlet energibehov, er den mengden av energi som et varmeleveranseselskap ville fått betalt for. Av tabellen fremgår det at en del varme forvinner i distribusjonsnettet, samtidig som virkningsgradene til flis- og oljekjel gjør at man må produsere ytterligere kWh. Radene tilført olje, og tilført biobrensel er den energimengden som trengs for å dekke samlet behov hos energiavtakerne.

Tabell 15. Energibalansen i Sandvika og Mebygda.

Energibalanse	Sandvika Mebygda	
	kWh/år	kWh/år
Samlet energibehov energiavtakere	1596568	638673
Varmetap distribusjonsnett	177396	70964
Varme levert fra varmesentral	1773965	709637
Levert olje	88698	35482
Levert biobrensel	1685266	674155
Tilført olje	98554	39424
Tilført biobrensel	1937088	774891

I tabell 16 og 17 beregnes energikostnader og totale varmekostnader for basiskalkylen.

Tabell 16. Varmekostnad for Sandvika.

Kostnadsberegninger	1000 NOK/år	øre/kWh
Energikostnad biobrensel	519	32,51
Energikostnad olje	58	3,63
Kapitalkostnad biovarmesentral	288	18,05
Kapitalkostnad spiss/reservelast	16	1,03
Kapitalkostnad distribusjonsnett	155	9,69
Drift og vedlikehold	100	6,26
Sum varmekostnad levert abonnenter	1136	71,17
Inklusive merverdiavgift		88,96

Tabell 17. Varmekostnad for Mebygda.

Kostnadsberegninger	1000 NOK/år	øre/kWh
Energikostnad biobrensel	208	32,51
Energikostnad olje	23	3,63
Kapitalkostnad biovarmesentral	154	24,11
Kapitalkostnad spiss/reservelast	8	1,29
Kapitalkostnad distribusjonsnett	32	5,04
Drift og vedlikehold	50	7,83
Sum varmekostnad levert abonnenter	475	74,40
Inklusive merverdiavgift		93,01

Som for flisproduksjonen, må en også for varmeproduksjonen kunne anta at forutsetningene vil kunne variere innen rimelighetens grad. I ”best case” antar jeg at forutsetningene kan forandres i positiv retning slik at varmeprisen blir lav, mens i ”worst case” er det motsatte tilfellet. Grunnlaget for de positive og negative forutsetningene er tatt fra leste prosjektrapporter på lignende anlegg, erfaringstall fra personer innen bransjen og relevant litteratur brukt tidligere i oppgaven.

3.3.1 "Best case"

- 5 % kalkulasjonsrente
- Pris på flis innfyrt: 24 øre pr. kWh
- 5 % lavere investeringskostnader
- 35 % investeringstilskudd
- 20 års levetid
- 5 % høyere energileveranse

3.3.2 "Worst case"

- 9 % kalkulasjonsrente
- Pris på innfyrt flis: 30 øre pr. kWh
- 5 % høyere investeringskostnader
- Ingen investeringstilskudd
- 12 års levetid
- 5 % lavere energileveranse

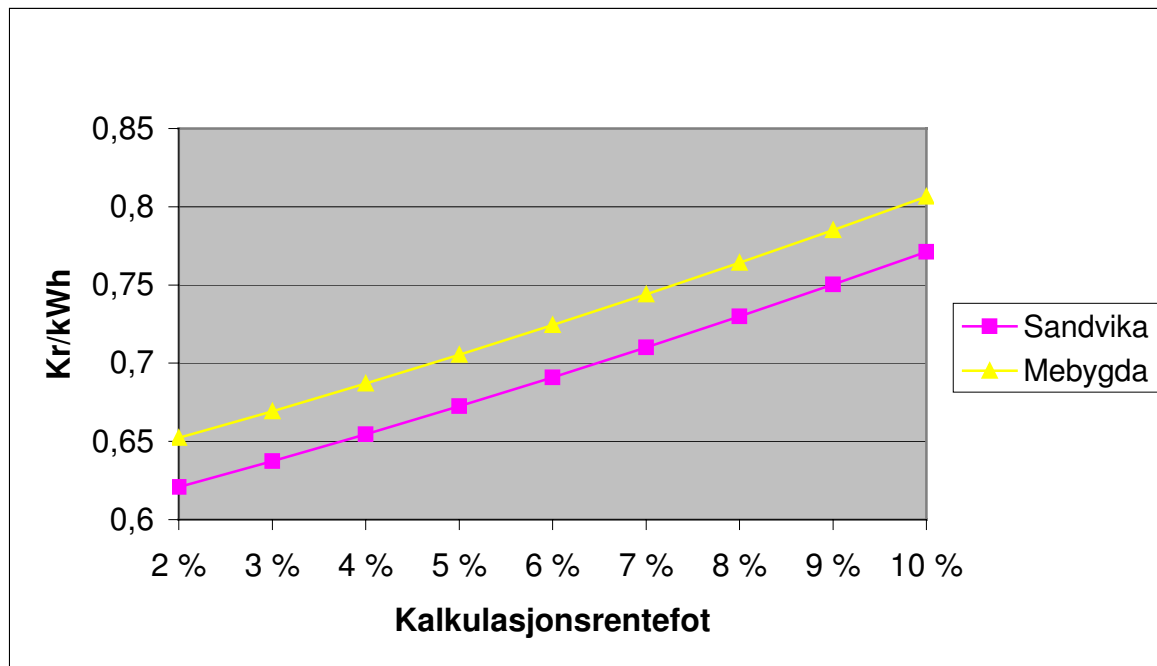
I "best case" kom Sandvika ut med 56,22 øre pr. kWh, mens Mebygda kom ut med 58,27 øre pr. kWh. I "worst case" kom Sandvika ut med 98,74 øre pr. kWh, mens Mebygda kom ut med 104,22 øre pr. kWh. Prisene er oppgitt eksklusive merverdiavgift.

3.4 Følsomhetsanalyser

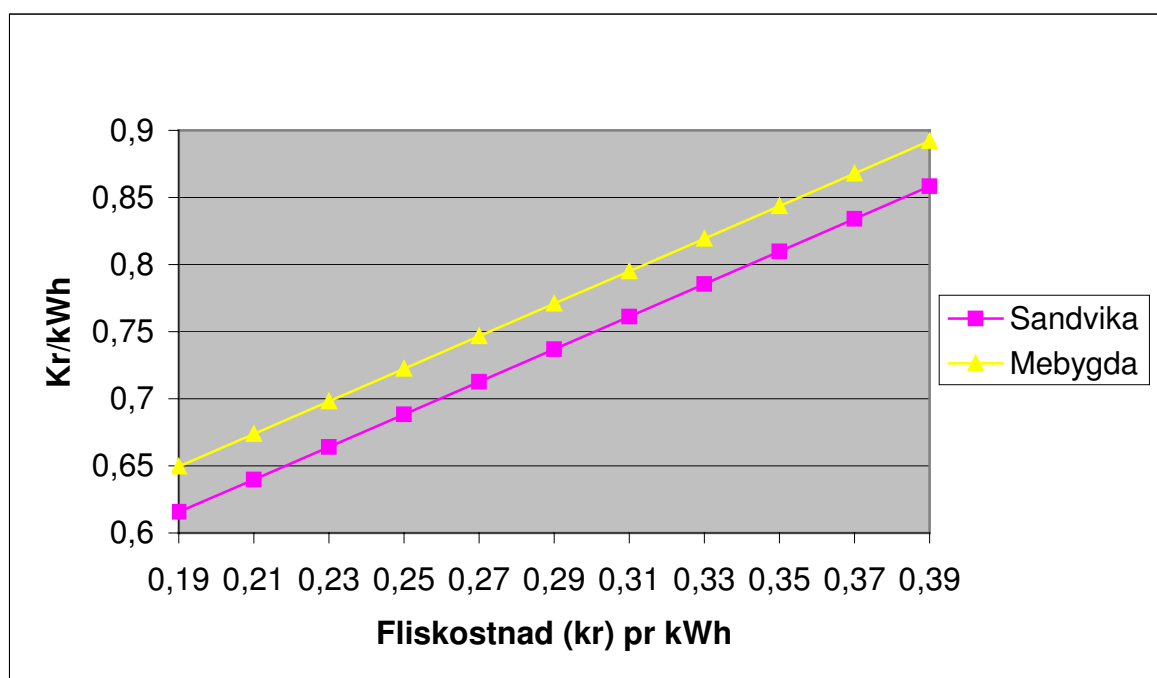
Følsomhetsanalyser vil illustrere hvordan endringer i enkelte variabler påvirker sum varmekostnad levert til den enkelte energiavtaker. Jeg vil ta for meg endringer i én variabel om gangen for å illustrere hvordan disse isolert sett påvirker den endelige varmekostnaden.

Utgangspunktet for følsomhetsanalysene er basiskalkylen i tabell 16 og 17. Prisene som fremgår av figurene 9 – 14, er oppgitt eksklusive merverdiavgift. Det blir lagd følsomhetsanalyser for følgende variabler:

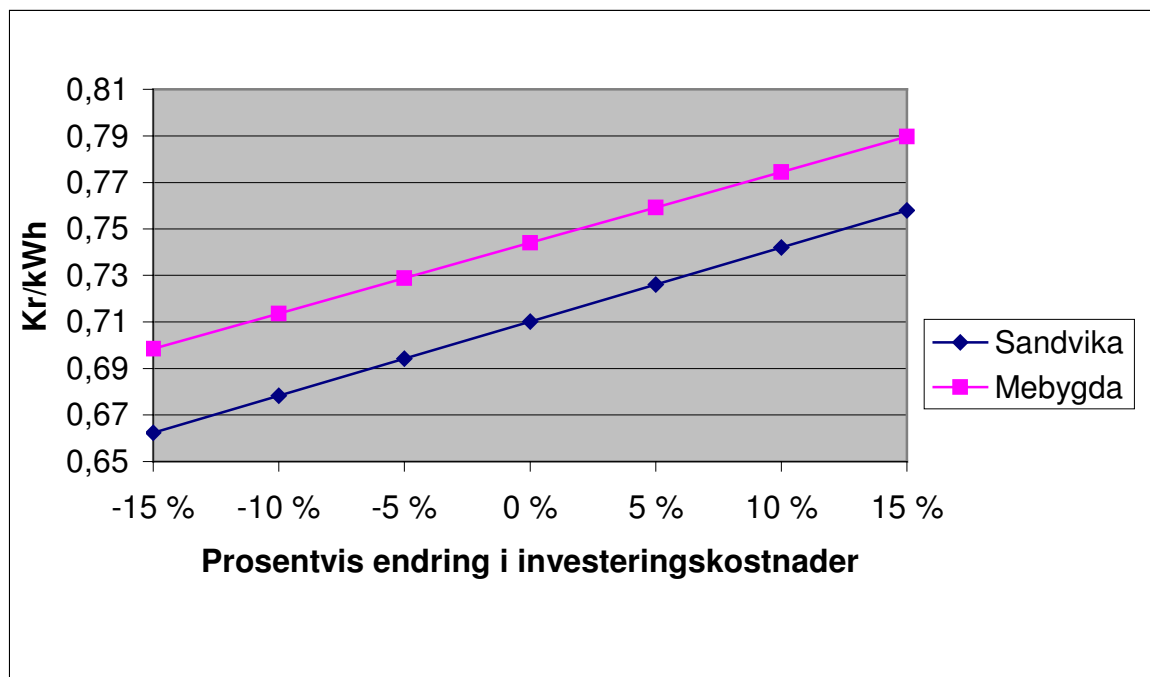
- Kalkulasjonsrentefot
- Fliskostnader
- Investeringskostnader
- Tilskuddssatser
- Levetid
- Energileveranse



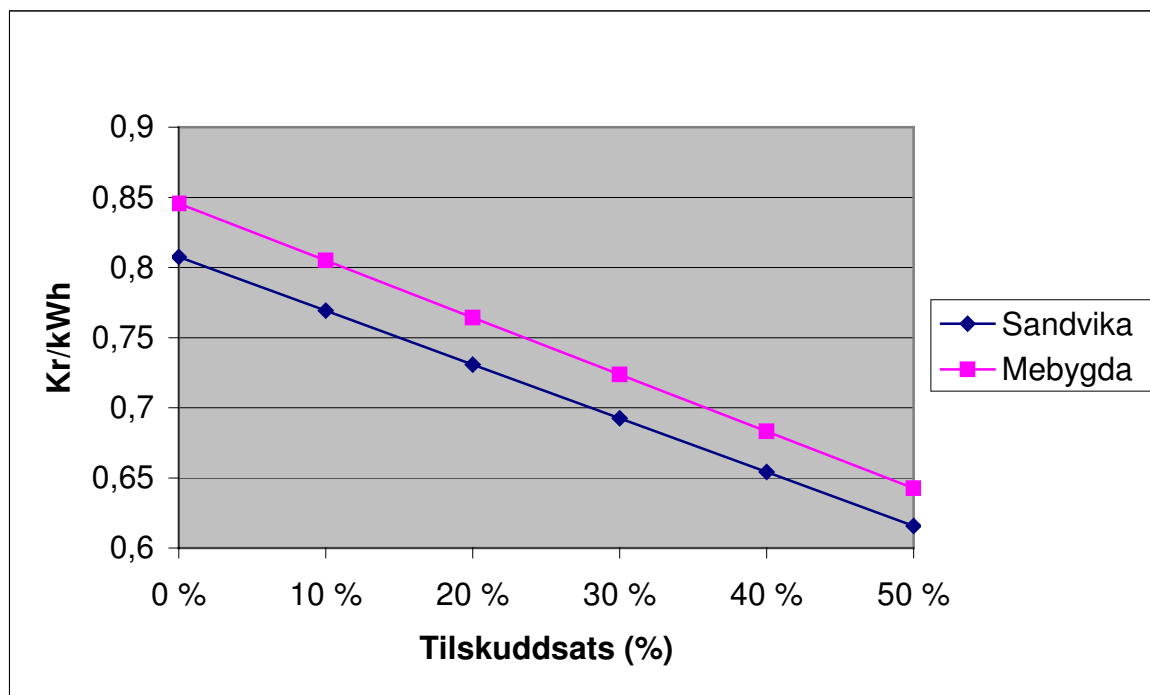
Figur 9. Endring i sum varmekostnad grunnet varierende kalkulasjonsrentefot. I basiskalkylen er kalkulasjonsrentefoten 7 %.



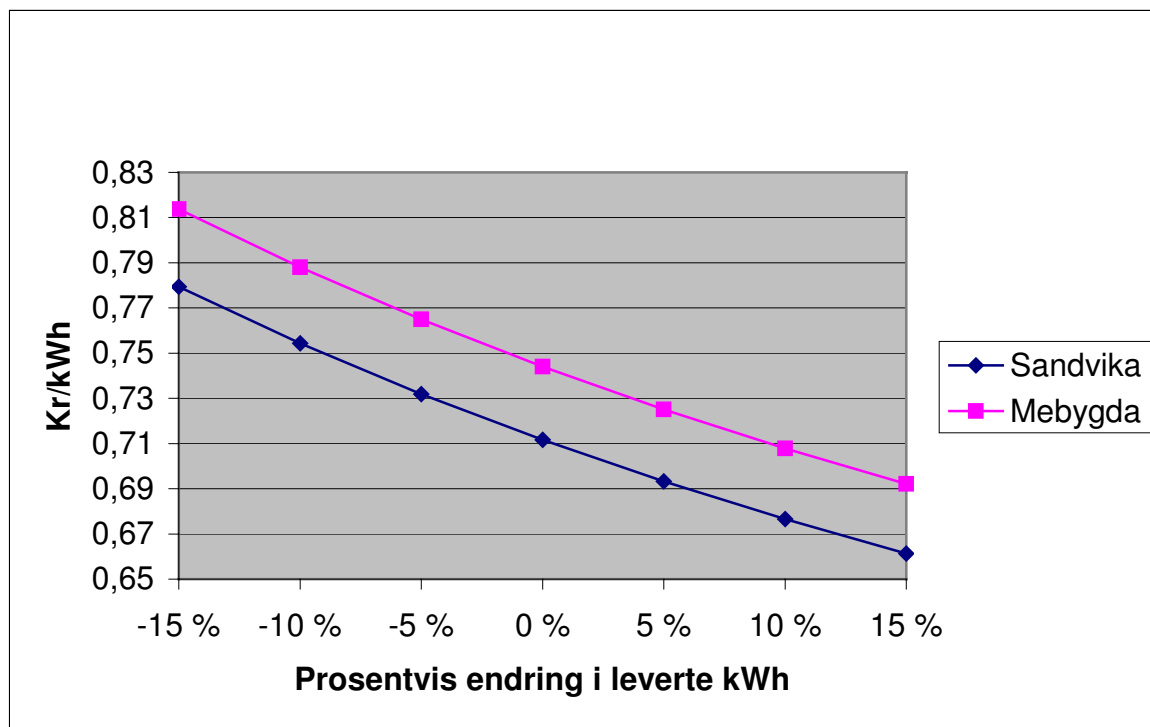
Figur 10. Endring i sum varmekostnad grunnet variasjoner i fliskostnad. I basiskalkylen er fliskostnaden 26,79 øre pr. kWh.



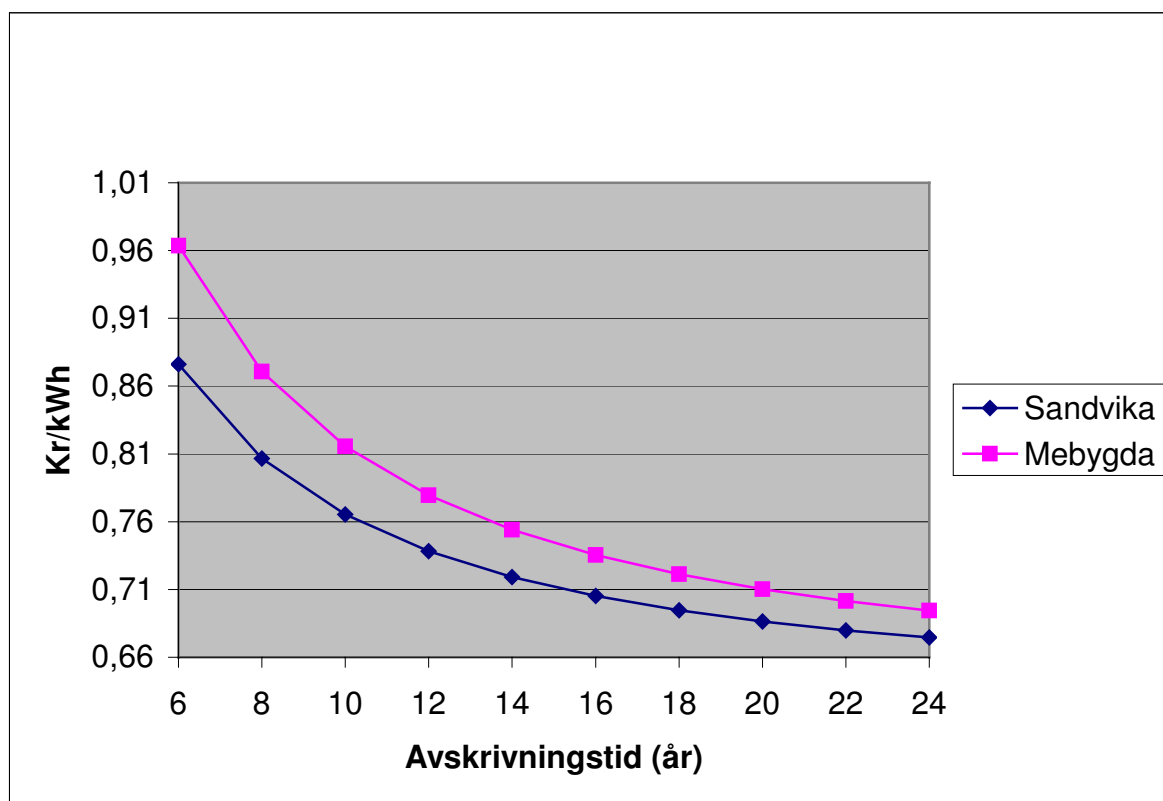
Figur 11. Endring i sum varmekostnad grunnet endringer i investeringskostnader for varmeproduksjon og varmedistribusjon.



Figur 12. Endring i sum varmekostnad grunnet forskjellige tilskuddssatser. I basiskalkylen er tilskuddssatsen på 25 %.



Figur 13. Endring i sum varmekostnad grunnet endring i leverte kWh fra fyrsentral.



Figur 14. Endring i sum varmekostnad grunnet endringer i avskrivningstid på biobrenselanlegg. I basiskalkylen er avskrivningstiden 15 år.

4. Diskusjon

Hovedmålsetningen var å beregne varmepris ved offentlige og private bygg i Sandvika og Mebygda i Lierne kommune. I det følgende diskuteres det hvordan usikkerhet og/eller feil i materiale og metoder vil kunne påvirke endelig varmepris. Resultatene diskuteres i lys av de tidligere teoretiske og empiriske arbeider som beskrives i denne oppgaven.

4.1 Material og metode

Informasjon, opplysninger og priser brukt i denne oppgaven er hentet fra relevant litteratur, leverandører av teknisk utstyr og fra personer som arbeider i bransjen. Opplysningene kan sprike ganske mye, alt etter hvor en får informasjonen fra. Opplysninger og informasjon blir forsøkt grunnet i teori hentet fra relevant litteratur, men det er ikke i alle situasjoner teorien stemmer med det som er praksis. Noen forutsetninger er også kompromisser mellom informasjon fra forskjellige hold.

4.1.1 Energibehov

I forhold til effektbehovet til de ulike anleggene er det knyttet usikkerhet til antall driftstimer ved de forskjellige byggtypene. Det er også usikkerhet omkring hva som i utgangspunktet er normalt antall driftstimer ut i fra klimatiske og geografiske forhold. Driftstimene påvirker effektbehovet i den grad at et for høyt antall driftstimer gir en for lav maksimaleffekt, slik at fyringskjel og distribusjonsnett blir underdimensjonert. Et lavt antall driftstimer vil gi for høy effekt på fyrkjelene og distribusjonsnettet.

Å oppdimensjonere både distribusjonsnett og fyrkjeler vil ikke føre til noen stor prisøkning, da bygninger, grøfter og monteringsarbeider fortsatt vil koste det samme. Oppdimensjonering av fliskjel kan gjøres i etterkant av en eventuell montering, men dette er ikke tilfellet for distribusjonsnettet. En stor overdimensjonering av fyrkjel og distribusjonsnett vil føre til at fyrkjelene kan få en dårligere årsvirkningsgrad, samtidig med at en kan få en større tapsprosent av varme i distribusjonsnettet.

Totalt årlig energibehov er basert på reelle tall. Opplysninger omkring årlig energibehov fra 2005 er ikke graddagskorrigert på grunn av at graddagstallene for 2005 ikke var ferdigstilte. Graddagstall for 2005 ble derfor satt likt et normalår, og feilkilden er liten.

I oppgaven er det brukt bygg som har vannbåren varme som oppvarmingssystem i utgangspunktet. Disse byggene er relativt enkle å koble opp mot et fjernvarmenett uten store investeringskostnader. En skal imidlertid ikke utelukke at det finnes bygg med andre oppvarmingssystem som kan konverteres over til å bruke energien fjernvarmenett som oppvarmingskilde uten for store investeringskostnader. Så lenge investeringskostnadene ved å konvertere flere bygg til å bruke energi fra fjernvarmenettet ikke er så store at de vil øke varmeprisen, så vil dette være interessant å se nærmere på.

Figur 13 viser hvordan varmeprisen ut til energiavtakerne varierer med antall leverte kWh, men tar ikke hensyn til endringer i investeringskostnader.

4.1.2 Flisproduksjon

Råvaren jeg har valgt å bruke er energigran, kjøpt av Allskog. Det er usikkerhet omkring fysiske egenskaper og brennverdi til dette trevirket, og informasjonen spriker litt. I en del av henvisningene er det oppgitt brennverdier over 800 kWh med forholdsvis høy fastmasseprosent og fuktighetsprosent. Den teoretiske brennverdien blir ofte lavere når en setter inn de oppgitte fysiske egenskapene til trevirket inn i formelen (4) på s 15.

Jeg har i min oppgave forutsett et energiinnhold på 750 kWh pr. lm^3 flis, mens mine beregninger kom på et innhold på 763 kWh pr. lm^3 . Nøkternheten skyldes usikkerheten omkring densiteten til energigran. Vanlig gran har enn densitet på 380 i følge Eikenes (2002), og 405 i følge Hohle (2001). Energivirke kan inneholde noe råte som kan påvirke densiteten noe. Det har dessverre ikke lyktes å finne noe tall på densiteten påvirkes. Energigran er et ganske bredt sortiment med stor variasjon i kvalitet, og dette vanskeliggjør bestemmelsen av densitet.

I oppgaven var det små forskjeller mellom alternativ 1, 2 og 3. Med 25 % støtte i flishugger og lagerbygning ble alternativ 2 0,21 øre pr. kWh billigere enn alternativ 1, og alternativ 2 ble valgt som utgangspunkt for videre arbeider i oppgaven. Som tidligere nevnt, så er det andre forhold som spiller inn når prisforskjellene er så små, og det vil her komme en redegjørelse for valget jeg gjorde.

I et sesonglager der det flises for et helt år, vil det være mulighet for substansstap. Muggsopp vil kunne angripe flisa, og starte forråtningsprosessen. I mindre lager som tømmes oftere, vil denne muligheten reduseres betydelig.

På grunn av stor avstand mellom Sandvika og Mebygda, vil en hall på hver plass gi større fleksibilitet i flisproduksjonen. Med en relativt høy råvarepris, må en holde muligheten åpen for å kunne ta i mot annen rimeligere råvare i framtiden. Et flislager på hver plass vil gjøre det lettere å ta i mot for eksempel tynningsvirke som råvare. Å måtte frakte råvare fra Mebygda til Sandvika for flising og lagring, vil kunne fremstå som en økonomisk terskel som hindrer levering. En kan også tenke seg at det i framtiden kan bli aktuelt å flise råvaren i felt, ved skogsbilveier og lignende. Det vil også her være kostbart å frakte flis til Sandvika for lagring. På bakgrunn av disse faktorene har jeg alternativ 2, egen flisproduksjon med lagringshall i nærheten av både Sandvika og Mebygda.

I forhold til lager er det ikke undersøkt muligheten for å kunne benytte en eventuell eksisterende lagerbygning i Mebygda. Siden den aktuelle lagerbygningen i Mebygda er på 80 m², så kan dette være en reell mulighet. Reduserte kostnader som følge av å ikke bygge lagringshall i Mebygda vil redusere flisprisen med 0,75 øre pr. kWh. En må derfor vurdere det å ha bygge ny flishall fremfor å leie eksisterende hall, siden det også vil koste noe å leie en lagringhall.

Vedlikeholds- og administrasjonskostnader i flisproduksjonen er satt til henholdsvis én og to øre pr. kWh produsert flis. Tallene er tatt fra NoBio (2005), men det er vanskelig å finne ut hvor godt disse tallene treffer virkeligheten. Administrasjonskostnader på to øre pr. kWh produsert flis er i så fall den tredje største utgiftsposten etter råvarer og transport.

Et moment som kan tilsi leie av flishugging, er risikoen med å binde kapital med å kjøpe en dyr flishogger som kan gå i stykker etter forholdsvis kort tid. Dette anses som lite sannsynlig.

4.1.3 Distribusjonsnett

Avstander mellom de aktuelle energiavrakerne er gjort anslagsvis ut fra kart med målestokk på 1:2000 for Mebygda og 1:4000 for Sandvika. Avstandene kan derfor være ulik de faktiske avstandene, da det er vanskelig å vurdere grunn- og terrengforhold, hindringer osv. Ut fra de samme synspunktene er det vanskelig å avgjøre hvor godt Norsk Fjernvarmeforenings gjennomsnittlige meterpris for graving er sammenlignbar med de faktiske kostnadene. Tillegg for sentrum og asfalt er gjort etter forfatters relative gode kjennskap til området.

Kostnadene for distribusjonsnettene er også avhengig av dimensjonering. Dimensjoneringen er avhengig av hvor stor temperaturforskjell det er på tur- og returvannet, som igjen er avhengig av det enkelte energiavtakers lokale varmesystem. Større temperaturforskjell på tur og retur, fører til lavere dimensjonering og lavere pris. Det har i denne oppgaven ikke vært gjort undersøkelser på de lokale varmesystemene til hver enkelt energiavtaker.

Monteringskostnadene til et slikt distribusjonsanlegg er basert på erfaringstall hos Norsk Biovarme og Fjernvarmeforeningen. Tendensen er at tallene fra Fjernvarmeforeningen er høyere enn tallene fra Norsk Biovarme. I oppgaven blir det derfor monteringskostnadene ofte et kompromiss. Sikre kostnader innhentes ved å sende tilbud ut til rørleggere, men dette er ikke gjort i denne oppgaven.

Variasjoner i kostnader på distribusjonsnettene antas å ikke ha en stor påvirkning på lønnsomheten, da kapitalkostnaden er forholdsvis lav i forhold til andre faktorer til den totale varmeprisen.

4.1.4 Varmeproduksjon

Å dimensjonere biobrenselenheten for å dekke hele effektbehovet til distribusjonsnettene er dyrere enn å la olje stå for en vesentlig del av oppvarmingen. Kostnaden gjør seg gjeldende ved høyere investeringskostnader, og påfølgende høyere kapitalkostnader. Å ha en bioenergikjel stående uten varmeproduksjon deler av året vil være fordyrende. Alternativet er å fyre mer med olje, og olje er et dyrere brensel. Kapitalkostnadene og brenselkostnaden må derfor ses under ett når en skal vurdere bioenergi vs olje. Det vil senere i diskusjonen bli belyst en del økonomiske synspunkter rundt dette.

Selv om bioenergi skal dekke hele effektbehovet, er det i oppgaven kalkulert med å investere i en viss andel olje. Dette har med leveringssikkerhet å gjøre, samtidig som kapitalkostnaden for investering i oljebrenner er svært liten.

Olje er estimert å stå for 5 % av årlig energibehov på distribusjonsnettene, mens bioenergi skal stå for 95 %. Bioenergiandelen kan for Sandvikas del være høyere, i og med at en der kan stenge av en biobrensel kjel mens en vedlikeholder den andre. Dette vil medføre en lavere varmepris hos energiavtakerne, da det er billigere å fyre med flis enn olje. I Mebygda har en ikke denne muligheten, da en kanskje må fyre med olje hvis temperaturen faller for mye under vedlikehold av bioenergikjelen.

Kostnader for teknisk utstyr til fyranleggene er hentet fra Norsk Biovarme (2006).

Kostnadene kan variere med hensyn på hvilken forhandler en forholder seg til, samtidig som forhandlerne opererer med forskjellige merker og typer bibrenselanlegg. Kostnadene antas likevel ikke å variere stort mellom forhandlere. Det anbefales fra bransjens side å bruke én leverandør av utstyr, da en da vil få en garanti for at fyranlegget og distribusjonsnett fungerer som én enhet.

Kostnader for bygning til fyrsentral med lager er innhentet fra Fjernvarmeforeningen (2003). I oppgaven går jeg fra at kostnadene til bygninger er lav sett i forhold til erfaringstallene fra Fjernvarmeforeningen (2003). Tallene brukt i oppgaven er også overens med Energigården (2004). Sikre overslag over bygningsmessige kostnader innhentes ved å sende ut tilbud til tømrerfirmaer, men det er ikke gjort i oppgaven.

Det har ikke blitt tatt hensyn til kostnader til ervervelse eller leie av tomt til fyrsentraler, distribusjonsnett eller flishogging.

4.2 Resultater

Etter mine beregninger oppnår jeg en pris på flis transportert til fliskjeler på 26,79 øre pr kWh, eller 201 kr pr. lm^3 flis eksklusive merverdiavgift. Uten transport (3,33 øre pr. kWh) og kapitalkostnad til lagringshall (1,99 øre pr. kWh), blir prisen 21,47 øre pr. kWh. Dette er relativt høyt sammenlignet med Energigården (2004), Hohle (2001) og NoBio (2004), som opererer med en kWh-pris på 10 – 20 øre. Etter samtaler med ulike aktører synes det å være en oppfatning av at estimerte priser oppgitt i litteraturen ikke stemmer i praksis. Grunnlaget for denne prisdifferansen er etter min mening at det opereres med for lave råvarepriser, samtidig som at det tas for lett på kravene til logistikk. I denne oppgaven er det for eksempel beregnet to traktorer med sjåfører i stedet for én traktor med én sjåfør i flisproduksjonen. Bare dette utgjør 1,71 øre pr. kWh produsert flis.

Med hensyn til prisen på flis, er det laget et "best case", og et "worst case". Sannsynligheten for at alle forutsetningene under "best case" eller "worst case" skal slå til samtidig er liten, men differansen antyder utfallsrommet. For å ta hensyn til å endringer i forutsetningene kan skje, var det nødvendig å vise hvordan prisen kan variere med endringene.

I basiskalkylen i resultatkapitlet kommer jeg fram til en varmekostnad på henholdsvis 71,17 og 74,40 øre pr. kWh levert varme hos energiavtaker i henholdsvis Sandvika og Mebygda. Med merverdiavgift blir prisen for Sandvika 88,96 øre pr. kWh, mens den for Mebygda blir 93,01 øre pr. kWh. Disse resultatene er gjeldende med forutsetningene beskrevet i kapittel 2. Dette er vesentlig høyere enn lignende utredninger (Innovasjon Norge, 2005. Innovasjon Norge, 2004. Kjelforeningen - Norsk Energi, 2004. Energigården, 2004. Perpetum, 2005), og det skyldes i stor grad større investeringskostnader på fyrsentralene og en høy flispris. For å illustrere utfallsrommet de ulike forutsetningene i varmeproduksjonen samlet sett kan ha på varmeprisen, ble det også her laget et "best case" og "worst case". Utfallsrommet ble stort når en forandrer forutsetningene i samme retning. Sannsynligheten for at alle forutsetningene under "best case" eller "worst case" skal slå til samtidig er liten, men differansen antyder utfallsrommet. Følsomhetsanalysene gir et mer nøyaktig bilde på hvordan endring i hver enkelt forutsetning vil slå ut.

Grunnet høye investeringskostnader, kan man av figur 12 se at størrelsen på tilskuddssatsen er svært viktig. 10 % økning i tilskudd senker varmeprisen levert energiavtaker med 3,84 øre pr. kWh i Sandvika og 4,06 øre pr. kWh i Mebygda.

Etter tilskuddssatsen kan en se av figur 10 at fliskostnaden er viktig. En reduksjon på 2 øre pr. kWh flis utgjør 2,43 øre pr. kWh lavere energipris levert hos energiavtakerne. Differansen på 0,43 øre pr. kWh er en ekstra kostnad som følge av tap av varmeenergi i distribusjonsnettet, og at fyrkjelen har en virkningsgrad på 85 %.

Figur 9 viser at ett prosentpoeng endring i kalkulasjonsrentefoten i varmeproduksjonskalkylen kan utgjøre fra 1,6 til 2,1 øre pr. kWh for anleggene. Det er imidlertid lite realistisk at valget av kalkulasjonsrentefot ligger utenfor 5 % til 9 % p.a. En endring fra 7 % til 6 % utgjør en nedgang på 1,9 øre pr. kWh levert energiavtaker i Sandvika og 2 øre pr. kWh levert energiavtaker i Mebygda.

Fra figur 11 ser man at 5 % variasjon i investeringskostnader på varmeproduksjon og varmedistribusjon utgjør 1,6 øre pr. kWh i Sandvika og 1,52 øre pr. kWh i Mebygda. Variasjon i investeringskostnaden har en stor innvirkning på varmeprisen til energiavtakerne, og understreker viktigheten med å ha korrekte opplysninger omkring investering før eventuell utbygging.

Figur 13 viser hvordan endringer i levert mengde kWh påvirker energiprisen. En 5 % økning i levert energi fører til en nedgang på 1,83 øre pr. kWh, men en 5 % nedgang i levert energi fører til en økning på 2 øre pr. kWh. Variasjonen i sum energipris forklares ved at det enten blir flere eller færre kWh å fordele kapitalkostnadene på, både når det gjelder varmeproduksjonen og flisproduksjonen. Variasjonen er forholdsvis stor, og viser viktigheten med å gjøre grundige undersøkelser om hvor mye energi et fjernvarmeanlegg skal levere. Det viser videre at selv en fyringssesong med unormale temperaturer kan påvirke produksjonskostnaden til en kWh.

Endringene i varmepris gitt ovenfor gjelder bare med små endringer i varmeleveransen. Større endringer i varmeleveranse vil føre til mindre eller større investeringskostnader på grunn av opp eller neddimensjonering, og varmeprisen vil dermed bli påvirket av endrede kapitalkostnader.

Figur 14 viser at varmeprisen er svært følsom for avskrivningstider under 15 år. Etter 15 år blir følsomheten mindre, men en økt avskrivningstid fra 16 til 18 år, vil gi en nedgang i varmepris til energiavtakerne på 1,06 øre pr. kWh. I basiskalkylen er det regnet med en avskrivningstid på 15 år, da det er beregnet levetid til bioenergibrenselanleggene. I oppgaven er det beregnet med to biobrenselbrennere i hver fyrsentral. Dette vil føre til at det vil bli mindre driftstid pr. brenner, og det kan føre til at avskrivningstiden kan sette høyere enn 15 år. Dette vil i så fall senke varmeprisen.

Tidligere i oppgaven ble det nevnt at det å velge full effektdekning med bioenergi var fordyrende i forhold til å velge 60/40 % forhold mellom bioenergi og olje. Dette har sammenheng med økte investeringskostnader ved full dekning med bioenergi. Hvis en ut fra basiskalkylen antar at investeringene i et 60/40 %'s forhold kan sette ned investeringen til fyrsentral med anslagsvis kr 1 500 000 i Sandvika og kr 800 000 i Mebygda, vil dette føre til en varmepris levert energiavtakerne på henholdsvis 68,18 og 69,36 øre pr. kWh, forutsatt 25 % investeringsstøtte. Da er det medregnet en energidekning på 90/10 % bioenergi/olje i motsetning til 95/5 % bioenergi/olje i basiskalkylen. Investeringskostnadene i dette eksemplet er grove anslag. Dette viser at en prosentandel med olje er et prisgunstig alternativ med de forutsetningene som gjelder i denne oppgaven, og at dette alternativet bør utredes nærmere av eventuelle investorer.

Ved 50 % tilskudd til varmeproduksjon og varmedistribusjon vil varmeprisen ved full effektdekning med bioenergi være 61,57 og 64,26 øre pr. kWh for Sandvika og Mebygda. Med 50 % tilskudd og 60/40 %'s effektdekning bioenergi og olje, kommer varmeprisen på 60,31 og 61,32 øre pr. kWh. Av dette kan en dra den konklusjonen at hvis prosjektet får 25 % støtte, må det vurderes å bruke en større andel olje-energi enn brukt i denne oppgaven. Ved 50 % støtte er det fortsatt henholdsvis 1,26 og 2,94 øre pr. kWh i favør større oljeandel. Dette er en relativt liten forskjell. For eksempel vil 50 % støtte også i flisproduksjonen sette ned varmeprisen til energiavtakerne med ett øre pr. kWh. En økning i prisen på fyringsolje på 10 %, vil også føre til at varmeprisen stiger med ett øre pr. kWh.

I denne oppgaven er det medregnet egen flisproduksjon. Det vil si at i motsetning til anlegg der en kan kjøpe flis til en fast pris uansett mengde, så vil kostnaden på flisa i denne oppgaven variere med produsert mengde flis. Dette har sammenheng med at ved å produsere en større mengde flis, så kan kapitalkostnadene av investeringene fordeles på større energimengde (flere kWh).

Ved realisering av anleggene vil det være avgjørende hva de alternative energikostnadene til energiavtakerne er. Dette kan variere fra energiavtaker til energiavtaker alt etter ulike avtale med energileverandører, virkningsgrad og alder på eksisterende varmesystem. Hvis energiavtakerne står foran utskifting av eksisterende varmesystem, vil dette føre til økte kapitalkostnader i tillegg til energikostnadene.

I følge Grønn Energi (2006) vil oppvarming med lett fyringolje koste 97,92 øre pr. kWh inklusive merverdiavgift (medregnet virkningsgrad på 0,8). Elektrisk energi kostet i følge SSB (2006c) 84,3 øre pr. kWh inklusive alle avgifter 1. kvartalet 2006. I basiskalkylen med 25 % tilskudd kom jeg fram til en varmepris på henholdsvis 88,96 og 93,01 øre pr. kWh levert varme hos energiavtaker i Sandvika og Mebygda inkl mva. For å nærme seg strømprisen må tilskuddssatsen være 34 % i Sandvika og 42 % i Mebygda. Med 25 % støtte må kalkulasjonsrenten være 5 % i Sandvika og 3,4 % i Mebygda for at varmeprisen skal være lik strømprisen på 84,3 øre pr. kWh. For å tilnærme seg oljeprisen må tilskuddssatsen være 6,5 % i Sandvika og 15 % i Mebygda. Med 25 % støtte må kalkulasjonsrenten være 10,5 % i Sandvika og 9 % i Mebygda for at varmeprisen skal være lik oljeprisen på 97,92 øre pr. kWh.

5. Konklusjon

Det ble gjort et "best case" og "worst case" innen både flis- og varmemproduksjonen. For flis ble utfallsrommet 20,35 til 36,66 øre pr. kWh (eksklusive merverdiavgift). Det er lite sannsynlig at alle varisasjonene i forutsetningene slår i enten positiv eller negativ retning samtidig, men utfallsrommet er likevel reelt. Størst innflytelse på den totale flisprisen har råvareprisen. 20 kr nedgang i råvareprisen senker flisprisen med 0,96 øre pr. kWh.

Utfallsrommet i varmemproduksjonen, inklusive fliskostnader, ble fra 57,73 til 87,04 øre pr. kWh i Sandvika, og fra 59,81 til 101,25 øre pr. kWh i Mebygda (eksklusive merverdiavgift). Også her er det lite sannsynlig at alle varisasjonene i forutsetningene slår i enten positiv eller negativ retning samtidig, men utfallsrommet er likevel reelt.

Det ble gjort følsomhetsanalyser for hver enkelt faktor, for å belyse hvordan endringene vil påvirke sum varmepris ut til energiavtakerne.

- 10 % endring i tilskuddssatsen vil slå ut med 3,8 til 4 øre pr. kWh endring i sum varmepris.
- 2 øre pr. kWh endring i innfyrt flispris vil gi en endring på 2,43 øre pr. kWh i sum varmepris.
- 1 % endring i kalkulasjonsrentefot vil føre til en endring på 1,65 til 2,14 øre pr. kWh i sum varmepris innenfor et renteintervall på 2 til 10 %.
- 5 % endring i investeringskostnadene i varmemproduksjonen vil føre til en endring på 1,52 til 1,56 øre pr. kWh i sum varmepris i intervallet -15 til 15 %.
- En endring i levert varme fra fyrsentralene i intervallet -15 til 15 % vil kunne gi en endring i varmepris på 1,53 til 2,58 øre pr. kWh pr 5 % endring. Størst utslag på varmeprisen oppstår ved mindre varmeleveranse enn forventet.
- Å senke den økonomiske avskrivningstiden fra 14 til 8 år, vil for Sandvika øke varmeprisen fra 71,91 til 80,65 øre pr kWh, og det samme fra 75,40 til 87,01 øre pr. kWh for Mebygda.
- Å øke den økonomiske avskrivningstiden fra 14 til 20 år, vil for Sandvika senke varmeprisen fra 71,91 til 68,64 øre pr. kWh, og det samme fra 75,40 til 71,02 øre pr. kWh for Mebygda.

Litteratur

Dalsbø, G.A. 2006. Graddagstall Lierne. Notat fra Gudmund Anders Dalsbø, Klimadivisjonen, Meteorologisk Institutt, Blindern, Oslo.

Eikenes, B. 2002. Virkeskvalitet og virkesomsetning. Tabell s 44. GAN forlag, Oslo.

Energigaården 2004. Småskala biovarmeleveranse til boligfelt på Nøkleby. Bioenergirapport. Energigården, Eidsalm, Brandbu.

Energiveven 2006. <http://www.energiveven.no/billedbase/billedbase.html>

Enova 2006. Varmeprogram. <http://www.enova.no/?pageid=3011>

Gjertsås, S. 2006. Kostnader ved lagringshall. Notat fra Svein Gjertsås, Sørli Bygg AS, Lierne kommune.

Grønn Varme 2006. Pris på lett fyringsolje.
<http://www.gronnvarme.no/fast/priser.html>

Gulesider 2006. <http://www.gulesider.no/gsi/map.c?spraak=>

Guttormsen, A.G. 2005. Forelesningsnotat 21.9.2005. BUS 220, Finansiering og investering. Institutt for økonomi og ressursforvaltning, Universitetet for Miljø og Biovitenskap, Ås.

Hohle, Eid.E. 2001. Bioenergi- Miljø, teknikk og marked. Energigården.

Hagen, R. 2004. En kostnadsanalyse av et fjernvarmeanlegg basert på biobrensel. Hovedoppgave. Norges Landbrukshøgskole (NLH).

Innovasjon Norge 2006. Bioenergiprogrammet.
http://www.innovasjonnorge.no/templates/Page_Meta____49889.aspx

Innovasjon Norge 2005. Saksinnstilling med vedtak. Dokka Biovarme. Saksansvarlig Syver Aasberg, IN avd. Oppland.

Innovasjon Norge 2004. Saksinnstilling. Lesteberg gård i Vestby. Saksansvarlig Andreas Sundby, IN hovedkontor Oslo.

Kjelforeningen – Norsk Energi 2004. Utredning om biobrenselanlegg Etnedal sentralskule. Rapport 25931-RV-001-F01. Oslo

Lierne kommune 2006. Arealopplysning.
www.lierne.kommune.no

Nergård, M. 2005. Energital for Lierne kommune. Notat fra avd. ingeniør Morten Nergård, Lierne kommune.

NoBio 2005. Veien til biovarme. Norsk Bioenergiforening. Oslo.

NoBio 2005b. Bioenergi Morgedal Hotell. Powerpointpresentasjon. Norsk Bioenergiforening. Oslo.

Norsk Biovarme AS 2006. Priser og informasjon omkring distribusjonsnett og fyrsentraler.
<http://www.norskbiovarme.no/>

Norsk Fjernvarmeforening 2003. Kostnader ved fjernvarmeutbygging. Oslo.

Norsk Landbruk 2006. Maskinleiepriser. <http://www.norsklandbruk.no/?did=9330762>

Perpetum 2005. Perpetum energi og miljø. Hesnes gartneri, Grimstad. Rapport flisfyring. Stokke.

Sandberg, E. 2006. Brukstider hentet fra programverktøyet Energinøkkelen. Notat fra Siv.ing. Eiliv Sandberg, Hamar.

SSB 2006. Enerkipriser i husholdningen med forskjellige energibærere.

<http://www.ssb.no/emner/01/03/10/energiregn/fig-2006-04-06-03.gif>

SSB 2006b. Innbyggertall Lierne kommune.

http://www.ssb.no/kommuner/hoyre_side.cgi?region=1738

SSB 2006c. Kvartalsvise elpriser.

<http://www.ssb.no/emner/10/08/10/elkraftpris/>

Store Norske Leksikon 2006.

<http://www.storenorskeleksikon.no/article.html?id=13023088&menu=657234>

Swebo AB 2006. Flis & Energi.

<http://www.swebo.com/frames/index3.htm>

Personlige meddelelser:

Bruce, G. 2006. Avvirkning av energigran i Lierne kommune. Vikarierende skogbruksleder Grete Bruce i Lierne og Røyrvik kommune.

Eikmaskin 2006. Pris og opplysninger på flishogger. Samtale med Eikmaskin, Grefsen, Oslo.

Farsund, Ø. 2006. Kapasitet på flishogger. Personlig meddelelse av Øystein Farsund, energirådgiver ved Energigården, Eidsalm, Brandbu.

Hammeren, T. 2006. Tilskuddssats. Samtale med Trond Hammeren, Sentral koordinator for Bioenergiprogrammet, Innovasjon Norge, Oslo.

Lauglo, L. 2006. Opplysninger omkring leie av flishuggingstjenester av Allskog, samt pris på levering av energigran av Allskog på tomt i Lierne kommune. Samtale med Ole Lauglo, markedssjef i Allskog BA, Trondheim.

Staberg, K.M. 2006. Opplysninger om brennverdier og barkvolumprosent i energigran. Samtale med Kjell Morten Staberg, markedsavdelingen i Allskog BA, Trondheim.