



Forord

Denne oppgaven er skrevet som avslutningen på min 2-årige mastergrad i fornybar energi ved Norges Miljø- og Biovitenskaplige Universitet (NMBU), våren 2015. Oppgaven er utarbeidet av meg, Christina Hågenvik Skaatan, under veiledning av Førsteamanuensis Monica Havskjold.

Det har vært en fornøyelse, og en lærerik prosess å skrive denne masteroppgaven. Jeg har alltid hatt stor interesse for fornybar energi, og det har vært svært spennende å lære så mye om fjernvarmebransjen.

Aller først vil jeg vil rette en stor takk til min veileder Monica Havskjold, for tett oppfølging, gode råd, og for at hun har delt sin kunnskap og sitt kontaktnettverk i fjernvarmebransjen med meg. Tusen takk til begge mine foreldre som alltid har hatt troen på meg, og som har tatt seg tid til å lese korrektur til tross for fulle dager. Jeg vil også takke jentene i Collegium Alfa for all støtte og glede underveis i oppgaveskrivingen, og for å ha gjort mine to år på Ås helt fantastiske.

Takk til Bellona v/ Lene Hodge for hjelp til formulering av problemstilling. Til slutt vil jeg rette en stor takk til alle som har latt seg intervjuet i forbindelse med oppgaven. Takk for deres tid, datamateriale og tilbakemeldinger. Oppgaven hadde ikke vært mulig uten dere.

Jeg håper oppgaven vil være interessant lesestoff for både fjernvarmebransjen og andre interesserte.

Ås 08.05.15

Christina Hågenvik Skaatan

Sammendrag

Fjernvarmesektoren i Norge benytter fossile energikilder, men har hatt en vesentlig økning i fornybarandelen de siste årene. Hovedmålet med oppgaven er å finne ut når det er realistisk at hele fjernvarmesektoren i Norge kan bli 100% fornybar. Fokuset har vært på overgangen fra fossil til fornybar spisslast. Oppgaven forutsetter at både bioenergi, elektrisitet og spillvarme fra avfallsforbrenning regnes som fornybart.

Intervju har vært hovedmetoden for oppgaven, og resultatene baserer seg på svarene fra syv store fjernvarmeselskap, samt Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) og Enova. Studien dekker ca 80% av fjernvarmeproduksjonen i Norge. Det har også blitt gjennomført LCOE (Levelized Cost of Energy) beregninger for å finne resulterende varmepris, for 6 alternative scenarier. Nåverdimetoden ble også brukt for å beregne lønnsomhet for ulike investeringer.

Studien har kommet frem til at fjernvarmesektoren teknisk sett kunne vært fornybar allerede, men på grunn av ulike utfordringer med blant annet lønnsomhet og kvalitet på bioolje kan det ta lengre tid. De fleste bedriftene svarte at de med stor sannsynlighet vil kunne bli fornybare innen 2020, men med ulike forbehold og forutsetninger.

Alle bedriftene hadde et mål, delmål eller et langsiktig mål om å bli 100% fornybare. De viktigste motivasjonsfaktorene var klimamessige hensyn, bedriftsøkonomi og myndighetskrav. Det viste seg også at den gjennomsnittlige fornybarandelen for fjernvarme i Norge i dag er rundt 95%, og ikke 85% som tidligere antatt.

Opgaven gir et realistisk bilde på hvordan situasjonen i fjernvarmebransjen er i dag, og en indikasjon på hvordan den kan bli i fremtiden. Resultatene kan virke opplysende for ulike bedrifter og interessenter i fjernvarmebransjen.

Abstract

Historically, the district-heating industry in Norway has been predominantly driven by fossil energy. More recently, however, there has been a dramatic increase in heat produced from renewable energy sources. This thesis aimed to discover exactly when it might be feasible for the entire district-heating sector in Norway to be driven exclusively by renewables. The focus here is on the transition from fossil fuels to renewable peak loads. It is assumed that bioenergy, electricity and heat from waste incineration can all be considered renewable.

The main method of data collection was through interview. Interviews were held with seven large district heating companies, as well as with the Norwegian water resources & energy directorate (NVE) and Enova. The thesis thus covers approximately 80% of the district heating networks in Norway. The levelized cost of energy (LCOE) was calculated to determine the resultant heat price, for 6 alternative cases. The present value method was also used to calculate profitability based on investment costs.

The results suggested that the average share of renewable energy for district heating in Norway today is about 95%, and not 85% as previously assumed. All of the interviewed companies revealed that they were aiming for 100% of heat to come from renewable sources, though for some companies this appeared to be more of a secondary or longer-term goal. In working towards the 100% target, the main motivating factors appeared to be climatic considerations and profitability as well as regulatory requirements.

It was concluded that whilst the district-heating sector could, technically speaking, have been renewable already, challenges, like profitability and quality of biooil, have made it likely to take a few more years. As long as certain prerequisites are met, most companies thought they would be renewable by 2020.

This thesis gives a realistic overview of the current situation in Norway's district heating industry, as well as an indication of how it might develop in the future. The results may be particularly interesting for companies and stakeholders in the Norwegian district-heating sector.

Innhold

Forord	ii
Sammendrag	iii
Abstract.....	iv
Figurer og tabeller.....	vi
1 Innledning	1
1.1 Bakgrunn	1
1.2 Problemstilling.....	2
1.3 Begrensning av oppgaven.....	2
2 Teoretisk tilnærming og litteratur.....	3
2.1 Fjernvarme.....	3
2.2 Klimagassutslipp og overgang til fornybar energi	4
2.3 Teknologier for fjernvarme	5
2.4 Virkemidler for utfasing av fossile brensler.....	9
2.5 Litteratur og tidligere forskning.....	11
3 Metode	17
3.1 Intervju.....	17
3.2 Valg av respondenter	18
3.3 Kostnadsberegninger.....	19
3.4 Bearbeiding av resultatene.....	21
4 Resultater	22
4.1 Fornybarandel og utvikling	22
4.2 Mål, motivasjon og utfordringer	25
4.3 Teknologier	29
4.4 Kostnadsberegninger.....	32
4.5 Fremtidsutsikter.....	38
5 Diskusjon	40
6 Konklusjon	53
7 Referanser.....	54
Vedlegg.....	56
Vedlegg 1: Intervjugal.....	56
Vedlegg 2: Kostnadsberegninger	58

Figurer og tabeller

<i>Figur 1: Prinsippskisse for fjernvarme (Kilde: Hafslund)</i>	<i>3</i>
<i>Figur 2: Utviklingen av klimagassutslipp fra 1990 til 2013.(Statistisk Sentralbyrå 2014b)</i>	<i>5</i>
<i>Figur 3: Eksempel på et varighetsdiagram for en varmesentral. (Fossefall 2015) ...</i>	<i>6</i>
<i>Figur 4: Nettoproduksjon av fjernvarme i Norge, fordelt på ulike typer varmesentraler (Statistisk Sentralbyrå 2014a)</i>	<i>7</i>
<i>Figur 5: Andelen varmepumper og biokjeler integrert i produksjonen med og uten vindkraft (WP). (Hagos et al. 2014)</i>	<i>13</i>
<i>Figur 6: Potensielle unngåtte klimagassutslipp(Sjølie et al. 2010).....</i>	<i>15</i>
<i>Figur 7: Energimiksen i fornybarandelen til de ulike fjernvarmeselskapene fra 2014.....</i>	<i>23</i>
<i>Figur 8: Fornybarandelens utvikling de siste 5 årene.</i>	<i>24</i>
<i>Figur 9: Fordelingen av fjernvarmeselskapenes mål i forhold til fornybarandel. ...</i>	<i>25</i>
<i>Figur 10: Hovedmotivasjonsfaktorene til fjernvarmeselskapene.....</i>	<i>26</i>
<i>Figur 11: Oversikt over teknologier for grunnlast og mellomlast.....</i>	<i>29</i>
<i>Figur 12: Oversikt over teknologiene for spisslast og reservelast.</i>	<i>30</i>
<i>Figur 13 : Kostnadsfordelingen bak LCOE resultatet.</i>	<i>35</i>
<i>Tabell 1: Oversiktstabell over bedriftene. Tallene er fra 2013/2014.</i>	<i>22</i>
<i>Tabell 2: Resultat fra LCOE beregningene.</i>	<i>34</i>
<i>Tabell 3: Differansen mellom scenariene og referansene. Prisene i tabellen er i kr/kWh.</i>	<i>35</i>
<i>Tabell 4: Resultat fra nåverdiberegningene.</i>	<i>36</i>

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

Vi lever i en verden hvor klimagassutslipp og global oppvarming er et faktum. For å stanse denne utviklingen må det skje en betydelig energieffektivisering og omorganisering av energisystemet. Målet må være et bærekraftig samfunn basert på fornybar energi. Norge har i lang tid basert seg på fossile brensler, men er allerede godt i gang med utfasingen. Fjernvarmesektoren er en av mange bransjer som jobber med denne utviklingen.

Hovedprinsippet med fjernvarme er å bruke overskuddsenergien i samfunnet til oppvarming i tettbygde områder. På den måten får man utnyttet den energien som ellers ville gått til spille. Samtidig slipper man å bruke høykvalitetsstrøm til oppvarming. Fjernvarme er med på å energieffektivisere samfunnet ved å bidra til en reduksjon i bruken av primærenergikildene. (Fjernvarme 2015)

Fjernvarmeselskapene bruker den typen overskuddsenergi som er tilgjengelig i det aktuelle området. Det vanligste er spill-varme fra industri eller brenning av avfall, samt bioenergi basert på restprodukter fra skog- og jordbruk. De aller fleste fjernvarmeanlegg bruker fossile brensler som olje og gass som spisslast. Dette bidrar til klimagassutslipp, og bør erstattes med fornybare løsninger.

Fjernvarmeselskapene prøver ut ulike typer brensler for å erstatte de fossile kildene, men problemet er ofte at det finnes få tilgjengelige alternativer. (Fjernvarme 2015) I denne oppgaven skal det fokuseres på å finne ut når det er realistisk at hele fjernvarmesektoren i Norge kan bli 100% fornybar, og hva de fossile teknologiene for spisslast kan byttes ut med. Det skal også sees på lønnsomhet, motivasjonsfaktorer, samt samfunnsperspektivet og behovet for ulike virkemidler.

1.2 Problemstilling

I studien som følger skal det tas utgangspunkt i innhentede data fra 7 ulike fjernvarmeselskap, samt Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) og Enova. Følgende problemstilling med tilhørende underspørsmål skal besvares:

Når er det realistisk at hele fjernvarmesektoren i Norge kan bli 100% fornybar?

- Hvordan er bedriftenes fornybarandel i dag, og hvordan har den utviklet seg de siste 5 årene?
- Hva er bedriftenes mål, motivasjonsfaktorer og utfordringer ved en overgang fra fossil til fornybar spisslast?
- Hvilke teknologier skal de fossile byttes ut med, og hvilke virkemidler kreves for å gjøre overgangen lønnsom for bedriftene?

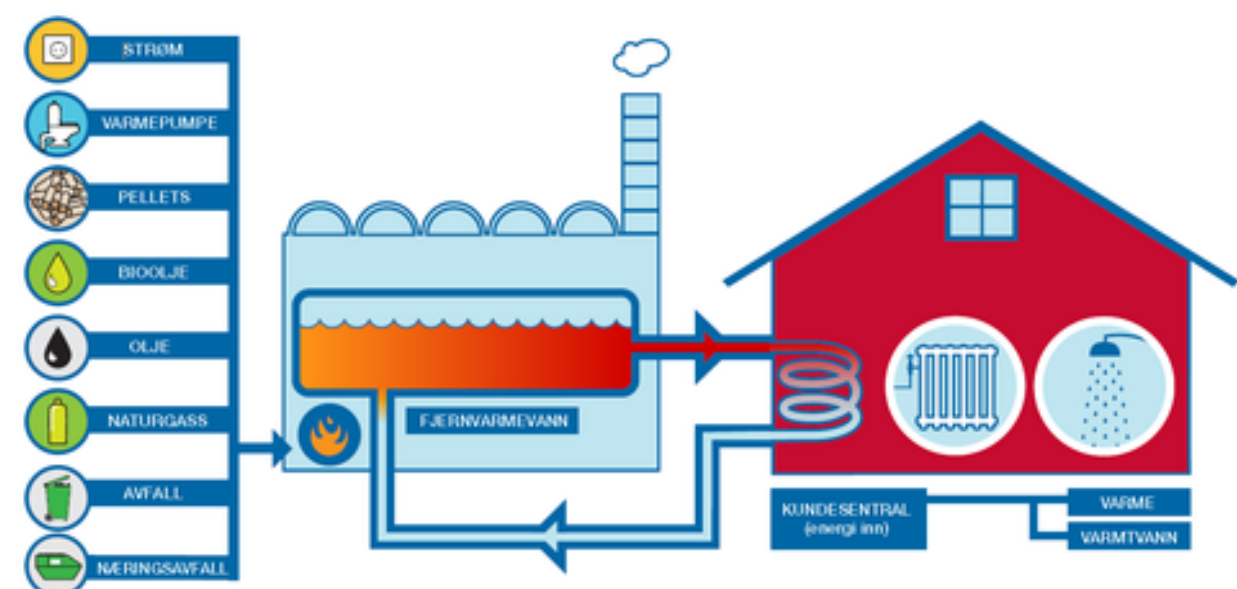
1.3 Begrensning av oppgaven

Oppgavens fokus begrenser seg til fossil spisslast og hvordan den kan bli fornybar. Flere av teknologiene i fornybarandelen regnes som CO₂ nøytrale, selv om de fører til utslipp av CO₂ i dag. Dermed vil selv en 100% fornybarandel i fjernvarmesektoren føre til noe klimagassutslipp. Det forutsettes allikevel at både bioenergi, elektrisitet og spillvarme fra brenning av avfall, regnes som fornybart i denne oppgaven. Klimaendringer på grunn av menneskelig aktivitet er en stor og viktig utfordring, men dersom oppgaven hadde fokusert på å stoppe alle utslipp, hadde det blitt en helt annen oppgave. Oppgaven vil begrense seg til fjernvarmesektoren i Norge.

2 Teoretisk tilnærming og litteratur

2.1 Fjernvarme

Fjernvarme er et energisystem hvor varmeenergi produseres i en varmesentral et sted, og brukes til oppvarming et annet sted. Varmeenergien transporteres ved hjelp av et fjernvarmenett som kan ligge flere kilometer fra der produksjonen skjer. Fjernvarmenettet er et lukket rørsystem som transporterer varmt vann ut til forbrukerne, og avkjølt vann tilbake til varmesentralen for ny oppvarming. Fjernvarme er ikke en energikilde, men en energibærer som brukes til oppvarming av inneluft og tappevann. (Fjernvarme 2015)



Figur 1: Prinsippkisse for fjernvarme (Kilde: Hafslund)

Fjernvarme baserer seg på prinsippet om at overskuddsenergien i samfunnet kan brukes til oppvarming i stedet for å la den gå til spille. Eksempler på overskuddsenergi kan være å brenne biomasse som for eksempel GROT (hogstavfall) som ellers ikke brukes til noe annet. Et annet eksempel kan være brenning av avfall, eller bruk av spillvarme fra industri. Dermed kan man si at fjernvarme er et energieffektivt system, som i stor grad baserer seg på fornybare eller CO₂-nøytrale kilder.

2.2 Klimagassutslipp og overgang til fornybar energi

Fjernvarme er med på å fase ut fossil energi. Store bygg har ofte oljefyr i kjelleren, men om slike bygg kobler seg på fjernvarmenettet kan fjernvarme bidra til å erstatte fossil fyringsolje. I årsrapporten fra Enova fra 2011 står det at alle fjernvarmeselskap som har fått støtte fra dem, har erstattet oljefyring.

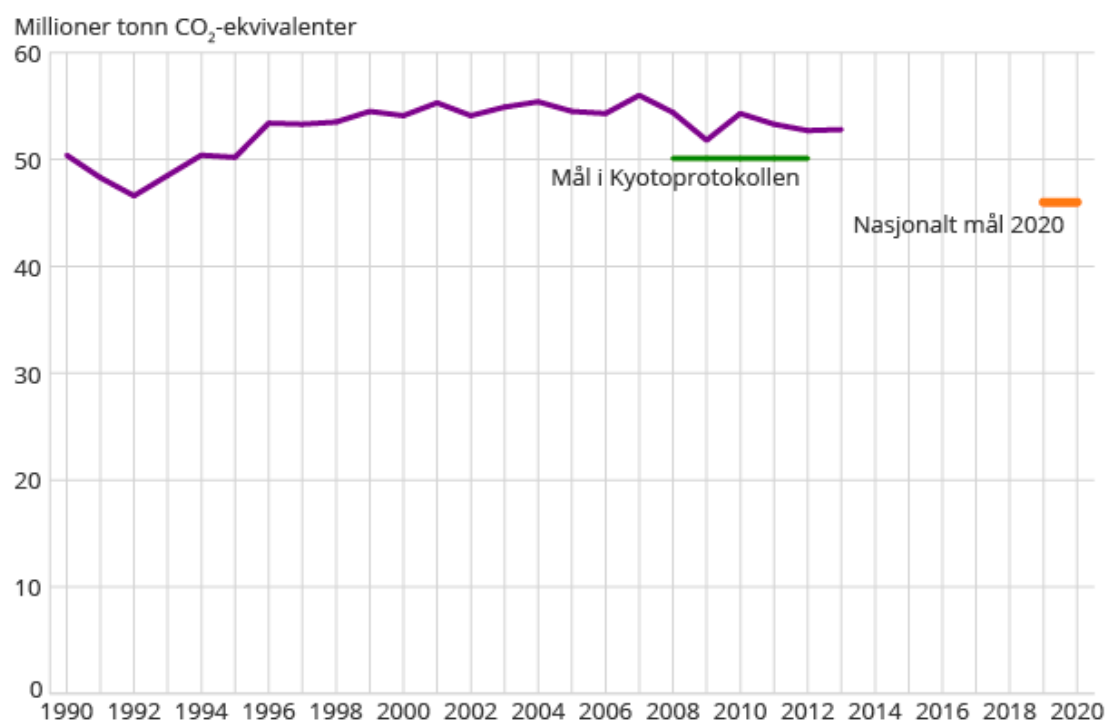
(Enova 2011) Sett i et større bilde vil dette si at fjernvarme har bidratt til utfasingen av rundt 2 TWh med oljefyring i Norge. Dermed har klimagassutslipp i Norge blitt redusert med hele 600 000 tonn CO₂ ekvivalenter i året.

(Fjernvarme 2015) Dette gjør fjernvarme til byggsektorens viktigste klimatiltak hittil. På et kommunalt plan er en av de viktigste effektene av fjernvarme at det også reduserer lokale miljøutslipp. Fjernvarmen kan også forurense, men ved hjelp av bedre renseteknologi og mindre lokal spredning blir slike utslipp lavere enn ved flere lokale anlegg som brenner samme brensel. (Fjernvarme 2015)

Norge har både nasjonale og internasjonale forpliktelser med tanke på klimagassutslipp. Både i Kyotoavtalen fra 2013-2020, og i "klimaforliket" fra 2008, og på nytt i 2012, satte Norge seg et klart mål for utslippskutt tilsvarende 30% fra 1990 nivå innen 2020. (Statistisk Sentralbyrå 2015)

Figur 2 viser utviklingen av klimagassutslippene i Norge fra 1990 til 2013. Den illustrerer også hvordan vi ligger an i forhold til målene i Kyotoprotokollen, samt det nasjonale målet for 2020.

Norske utslipp av klimagasser relatert til Kyoto-målet¹ og nasjonalt mål² innen 2020. 1990-2013*



¹ Målet kan innfris ved hjelp av nasjonale utslippsreduksjoner og kvotekjøp.

² Nasjonalt mål 2020: Innenlandske utslipp skal ikke overstige 45-47 millioner tonn.

Kilde: Statistisk sentralbyrå.

Figur 2: Utviklingen av klimagassutslipp fra 1990 til 2013. (Statistisk Sentralbyrå 2014b)

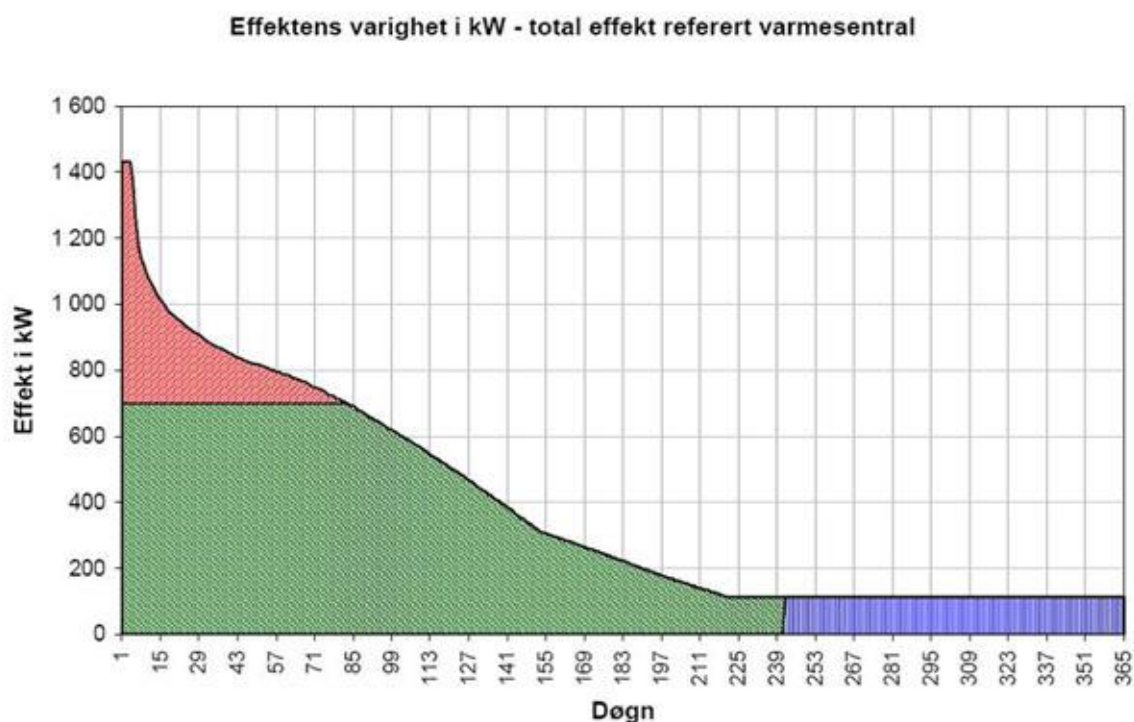
Ved å bruke fjernvarme som er fornybar kan man redusere klimagassutslippene, og dermed bidra til å nå klimamålene Norge har forpliktet seg til. Hvorvidt bioenergi, avfall og elektrisitet kan regnes som 100% fornybart, diskuteres i kapittel 5.

2.3 Teknologier for fjernvarme

I dette delkapittelet presenteres de vanligste teknologiene for produksjon av fjernvarme.

Fjernvarme er en fleksibel energibærer som kan baseres på flere ulike teknologier og energikilder. Disse kan varieres ut ifra energipriser eller varmebehovet. Fjernvarmesentraler har ulike kjeler for varmeproduksjon som dekker flere typer behov. Den største delen av oppvarmingsbehovet dekkes av grunnlastkilder. Når varmebehovet øker over grunnlastens kapasitet, suppleres

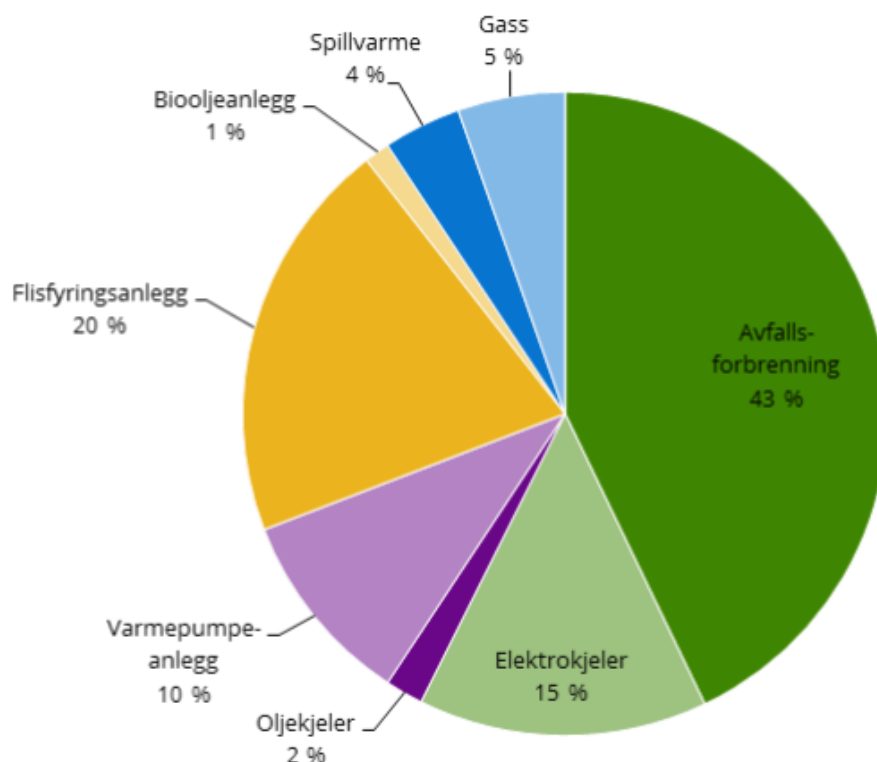
den med mellomlast og spisslast. I tillegg finnes det også reservelast og sommerlast. (Statistisk Sentralbyrå 2014c)



Figur 3: Eksempel på et varighetsdiagram for en varmesentral. (Fossefall 2015)

I bildet over ser man et eksempel på et varighetsdiagram for en varmesentral. Grunnlasten (grønn) dekker nesten all energien, mens man kan se at spisslasten (rødt) har omtrent like stor installert effekt, men langt mindre driftstid over året. Sommerlasten (blå) kan brukes i perioder der varmebehovet er så lite at det ikke er lønnsomt å kjøre grunnlastkilden.

I følge krav i konsesjonene som NVE har gitt, må fjernvarmeleverandøren forplikte seg til å levere maks effektbehov selv om den største enheten skulle falle ut. Det vil si at det er viktig at fjernvarmeleverandøren har kjeler i reserve dersom grunnlasten skulle faller ut. (Norges vassdrags- og energidirektorat 2014) **Figur 4** viser produksjon av varme fordelt på ulike teknologier/brensler.



Kilde: Statistisk sentralbyrå.

Figur 4: Nettoproduksjon av fjernvarme i Norge, fordelt på ulike typer varmesentraler (Statistisk Sentralbyrå 2014a)

Grunnlast

Grunnlasten er den effekten som skal dekke det aller meste av energibehovet over året på en mest mulig lønnsom måte. Det er den stabile varmeleveransen hvor effekten går opp til et visst nivå. Grunnlasten skal være relativt stabil over døgnet eller driftstiden, men kan variere noe ut over året, avhengig av om produksjonen har krav til temperatur eller sesong. (TEK10 2015) (Enova 2012)

Grunnlasten har typisk høye faste kostnader og høye start/stopp kostnader, men lave marginalkostnader. Dermed kan den kjøres kontinuerlig uten en stor prisendring. Spillvarme fra avfallsforbrenning er den viktigste grunnlastkilden for mange fjernvarmeanlegg. I tillegg er biobrensel i form av rå flis, skogsavfall og pellets/briketter et vanlig alternativ. Varmepumper er også en godt utbredt grunnlastkilde, med et stort potensiale. (Havskjold 2010)

Fordelingen av grunnlast og spisslast vil i praksis være avhengig av temperaturer og klima, effektbehov over året, samt varmesystemets egenskaper. Fjernvarmens grunnlast utgjør vanligvis rundt 70-90% av varmebehovet. (TEK10 2015)

Spisslast

Spisslasten er den lasten som dekker effekttoppene i de periodene grunnlasten ikke strekker til. Spisslasten har typisk lave start/stopp kostnader. Den vil ofte ha raskere regulering og kan starte og stoppe på kort tid. Spisslasten har vanligvis lave faste kostnader, men høye variable kostnader. De aller fleste fjernvarmeselskap bruker olje eller gass på de kaldeste dagene i året. Dette bidrar til klimagassutslipp tilsvarende 150.000 tonn CO₂ ekvivalenter i året i Norge. (Enova 2012) Dersom de siste 10% fossile kildene som brukes til spisslast kan byttes ut med fornybar energi, vil bransjens bidrag til å redusere klimagassutslipp kunne komme opp i 750 000 tonn CO₂ ekvivalenter i året. (Enova 2012)

De vanligste teknologiene for spisslast i dag er klassisk oljekjel, oljekjel basert på bioolje, gasskjel, elkjel og biokjel basert på pellets. (Fjernvarme 2015) I fremtiden vil sannsynligvis flere oljekjeler benytte høgkvalitetsbioolje i stedet for fossil fyringsolje. Bedriftene er stadig på utkikk etter nye potensielle, fornybare energikilder, men foreløpig finnes det lite på markedet. (Fjernvarme 2015)

Reserverlast og sommerlast

Reserverlasten skal kunne dekke hele det maksimale effektbehovet dersom den største grunnlasten faller ut. I et fjernvarmeanlegg må man regne med at det kan skje en uforutsett stans. Dette skjer gjerne i perioder med høyt effektbehov, og det er derfor viktig å sikre seg nok reservekapasitet. Spisslast og reserverlast bør sees i sammenheng, og en kjel kan gjerne dekke flere behov. Fjernvarmeselskapet plikter seg å kunne oppfylle "N-1-Kriteriet" på alle tidspunkt. Det vil si at anlegget må kunne dekke hele det etterspurte varmebehovet på den kaldeste dagen, selv om den største produksjonsenheten

skulle falle ut av drift. For at et anlegg skal få konsesjon, må det beskrives i søknaden hvordan N-1 kriteriet skal oppfylles. (Norges vassdrags- og energidirektorat 2011)

Om sommeren kan energibehovet være så lavt at det ikke lenger er gunstig å bruke de vanlige grunnlastkjelene, enten fordi de ikke kan kjøres så lavt i effekt, eller fordi det ikke er økonomisk gunstig. Revisjonsstans på avfallsforbrenningsanlegg kan også være en av årsakene til behov for sommerstans. Om sommeren er strømmen vanligvis både fornybar og billig. En mindre elkjel kan derfor være optimal som sommerlast. Denne kan også benyttes som spisslast/reservelast i enkelte perioder. (Soma 2015)

2.4 Virkemidler for utfasing av fossile brensler

For at bruken av fossile brensler i spisslast skal kunne utfases må politikerne legge til rette ved å innføre ulike former for virkemidler. Disse skal gjøre det enklere og mer lønnsomt for bedriftene ved en overgang til fornybar spisslast. Det finnes flere ulike virkemidler som kan innføres for å stramme inn gjeldende reglement. Her kommer en oversikt over de mest aktuelle.

Økonomiske virkemidler

Kostnader ved utfasing av fossilbruk i fjernvarmeanlegg er følsomme for endringer i energipriser. Derfor blir virkemidler som kan påvirke energiprisene svært aktuelle for fjernvarmesektoren. (Norges vassdrags- og energidirektorat 2010) Klassiske virkemidler som påvirker energiprisen er for eksempel avgiftsendringer. Å øke avgifter på fossile brensler kan være en enkel måte å oppnå ønskede resultater, men da må avgiftene også kunne påvirke kvotepliktige bedrifter. De gir i utgangspunktet god kostnadseffektivitet og dynamisk effektivitet, men krever en forutsigbarhet på avgiftsnivået på tvers av alle sektorer.

Som et alternativ til økte avgifter, kan ulike former for økonomisk støtte til investeringer være et virkemiddel. Dette er et alternativ som Enova disponerer.

Enova er et norsk statsforetak underlagt Olje og Energidepartementet. De har tatt over NVE's (Norges vassdrags- og energidirektorat) forvaltning av bevilgende midler til energiomlegging, i tillegg energiøkonomisering (ENØK). Enova finansieres gjennom Energifondet, og skal jobbe for en mer miljøvennlig omlegging av energibruk og energiproduksjon i Norge. Dette gjør de gjennom å gi økonomisk støtte til foretak og prosjekter innen energieffektivisering, fornybar produksjon og miljøvennlig bruk av naturgass. (Store Norske Leksikon 2009) Endringer i Enovas tilskuddsordninger kan også være mulige virkemidler. Enova støtter i dag de fleste investeringer i fjernvarmeanlegg hvor det kan vises til en høy fornybarandel, og det bør dermed være mulig sette utslippskrav.

Regulatoriske virkemidler

Fjernvarmevirksomhet er regulert i flere ulike lover og forskrifter. Det overordnede rammeverket og fjernvarmeprisen er regulert i energiloven og energilovforskriften, mens tilknytningsplikten er regulert i plan- og bygningsloven. NVE har ansvar for å gi konsesjon til nye anlegg samt eventuelle oppgraderinger av eksisterende. De skal sikre en samfunnsmessig helhetlig og miljøvennlig forvaltning av Norges energiresurser. (Hofstad 2013) Det å gjøre endringer i konsesjonsvilkår kan være et virkemiddel, selv om det skal svært gode grunner til for å endre allerede gitte betingelser i en konsesjon. Ved å sette høyere krav til ulike forbrenningsanlegg de gir konsesjon til, kan de potensielt være med å påvirke fornybarandelen i nye fjernvarmeprosjekter. Det burde også være mulig å legge inn krav om en spesifisert fornybar andel på fjernvarmeverk som skal få konsesjon. Dette kan gjelde både utvidelser av eksisterende anlegg og nye anlegg. For de anleggene som allerede har fått innvilget konsesjon fra NVE, vil det kunne brukes økonomiske virkemidler. (Norges vassdrags- og energidirektorat 2010) De fleste fjernvarmeselskapene er eiet av avfallsselskap eller energiselskap. Begge disse bransjene er tradisjonelt eid av stat, fylker eller kommuner. Det vil si at det offentlige Norge har en eiermakt de kan bruke. Da blir det opp til politikerne å velge om fornybarandel i fjernvarme eller overskudd fra fjernvarmeselskapet, er det viktigste.

EUs kvotesystem er også et viktig virkemiddel, spesielt for de store fjernvarmeselskapene. Alle energianlegg med en innfyrt effekt på over 20MW vil være kvotepliktige i perioden 2013 til 2020. Fjernvarmeanlegg som er kvotepliktige betaler i utgangspunktet ikke CO₂ avgift. (Berntzen 2012)

Informative virkemidler

Det er viktig med informative virkemidler som kan hjelpe forbrukerne til å ta mer bevisste valg. Vet forbrukerne om fordelene med fjernvarme, så velger de kanskje å tilknytte sitt nye hus et slikt anlegg. Ved å informere fjernvarmeselskapene om virkningsgraden på ulike teknologier kan man muligens også påvirke valg av nye teknologier. Vet de ikke om muligheten for å konvertere fossile oljekjeler til bruk av bioolje, så velger de heller ikke det.

2.5 Litteratur og tidligere forskning

I dette delkapittelet blir tre forskningsartikler presentert for å danne et kunnskapsgrunnlag for oppgaven basert på nasjonal og internasjonal forskning.

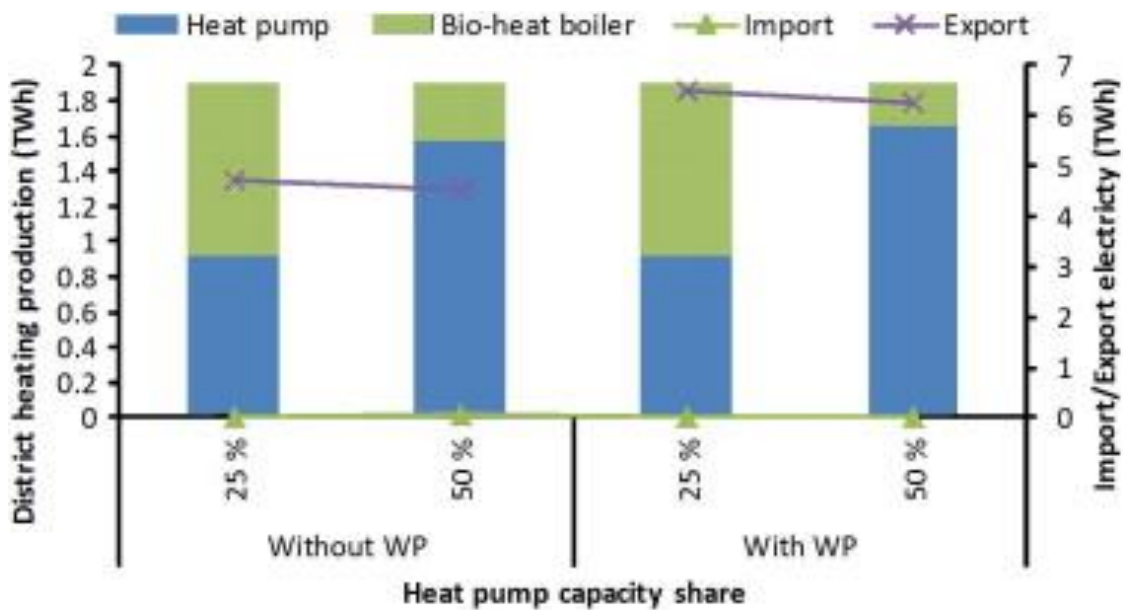
Det er blitt gjennomført et litteratursøk i både nasjonale og internasjonale databaser. Selv om det finnes mange artikler om fjernvarme, har det ikke vært lett å finne relevant forskningsbasert litteratur. Artikkene som blir presentert i dette delkapittelet omhandler ikke bare forskning på overgangen fra fossil til fornybar spisslast. De handler også om fjernvarmens rolle i energisystemet i fremtiden, samt kostnader og effekter av politiske og økonomiske virkemidler. Som representant for internasjonal forskning presenteres det en artikkel som omhandler Sveriges vei fra en oljebasert fjernvarmesektor, til en sektor med svært lave klimagassutslipp.

Hagos et al. 2014: Towards a flexible energy system - A case study for Inland Norway. Applied Energy, Volume 130. 1.Oct 2014.

Denne artikkelen fra 2014 ble skrevet av D.A.Hagos, A.Gebremedhin og B.Zethraeus, som resultat av et forskningsarbeid hvor fjernvarmes rolle i et fremtidig fleksibelt energisystem i Norge, ble analysert. I artikkelen ser de på

fordelene ved å introdusere mer bioenergi, solvarme, og vindenergi i et fleksibelt energisystem, for å øke fornybarandelen i systemet. Dermed kan PEC (Primary Energy Consumption) reduseres, og forsyningsikkerheten i Norge sikres. Analysen er gjort ved hjelp av simuleringer i programmet EnergyPlan. Resultatet fra forskningen viser at integrert bruk av biovarme og varmepumper i både individuelle husstander og fjernvarmeanlegg ville redusert PEC og sosio-økonomiske kostnader mer enn intensiv biovarme alene. Ved å bruke fjernvarme, slipper man å bruke høykvalitets elektrisitet til oppvarming, og sparer dermed strøm. I "Scenario 1" byttet de ut elkjelen med fjernvarme basert på bioenergi med varmelagring. I tillegg brukte de solvarme og grunnvarmepumpe på bygg utenfor tettstedene, og byttet fra olje til biovarme kjeler i industri. Resultatet fra "Scenario 1" viste at fornybarandelen ville kunne øke fra 67,5% til hele 74,5%. I "Scenario 2" så de på muligheten for å bruke varmepumpe som grunnlast og biovarme som spisslast. Resultatet viste at da fornybarandelen da ville kunne økes til 71,8%.

Figur 5 viser andelen av varmepumper og biokjeler integrert i fjernvarmeproduksjonen, med og uten 700MW vindkraft. Varmepumpens rolle i energisystemet og dens evne til å skape et fleksibelt system med redusert energiforbruk, kan måles med synkroniseringseffekten mellom vann- og vindkraft, som igjen kan bidra til økt tilgang på vann i reservoarene.



Figur 5: Andelen varmepumper og biokjeler integrert i produksjonen med og uten vindkraft (WP). (Hagos et al. 2014)

Ved å bruke denne artikkelen som en del av kunnskapsgrunnlaget for oppgaven lærer vi at forskningen tydelig viser at fjernvarme vil ha en plass i et fremtidig fleksibelt energisystem, og har potensiale til å bidra til en større total fornybarandel i landet.

Det er fremdeles en vei å gå, men mulighetene finnes, dersom det legges til rette for det ved bruk av økonomiske og politiske virkemidler. Det bringer oss videre til neste artikkel, som omhandler nettopp dette med virkemidlenes effekter på klimagassutslippene.

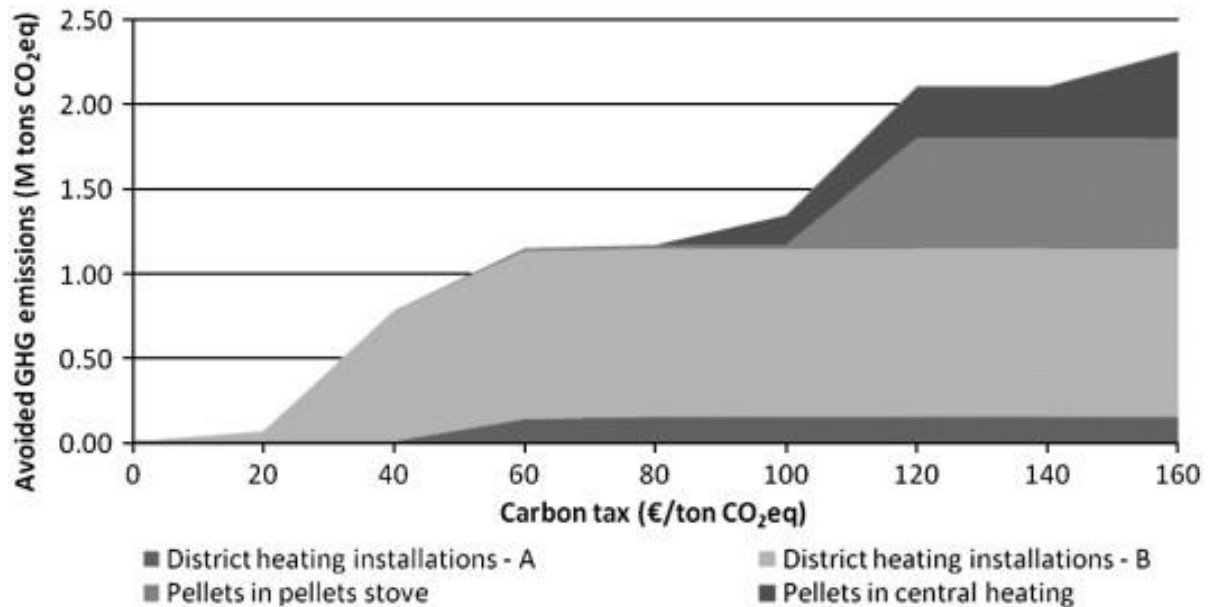
Sjølie et al 2010: Effects and costs of policies to increase bioenergy use and reduce GHG emissions from heating in Norway. Forest Policy and Economics, Volume 12, Issue 1, Jan 2010.

Artikkelen fra 2010 skrevet av Hanne K. Sjølie, Erik Trømborg og Torjus F. Bolkesjø ved Norges Miljø- og Biovitenskaplige Universitet (NMBU), viser mulighetene for å redusere klimagassutslipp ved å bruke bioenergi i stedet for fossil energi til oppvarming i Norge. Artikkelen baserer seg blant annet på NOU rapporten "Et klimavennlig Norge" fra 2006, der det fremkommer at det kan bli slutt på alle klimagassutslipp fra varmeproduksjon innen 2050. Dette inkluderer

både fjernvarme og annen varmeproduksjon. Det kan gjøres ved hjelp av energibesparelse, og ved å endre varmekilde fra fossile kilder til varmepumper og bioenergi. (Randers 2006) Studien ved NMBU så på konsekvensene ved enten å gi subsidier til bioenergi, eller å øke avgifter på fossile brensler. Ved hjelp av en partiell og spatial likevektsmodell (Norwegian Trade Model II (NTMII)), så de på hvordan dette påvirket klimagassutslippene fra varmesektoren i Norge. Resultatene viste at ved en karbonavgift på 160 Euro/tonn CO₂ ekvivalent, kunne utslippene fra varme sektoren i Norge reduseres med hele 70%. Avgifter på fossile brensler viste seg å gi en større sannsynlig effekt, enn det å gi subsidier til bioenergi. Dette fordi avgifter gjør at det brukes mindre fossilt brensel. Videre fant de et potensial for redusert utslipp fra varme på 1,15 M tonn CO₂ ekvivalent per år med en karbonavgift på 60 Euro/tonn CO₂ ekvivalent. Se **Figur 6**.

Dersom avgiften på norsk fyringsolje og parafin var på 60 Euro/tonn CO₂ ekvivalent, kunne bioenergibruken i fjernvarmeanlegg øke med nesten 4 TWh per år. Bioenergi i form av pellets i pelletsovner og sentralvarmesystemer kan bli lønnsomt, dersom karbonprisen overgår 100 Euro/tonn CO₂ ekvivalent. (Sjølie et al. 2010)

Figur 6 viser potensielle unngåtte klimagassutslipp (Mton CO₂ ekv.) i 2015 ved å bytte ut fossile brensler, i ulike fjernvarmeanlegg, med variert karbonavgift (uten subsidier). "District heating installations - A" viser nåværende fjernvarme, mens "B" viser eksisterende bygninger med vannbåren varme.



Figur 6: Potensielle unngåtte klimagassutslipp (Sjølie et al. 2010)

Ericsson et al 2014: Low –carbon district heating in Sweden – Examining a successful energy transition. Publ: Energy Research & Social Science, Volume 4, Des 2014.

Artikkelen ble skrevet i 2014 av Lorenzo Di Luca og Karin Ericsson, og ser på utviklingen i den svenske fjernvarmesektoren. Artikkelen omfatter overgangen fra olje til fornybar fjernvarme i Sverige i perioden 1960 – 2011. Andelen olje ble redusert fra 100% i 1973 til bare 12% i 1989, og allerede da ble den stort sett bare brukt som spisslast. Metoden forfatterne brukte er først og fremst dybdeintervju med eksperter, samt forskningslitteratur. De har basert artikkelen på et Multi-level Perspektiv (MLP), som tar hensyn til sosiotekniske regimer og nisjer, samt "landskapet" rundt dem. Frem til 1970-tallet baserte hele fjernvarmesektoren i Sverige seg fullstendig på fossil olje. Det var ikke før oljekrisen i 1973 at de for første gang måtte prøve å finne alternative løsninger. Som en respons til krisen innførte Sverige sin første energipolitikk, hvor forsyningssikkerhet ble det viktigste tema. Etter oljekrisen i 1978 ble det fokusert på økt finansiering til energiforskning. De var på jakt etter en erstatning for den fossile oljen, og bioenergi ble den sentrale løsningen. Det var ikke før på slutten av 1980-tallet at klimaendringer kom på agendaen. Da innførte de klimamål og startet arbeidet mot å hindre utslipp av klimagasser. I 1991 ble karbonavgiften introdusert, og den har bidratt til reduksjon av klimagassutslipp.

Den gjorde også bioenergi til det mest konkurransedyktige alternativet. Overgangen fra fossilt brensel til en fjernvarmesektor basert på nesten kun bioenergi og annen fornybar energi, har skjedd i flere steg og av flere grunner. Artikkelen konkluderer med at fjernvarmesystemer kan være tilretteleggere for sosiotekniske energioverganger.

Artikkelen viser også at Sverige først og fremst har fått til en overgang fra fossile til fornybare brensler på grunn av ytre påvirkninger som blant annet oljekrisen. Norge hadde tilgang på elektrisitet fra utbygging av vannkraft, og baserte seg derfor i utgangspunktet på elektrisk oppvarming. Norge har mye å lære av nabolandet med tanke på overgangen, men landene har hatt ulike utgangspunkt og dermed også ulik utvikling.

3 Metode

Dette kapittelet tar for seg de ulike metodene som er brukt for å produsere og analysere datagrunnlaget for oppgaven. Oppgaven omfatter datagrunnlag fra 7 ulike fjernvarmeselskap, samt de to offentlige instansene NVE og Enova.

Datagrunnlaget for oppgaven tilsvarener nesten 80% av den norske fjernvarmeproduksjonen, og vil derfor med stor sannsynlighet gi et realistisk bilde av sektoren. Metodene som er brukt er intervju og LCOE (Levelized Cost Of Energy), samt nåverdimetoden.

3.1 Intervju

Intervju som metode er datainnsamling basert på respondenter som kilde. Forskeren stiller respondentene spørsmål om de forholdene som skal studeres, og svarene utgjør datagrunnlaget for studien. (Grønmo 2004) I dette tilfellet er fjernvarmeselskapene, samt NVE og Enova respondenter. Datainnsamlingen produserer både kvantitative og kvalitative data ved hjelp av strukturert utspørring og uformelle intervju. De fleste ble intervjuet ved personlig oppmøte, mens noen ble intervjuet over telefon. Enkelte valgte heller å fylle ut et ferdig spørreskjema.

Strukturert utspørring

Respondentene ble først intervjuet basert på strukturert utspørring, for å få kvantitative data til statistikken som lages, basert på intervjuene. Strukturert utspørring skjer ofte ved bruk av spørreskjema, hvor respondenten fyller ut skjemaet og sender det tilbake til forskeren. (Grønmo 2004). Enkelte bedrifter valgte å gjennomføre hele intervjuet på denne måten, men for de aller fleste gjaldt dette bare første delen av intervjuet. Spørsmålene i denne delen gikk for det meste ut på å finne tall til statistikken, med tanke på produksjon, fornybarandel og energimiks.

Uformelle intervju

Uformelle intervju gjennomføres av forskeren selv, ved hjelp av samtaler med respondentene. Ved uformelle intervju velger forskeren ut en del tema som skal inngå i samtalen, og disse diskuteres etter en intervjuguide. Intervjuguiden må

lages på forhånd og skal inneholde en rekke relevante spørsmål som samtalen formes etter. Samtalen blir dermed fleksibel og kan tas i den retningen respondenten eller forskeren ønsker. Det er viktig at forskeren og respondentene har god kommunikasjon. (Grønmo 2004) . Intervjuene ble delt inn i strukturert utspørring i starten, før de gikk over til uformelle intervju. I den uformelle intervjudelen skal forskeren blant annet finne ut respondentens holdning til fornybarandel, utfordringer og virkemidler, samt hva de tenker om fremtiden til fjernvarmesektoren i Norge.

Bruk av kognitive og evaluative spørsmål i intervjuene

Under intervjuene ble det stilt både kognitive og evaluative spørsmål. Kognitive spørsmål er faktabaserte spørsmål hvor intervjueren får svar på faktiske forhold. (Grønmo 2004) Dette er nyttig for oppgaven, og utgjorde en stor del av den strukturerte utspørringen, i tillegg til enkelte deler av det uformelle intervjuet. For eksempel "Hvilke teknologier bruker dere som spisslast?". Ved å stille evaluative spørsmål får intervjueren innsikt i bedriftenes oppfatninger og meninger om de ulike forholdene. (Grønmo 2004) For eksempel "Hva tenker dere om den generelle fremtiden til fjernvarme i Norge"?

3.2 Valg av respondenter

For å få et mest mulig realistisk bilde av fjernvarmesektoren var det viktig å intervjuer alle de største selskapene i bransjen. Dermed ble dekningsgraden størst mulig. I tillegg var det viktig at respondentene representerte ulike landsdeler. Det var også ønskelig å intervjuer fjernvarmeselskap med ulik fornybarandel. Den 25. november 2014 arrangerte Bellona et "Byggforum" i Oslo, med fjernvarme og fjernkjøling som tema. Her var flere av de største aktørene innen fjernvarme representert. Dette var et flott sted å knytte kontakter med tanke på intervjuene, og til å få en bedre innsikt i bransjen.

De første bedriftene som ble valgt ut var Hafslund Varme og Agder Energi Varme, da disse deltok på Bellonas "Byggforum". I tillegg ble BKK Varme i Bergen, Lyse Neo i Stavanger og Statkraft i Trondheim naturlige valg, da dette er store fjernvarmeselskap plassert på ulike steder i landet. For å dekke en enda større

del av bransjen ble også Oslofjord Varme i Sandvika og Eidsiva Varme på Hamar valgt ut. Ettersom oppgaven skrives på Ås, hvor Statkraft nettopp har bygget et nytt fjernvarmeanlegg ble det også interessant å inkludere de mindre anleggene til Statkraft rundt omkring i landet.

For å se en annen side av bransjen var det interessant å intervjuer både NVE (Norges vassdrags- og energidirektorat) og Enova. Dette er statlige organer som gjerne ser bransjen på en annen måte enn fjernvarmeselskapene selv.

Alle respondentene ble kontaktet via e-post. Noen ble også oppringt, da det i enkelte tilfeller var vanskelig å få svar. Et infoskjema om forskningsoppgaven fra personvernombudet ble delt ut, og ble signert av alle deltagerne.

Fjernvarmeselskapene var positive til å hjelpe, og alle som ble spurt valgte stilte opp som respondenter til intervjuene. Av hensyn til personvern er resultatene anonymisert.

3.3 Kostnadsberegninger

Energikostnad over levetid (LCOE)

LCOE (Levelized Cost of Energy) er en metode for å beregne energikostnaden over levetiden. Den brukes blant annet til å vurdere og sammenligne energikostnader, og for å beregne konkurranseforholdet mellom ulike teknologier i et kostnadsperspektiv. (Norges vassdrags- og energidirektorat 2015b) I denne oppgaven brukes metoden for å vurdere lønnsomheten ved å bytte fra fossile teknologier til fornybare teknologier for spisslast.

Energikostnaden representerer nåverdien av den samlede kostnaden per produsert eller spart kWh for et tiltak over en antatt økonomisk levetid. Energikostnaden reflekterer investeringskostnader, finansieringskostnader, brenselkostnader, faste- og variable drifts- og vedlikeholdskostnader, samt en antatt utnyttelsesgrad. (Norges vassdrags- og energidirektorat 2015b)

De viktigste faktorene som inngår i LCOE-beregningene er investeringskostnader, produsert energi, diskonteringsrente, og drifts- og vedlikeholdskostnader. (Norges vassdrags- og energidirektorat 2015b)

Investeringskostnadene vil variere avhengig av anleggstype og størrelse. I denne sammenheng vil ikke fossile teknologier ha noen investeringskostnad, da det antas at utstyret allerede er i bruk. For de nye fornybare teknologiene må man derimot ta med investeringskostnadene i beregningene.

Energikostnaden over levetiden er gitt av følgende formel:

$$LCOE = \frac{\sum_{t=0}^n \frac{I_t + M_t + F_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=0}^n \frac{E_t}{(1+r)^t}}$$

I_t = Investerings-og utviklingskostnader
 M_t = Drifts – og vedlikeholdskostnader
 F_t = Energi – og brenselkostnader
 E_t = Energi produsert
 n = Økonomisk levetid i år
 r = Diskonteringsrente

LCOE har benevnningen kr/kWh. Både energiproduksjon og kostnader blir diskontert over levetiden. Dermed veier de første leveårene tyngre i regnestykket enn de senere årene. (Norges vassdrags- og energidirektorat 2015b)

Forenklet LCOE

I denne oppgaven brukes en forenklet versjon av LCOE for å regne ut de samlede LCOE kostnadene for hver teknologi. Den forenklete formelen er en utledning av formelen over og er like riktig, gitt at forutsetningene holder.

Formelen som brukes ser slik ut:

$$LCOE = \frac{I \cdot a + FOM + VOM + FC}{\text{Årlig netto energiproduksjon}}$$

I = Investering [kr]
 r = Rente [% p.a]
 a = Annuitetsfaktor
 n = Økonomisk levetid for anlegget [år]
 FOM = Faste driftskostnader [kr/år]
 VOM = Variable driftskostnader [kr/år]
 FC = Brenselkostnader [kr/år]

I den forenklaede formelen bruker man investeringskostnadene (disse tas kun med i beregningene for de nye fornybare teknologiene), en annuitetsfaktor basert på formelen under en diskonteringsrente på 4%, og faste og variable kostnader. I tillegg kommer brenselskostander. Alt dette deles så på den årlige netto energiproduksjonen. (Norges vassdrags- og energidirektorat 2015b)

Annuitetsfaktoren regnes ut ved hjelp av formelen:

$$r = \text{diskonteringsrente}$$

$$n = \text{levetid i år}$$

Ved å finne LCOE for alle

teknologiene, kan man sammenligne kostnader ved å bruke fossilt brensel med å bytte til fornybar spisslast. Alle kostandene i utregningene er basert på tall fra NVE rapport 2 fra 2015 "Kostnader i energisektoren". (Norges vassdrags- og energidirektorat 2015b)

Nåverdimetoden

Nåverdimetoden beregner lønnsomheten av en investering basert på nåverdien av fremtidige diskonterte kontantstrømmer. Dersom nåverdien blir positiv, er investeringen lønnsom over levetiden. I denne oppgaven brukes nåverdiberegninger til å finne ut hva investeringskostnadene må være for at det skal bli lønnsomt å investere i fornybare teknologier.

Nåverdi beregnes ut i fra formelen:

$$Nåverdi = -CF_0 + \sum_{t=0}^n \frac{CF_t}{(1+i)^t}$$

CF_t = kontantoverskudd eller innbetalingsoverskudd i år t.
 CF_0 = investeringsutgiften
 n = levetiden
 i = kalkulasjonsrenten

3.4 Bearbeiding av resultatene

Resultatene fra både intervjuene og kostnadsberegningene er bearbeidet og analysert ved hjelp av Excel regneark. Både grafer, tabeller og stolpediagram for både kvalitative og kvantitative data er også laget i Excel. Disse blir presentert i resultatkapittelet.

4 Resultater

I dette kapittelet presenteres både kvalitative og kvantitative resultater fra datainnsamlingen. Intervju av ulike fjernvarmeselskap i Norge har lagt hovedgrunnlaget for resultatene. I tillegg er det foretatt kostnadssammenligning ved hjelp av LCOE-metoden, samt nåverdiberegninger. Resultatene skal svare på problemstillingene fra kapittel 1.3 og vil bli videre analysert og diskutert i kapittel 5. Det forutsettes at bioenergi, elektrisitet og spillvarme fra avfallsforbrenning regnes som fornybart.

4.1 Fornybarandel og utvikling

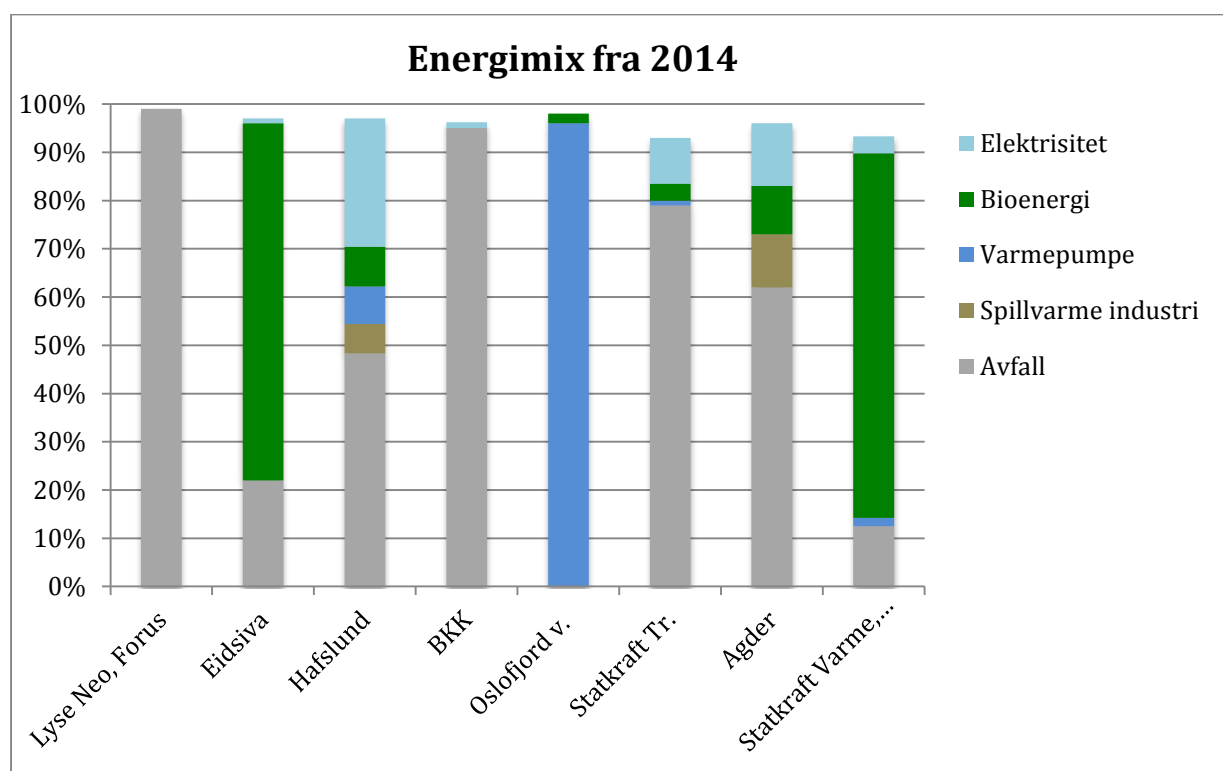
I oversiktstabellen under blir informasjon om de ulike respondentene presentert. Resultatene er basert på svar på intervjuene, samt innhentet informasjon fra årsrapporter for 2014. Respondentene består av et utvalg norske fjernvarmeselskap, som til sammen dekker 78 % av Norges fjernvarmeproduksjon. Etersom respondentene representerer hele 3,4 TWh av totalt 4,45 TWh, er graden av dekning så stor at resultatene med stor sannsynlighet vise et korrekt bilde av realiteten. Tallet 4,45 TWh er basert på gjennomsnittsproduksjonen fra 2012 og 2013, da tall fra 2014 ikke er publisert.

Tabell 1: Oversiktstabell over bedriftene. Tallene er fra 2013/2014. ¹

Respondent	Fornybarandel	Varmeproduksjon
Lyse Neo, Forus.	99%	88 GWh
Eidsiva Bioenergi	98%	305 GWh
Agder Energi Varme	98%	140GWh
Hafslund Varme	97%	1700GWh
Oslofjord Varme	97%	220 GWh
BKK Varme	96%	250 GWh
Statkraft Varme, Norge	95%	146 GWh
Statkraft Trondheim	92%	553 GWh
Vektet gjennomsnitt	96,6%	

¹ "Statkraft Varme" omfatter all deres varmeproduksjon i Norge ekskludert Trondheim.

Formålet med **Tabell 1** er å sammenligne fornybarandel og størrelse på varmeproduksjon for de ulike fjernvarmeselskapene. På den måten kommer både variasjonen mellom selskapene og den gjennomsnittlige fornybarandelen tydelig frem. Det er i følge tabellen 3-4% gjennomsnittlig bruk av fossile kilder til spisslast. Alle fjernvarmeselskapene har over 90% fornybarandel. Noen har kommet lenger enn andre, men det er generelt sett lite bruk av fossile brenslere.

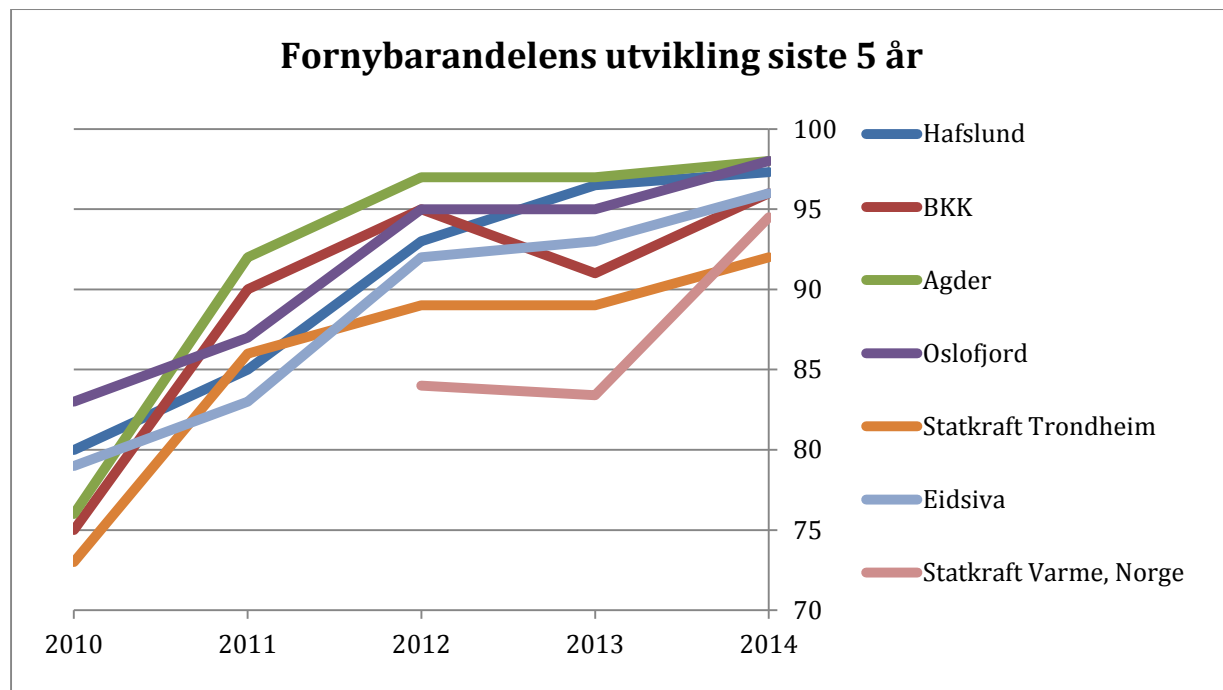


Figur 7: Energimiksen i fornybarandelen til de ulike fjernvarmeselskapene fra 2014.

Figuren over viser fornybarandelen i de ulike fjernvarmeselskapene, samt energimiksen den inneholder. Både CO₂-nøytral energi og elektrisitet er tatt med som en del av fornybarandelen. Respondentene forsvare sin bruk av elektrisitet med at de stort sett bruker det kun i sommerhalvåret, når prisen er lav, og strømmen høyst sannsynlig er helt fornybar. Figuren viser den samlede energimiksen for fjernvarmeselskapene.²

² For Lyse Neo vises kun data fra det største anlegget deres på Forus. Det må tas forbehold om at resten av fjernvarmeselskapet kan ha lavere fornybarandel.

Det er interessant å se hvordan fornybarandelen i fjernvarmesektoren har utviklet seg de siste 5 årene. Tallene i **Figur 8** er basert på respondentenes årsrapporter fra de 5 siste årene, samt tilsendt informasjon.



Figur 8: Fornybarandelens utvikling de siste 5 årene.

Noen av respondentene ble spurt hva de trodde den totale fornybarandelen i fjernvarmesektoren i Norge var på, og alle svarte at de trodde den var rundt 85%. Realiteten viste seg å være litt annerledes. Vi kan se at det generelt sett bare er en liten del fossil energi som brukes i selskapene. De siste 5 årene har den fornybare andelen gått fra rundt 70% til nærmere 97%.³ Denne figuren vil bli videre diskutert i kapittel 5.

³ Data fra Lyse Neo mangler i Figur 8.

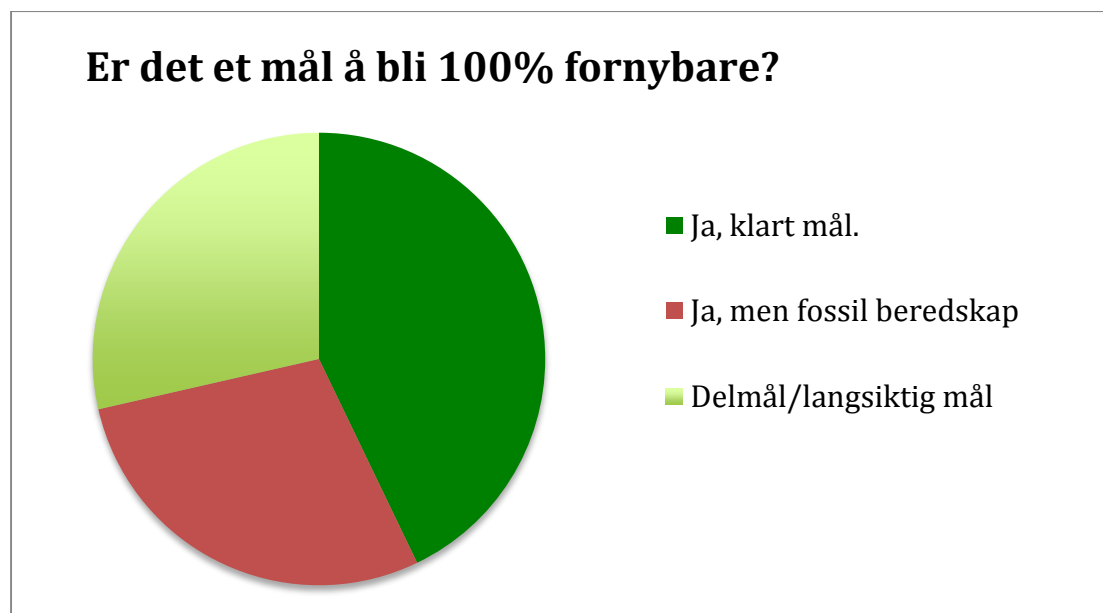
4.2 Mål, motivasjon og utfordringer

For at fjernvarmesektoren i Norge skal bli 100% fornybar er det viktig at produsentene er motivert til å gjennomføre de nødvendige tiltakene. Hvilke faktorer som motiverer dem og hvilke mål de har er derfor viktig å finne ut.

Mål og ambisjoner

Da respondentene fikk spørsmål om det var et mål å bli 100% fornybare, svarte alle at det var et mål. For noen var det et delmål, mens andre hadde fornybarandelen som et klart hovedmål. Noen hadde det som et kortsiktig mål, mens andre hadde det som et mer langsiktig et. Noen svarte ja, med forbehold om et normalår, mens andre for eksempel hadde mål om å klare 95% innen 2020. Alle hadde et mål for sin fornybarandel, men med ulikt omfang og tidsperspektiv. I tillegg sa stort sett alle at de fremdeles ville beholde oljekjelene en stund til, av beredskapsmessige hensyn. Disse skulle i utgangspunktet kun stå som beredskap, men flere skulle konverteres for bruk av bioolje i fremtiden.

Figur 9 viser en oversikt over fjernvarmeselskapenes mål for økt fornybarandel.



Figur 9: Fordelingen av fjernvarmeselskapenes mål i forhold til fornybarandel.

Motivasjon

For de fleste er motivasjonen for høyere fornybarandel fokusert på klima og miljø. I følge en respondent er det to hovedfaktorer som driver fjernvarmesektorens

motivasjon. Det første er klimamessige hensyn og det å fremstå som et miljøvennlig selskap, som ønsker å selge fornybar kraft og fjernvarme. Det andre er at det må harmonere bedriftsøkonomisk, noe de faktisk mener det har gjort. Det viste seg at de respondentene som hadde som hovedmål å bli 100% fornybare, også hadde klimamessige hensyn som hovedmotivasjon. For andre respondenter handlet det mest om troverdigheten til produktet. Igjen er dette med omdømmet, og det å fremstå om en miljøvennlig bedrift, viktig. For enkelte er også kundekrav en motivasjonsfaktor. En annen poengterer at det stilles krav fra både kunder og myndigheter om selskapenes fornybarandel. Disse forventes å bli strengere i fremtiden. En respondent fortalte at de dagene de produserer helt fornybart, faktisk blir de billigste dagene for selskapet. Det er for eksempel mest økonomisk for dem, når de kun trenger å kjøre varmepumpene sine, uten å bruke kostbar spisslast. Noen har fokus på å konvertere oljekjeler til bruk av bioolje, fordi de ønsker å selge fjernvarme som er fornybar. Det kan være økonomisk å velge bort olje, selv om det er greit å ha i beredskap.



Figur 10: Hovedmotivasjonsfaktorene til fjernvarmeselskapene.⁴

⁴ Figur 8 er basert på antall respondenter som har svart det samme, uavhengig av satte svaralternativ.

Utfordringer

Ut ifra svarene fra intervjuene viste det seg at det er to hovedutfordringer ved å gjøre resten av spisslasten fornybar; Kvalitet på bioolje og økonomiske hindringer.

Bioolje

Den største utfordringen for generelt sett alle fjernvarmeselskapene, var kvaliteten på biooljen. Ved å konvertere oljekjeler slik at man kan brenne bioolje i dem, kan man fase ut den fossile fyringsoljen. Teoretisk sett er det ingen problemer ved å bytte over til bioolje. Allikevel har det vist seg at det ikke er like enkelt i praksis. Respondentene forteller at det er vanskelig å finne bioolje til riktig kvalitet og pris. Bioolje har gjerne kort holdbarhet, og når den kanskje bare skal brukes et par ganger i året, kan dette bli et problem. Dersom den blir liggende over flere år med dårlig lagringsstabilitet, representerer det en stor usikkerhet. En respondent kommenterte at de ikke har mulighet til å drive forskning på dette, og at det derfor er vanskelig å stole på holdbarheten ennå. Det kan bli et stort problem om biooljen plutselig ikke brenner. Det finnes bioolje av høyere kvalitet, som har nesten like god holdbarhet som fossil olje, men prisen er foreløpig altfor høy. I tillegg kommenteres det at biooljemarkedet er et umodent marked. Logistikken i markedet er ikke like effektiv som for fossil olje. Blant annet har transport av bioolje vist seg å være en utfordring. Det vil ikke være like lett å få tilgang på bioolje alle steder i landet. Transporten fungerer kanskje greit på Østlandet, men det vil være vesentlig mer utfordrende å frakte den til, for eksempel, Finnmark. Man må ta i betraktning at langtransport av bioolje også fører til klimagassutslipp. I enkelte tilfeller kan det faktisk være det er mer miljøvennlig å bare brenne vanlig fyringsolje. En annen respondent forklarte at Statoil kun kjører full lastebil. Dermed må de vente helt til resten av bilen blir fylt opp, før biooljen kan fraktes til dem. Aller helst ønsker selskapene å bruke bioetanol, men dette er også altfor dyrt. Det poengteres også at produksjon av bioolje kanskje konkurrerer med matproduksjon, eller at det kan være mer hensiktsmessig å bruke den til andre ting, som for eksempel til transport.

Økonomiske hindringer

Det er også en del økonomiske hindringer inni bildet. I Energiloven § 5-5 står det ” *Prisen for fjernvarme skal ikke overstige prisen for elektrisk oppvarming i vedkommende forsyningsområde.*” (Energiloven 1990) Det vil si at dersom strømprisen er lav, må fjernvarmeprisen være minst like lav. I Norge er strømprisen generelt sett lav, og når fjernvarmeprisen må baseres på strøm som alternativkostnad, er det lite fjernvarmeselskapene kan gjøre med saken. En respondent poengterer også at betalingsviljen til kundene ikke er god nok. Kunden vil, naturlig nok, ofte ønske å velge rimeligste alternativ for oppvarming. Selv om fjernvarmeselskapene leverer et mer fornybart produkt, vil de ikke få mer betalt, da varmeprisen uansett ikke kan være høyere enn strømprisen. Det finnes flere teknologier som kan gjøre fjernvarmen helt fornybar, men disse er ikke kostnadmessig konkurransedyktige ennå.

Annet

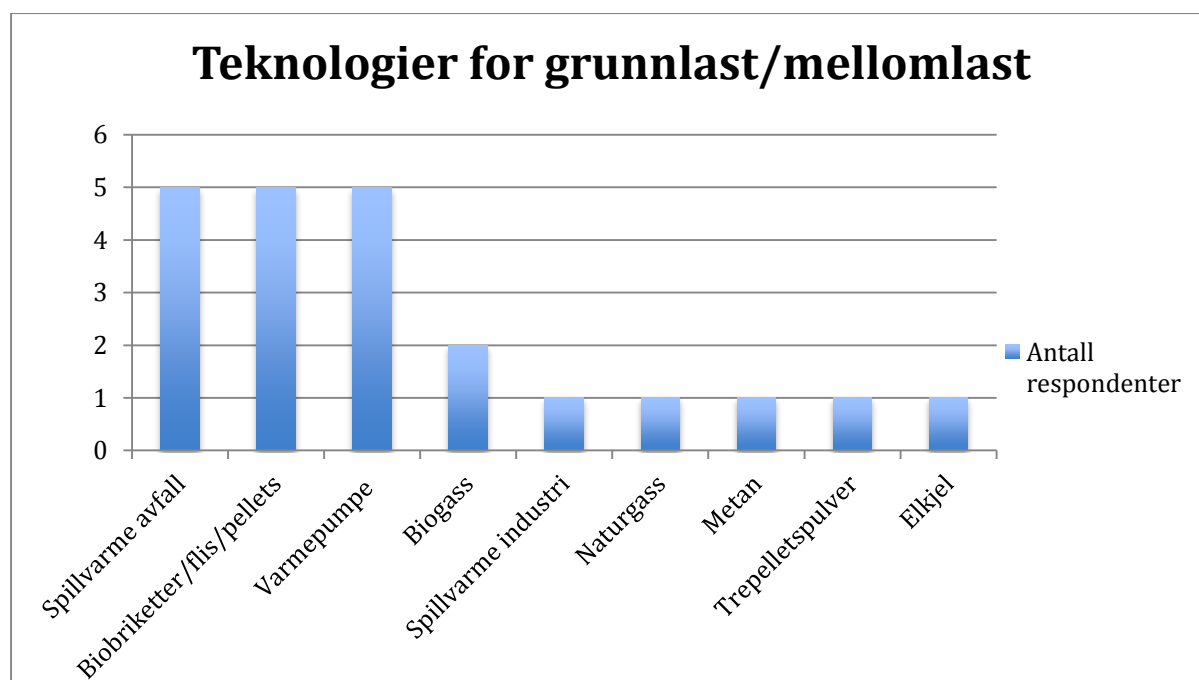
En respondent forklarer at energimarkedet for fornybare kilder er uoversiktlig. Den tryggeste biokilden er skogflis, men da trenger man et visst antall driftstimer i året for at det skal være lønnsomt. I tillegg vil ikke denne ha like god regulerbarhet i forhold til for eksempel naturgass. For å få til en overgang trengs det nye investeringer, men dersom man har få driftstimer å vise til, kan det fort bli for dyrt. Oljekjeler er derimot billige i innkjøp. Noen respondenter nevner at det er usikre rammevilkår fra myndighetene. Man trenger balanserte rammevilkår for fornybar/klimanøytral fjernvarme, i forhold til kundens alternativer. Det fortelles også om utfordringer rundt det å finne egnet lokalisering til nytt grunnlastanlegg. I tillegg nevnes det at det er store variasjoner i effektbehovet over døgnet og året, noe som gjør det vanskelig å unngå bruk av fossile energikilder i perioder.

4.3 Teknologier

I dette delkapittelet blir de nåværende teknologiene for grunnlast, mellomlast og spisslast presentert. Resultatene er basert på svar fra intervjuene, og forutsetter at elektrisitet, bioenergi og spillvarme fra brenning av avfall, regnes som fornybart.

Nåværende teknologier for grunnlast

For å få en oversikt over de vanligste teknologiene for grunnlast, ble fjernvarmeselskapene spurt om hvilke teknologier de brukte. Spillvarme fra avfallsforbrenning, bioenergi- og varmepumper er tre teknologier som skiller seg ut som mest vanlige. Selv om spillvarmen kommer fra CO₂-produserende avfallsforbrenning eller industri er dette overskuddsvarme som ellers ville gått til spille. Det er derfor både energieffektivt og samfunnsøkonomisk lønnsomt å bruke denne spillvarmen til varmeproduksjon. Strømmen til varmepumpen regnes i denne sammenheng også som fornybart. Disse forutsetningene vil bli videre diskutert i kapittel 5.



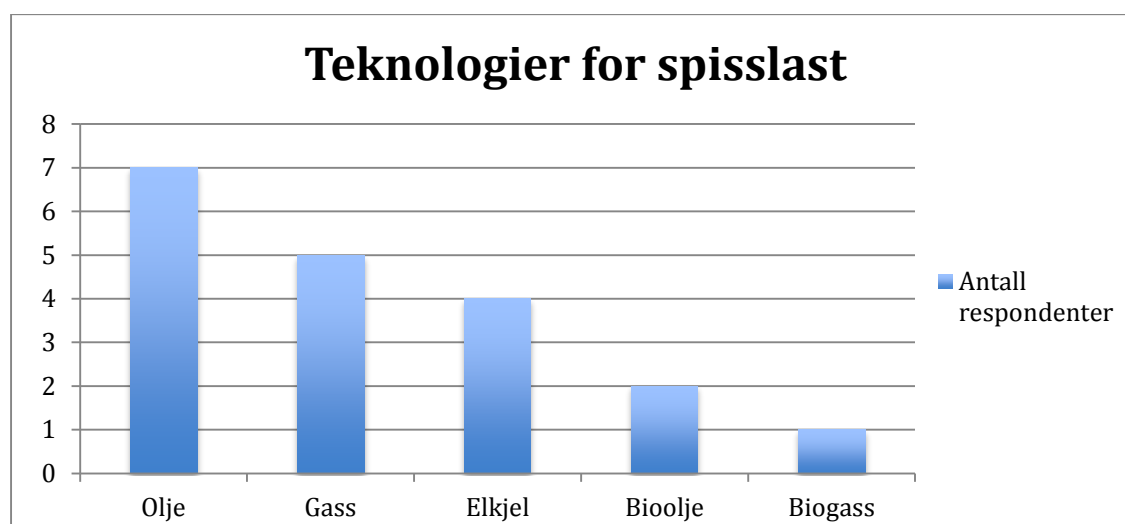
Figur 11: Oversikt over teknologier for grunnlast og mellomlast.⁵

⁵ Figur 11 er basert på antall fjernvarmeselskap som bruker teknologien, ikke antall kjeler eller installert effekt.

I tillegg til de tre hovedteknologiene for grunnlast, finnes det flere teknologier for mellomlast. Avfall, bioenergi og varmepumper er i utgangspunktet brukt som grunnlast, mens de andre teknologiene stort sett fungerer som mellomlast. Mellomlastteknologiene regnes vanligvis som en del av grunnlasten, men i mindre grad enn de tre hovedteknologiene.

Nåværende teknologier for spisslast

De vanligste teknologiene for spisslast er, i følge intervjuene, utelukkende olje, gass og elkjel. Allikevel har flere enten konvertert oljekjelene, slik at de kan brukes på bioolje, eller så planlegger å gjøre det. Vanlig fyringsolje blir mye brukt som reservelast, blant annet på grunn av utfordringer rundt bioolje markedet. Dette forklares mer utfyllende i kapittel 4.3 under "utfordringer".



Figur 12: Oversikt over teknologiene for spisslast og reservelast.⁶

Figuren over viser de vanligste teknologiene for spisslast og reservelast. Det er tydelig hvilke teknologier som dominerer, men dette kommer mest sannsynlig til å endre seg i løpet av de neste årene. Bioolje og biogass er to teknologier som i stor grad vil kunne overta plassen til olje og naturgass på sikt.

⁶ Figur 12 er basert på antall fjernvarmeselskap som bruker teknologien, ikke antall kjeler eller installert effekt.

Fremtidige teknologier og potensielle alternativer til fossil spisslast

De fleste respondentene sier de ikke tror det vil komme noen nye revolusjonerende teknologier. De mener derimot at sammensetningen av dagens teknologier vil endre seg. Bioolje og biogass, som erstatning for fossil olje og naturgass, er de teknologiene som foreløpig har størst potensial. Elkjel samt bruk av trepulver er også alternativer som nevnes som potensielle teknologier for spisslast i fremtiden. Trepulver er kvernedede trepellets, som blåses inn i en kjel, og som kan brukes som spisslast eller eventuelt mellomlast. En respondent poengterer også at akkumulatortanker vil kunne bidra til økt utnyttelse av de fornybare energikildene som allerede finnes. En akkumulatortank er et energibatteri som gjør det mulig å forlenge driftstiden til fjernvarmeanlegget, i perioder med lavt effektuttak. Den gjør det også mulig med et høyt kortsiktig effektuttak. (Brennum 2015) Dermed kan akkumulatortanker potensielt dempe spisslastbehovet i korte perioder og derved redusere bruken av fossil spisslast. Lagring av varme i form av sesonglagring, er også en teknologi som trekkes frem.

Hva skal skje med de fossile kjelene?

Det har også vært et spørsmål om hva som skal skje med de gamle, fossile kjelene dersom man går over til fornybar spisslast. Skal de stå der i reserve i tilfelle krise, eller kastes helt ut? Kan man si at et anlegg er 100% fornybart dersom det har oljekjeler lett tilgjengelig? Her er meningene delt mellom flere av respondentene. De fleste poengterer at beredskap og reserver ikke er det samme som forbruk. Dersom oljekjelene ikke brukes, kan man allikevel si at anlegget er 100% fornybart. Passive tiltak, som å koble dem ut, kan være godt nok. I tillegg forklarer enkelte at ingen av de fossile kjelene deres er i en sånn stand at de skal byttes, da de knapt er blitt brukt. En overgang til for eksempel bioolje avhenger av nok driftstid. Mange synes det er en stor trygghet å la oljekjelene stå som beredskap i tilfelle krise. Noen få er allikevel av den oppfatning at dersom de får tilstrekkelig fornybar last, er det ingen grunn til å la oljekjelene bli stående og ta opp plass. En respondent poengterer at det er en kostnad å la kjelene bli stående ubrukt.

4.4 Kostnadsberegninger

I dette delkapittelet gjøres det beregninger av varmekostnaden fra spisslast, for å få innblikk i kostnadsbildet for fjernvarmeselskapenes overgang fra fossil til fornybar spisslast. Dette er gjort ved hjelp av LCOE (Levelized cost of energy) beregninger for 6 ulike scenarier. LCOE beregningene brukes for å danne et sammenligningsgrunnlag mellom fossil og fornybar spisslast. I tillegg er det gjort nåverdiberegninger, for å finne ut hva investeringskostnadene må være for å gjøre overgangen lønnsom.

Hensikten ved å utføre disse beregningene er å vise et realistisk, men forenklet kostnadsbilde. Det har også til hensikt å si noe om hvilke virkemidler som må brukes, samt hvilket avgiftsnivå de fossile teknologiene må opp på, for å gjøre fornybar spisslast lønnsomt. Beregningene viser et forenklet bilde, og det må selvsagt tas forbehold om eventuell unøyaktighet eller endringer fra virkeligheten.

Antagelser og forutsetninger

I beregningene er det brukt en felles annuitetsfaktor for alle scenariene. Denne er basert på en diskonteringsrente på 4%, samt at alle teknologiene har en forventet levetid på 20 år. Alle kostnader og data er basert på NVE rapport 2 fra 2015: "Kostnader i energisektoren". (Norges vassdrags- og energidirektorat 2015b) Kostnadene for elektrisitet inkluderer både kraftpris, nettleie og elavgift. Dette er kostnader som i realiteten varierer over året og døgnet, mens kostnadene fra NVE rapporten er basert på et årlig gjennomsnitt. I brenselkostnaden er både brenselpris, CO₂-avgift, NO_x-avgift, samt CO₂-kvoter tatt med.

LCOE beregningene er basert på investeringskostnad, faste- og variable utgifter samt brenselkostnader inkludert avgifter. Det er regnet med en spisslast på 1 MW, og forutsatt at denne dekker 50 % av maksimal effekt, som derved blir på 2 MW. Brukstiden forutsettes å være 2000 timer. Årlig produsert energi fra

anlegget blir da $2000t \cdot 2 \text{ MW} = 4000 \text{ MWh}$. Dermed antas det at spisslasten utgjør 10% av produksjonen. Dette gir et spisslastbehov på 400 MWh per år.

Scenarier:

Scenario 1) Beholde oljekjel: I dette scenariet ser man på kostnaden ved å beholde de gamle oljekjelene og bruke dem som spisslast. Det er antatt at bedriften allerede har ferdiginstallerte oljekjeler, og det er derfor ikke tatt med noen investeringskostnad her.

Scenario 2) Beholde gasskjelen: I dette scenariet ser man på kostnaden ved å beholde og bruke de gamle gasskjelene for naturgass. Også her er det antatt at bedriften allerede har ferdiginstallert kjelene.

Scenario 3) Konvertere oljekjel til biooljekjel: I dette scenariet ser man på muligheten for å konvertere de gamle oljekjelene slik at de kan benyttes med bioolje istedet. Det blir fortalt at det er billigere å konvertere oljekjelene fremfor å investere i nye biooljekjeler. Å finne kostnadsdata for investeringskostnaden ved konvertering av 1MW kjel var ikke mulig. Nåverdimetoden ble derfor brukt for å finne ut hva investeringskostnaden maksimalt kunne være. Videre ble det forutsatt at en oljekjel konvertert til en biooljekjel, har de samme faste- og variable kostnadene og brenselskostnadene, som det en helt ny biooljekjel har.

Scenario 4) Ny biooljekjel: I dette scenariet regnes det ut hva det vil koste dersom man investerer i en helt ny biooljekjel til spisslast.

Scenario 5) Ny pelletskjel: I dette scenariet regnes det hva det vil koste å investere i en helt ny pelletskjel til spisslast.

Scenario 6) Ny elkjel: I dette scenariet regnes det på hva det vil koste å investere i en helt ny elkjel til spisslast.

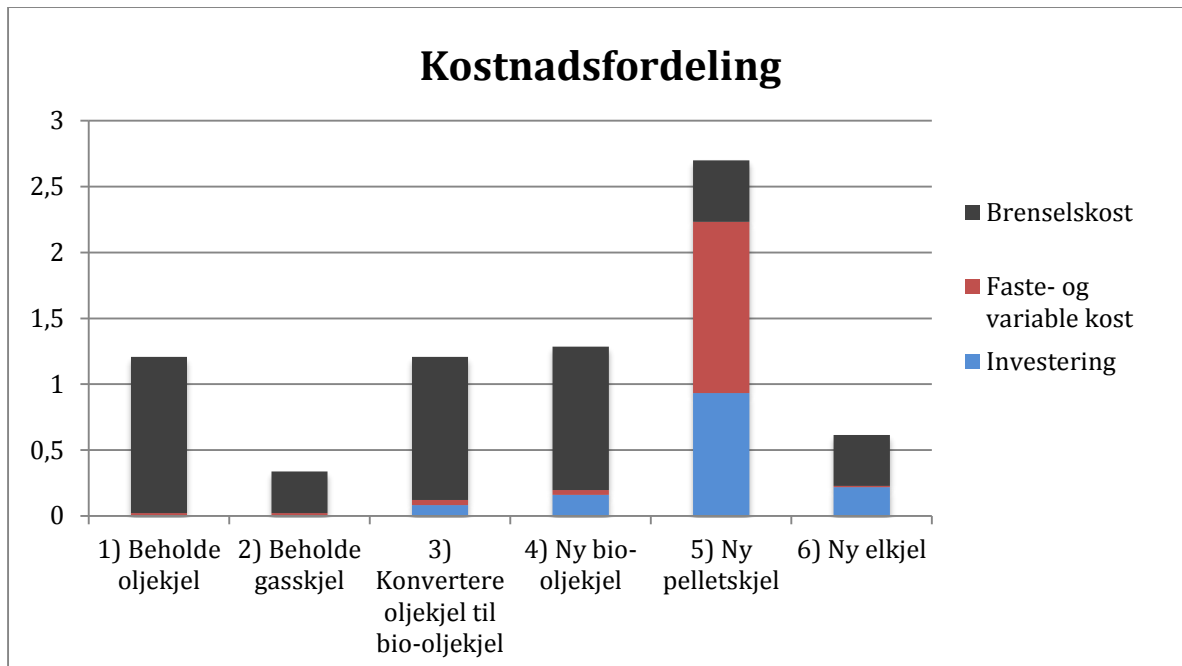
Resultat fra LCOE beregningene

I tabellen under er det en oversikt over resulterende varmekostnader gitt en nåverdi lik null for hvert av scenariene. Fremgangsmåten for beregningene finnes i kapittel 3. Selve utregningen kan man finne i Vedlegg 2.

Tabell 2: Resultat fra LCOE beregningene.

Scenario	Resultat fra LCOE (Kr/kWh)
1) Beholde oljekjel	1,2
2) Beholde gasskjel	0,3
3) Konvertere oljekjel til biooljekjel	1,2
4) Ny biooljekjel	1,3
5) Ny pelletskjel	2,7
6) Ny elkjel	0,6

Ut i fra tabellen over ser man at *Scenario 2) Beholde gasskjel* er det billigste alternativet, med *Scenario 6) ny elkjel* på en andre plass. *Scenario 4) Ny pelletskjel* er det minst lønnsomme alternativet. *Scenario 3) Konvertere oljekjel til biooljekjel* kommer ut likt som *Scenario 1) Beholde oljekjel*, fordi investeringskostnaden er satt til det den maksimalt kan være for å få nåverdi lik null ved konvertering. I figuren under ser man en oversikt over resultatene fra LCOE beregningene hvor det er markert hva som ligger bak selve kostnaden.



Figur 13: Kostnadsfordelingen bak LCOE resultatet.

I Error! Reference source not found. vises kostnadsdifferansen i kr/kWh for hver case sammenlignet med de fossile teknologiene, olje og gass. Gass er det billigste alternativet, og blir dermed referanseverdien. Oljekjel er allikevel den teknologien flest selskap bruker fra før, og det ble derfor naturlig å bruke den også som referanse.

Tabell 3: Differansen mellom scenariene og referansene. Prisene i tabellen er i kr/kWh.

Scenario	Total (kr/kWh)	Differanse fra gass (kr/kWh)	Differanse fra olje (kr/kWh)
1) Beholde oljekjel	1,21	0,87	0,00
2) Beholde gasskjel	0,34	0,00	-0,87
3) Konvertere oljekjel til biooljekjel	1,21	0,87	0,00
4) Ny biooljekjel	1,28	0,95	0,08
5) Ny pelletskjel	2,70	2,36	1,49
6) Ny elkjel	0,61	0,28	-0,59

Resultater fra nåverdiberegningene

I tillegg til LCOE beregninger ble det foretatt nåverdiberegninger for enkelte scenarier for å se på lønnsomheten ved investeringen over en levetid på 20 år. Ettersom det ikke var mulig å få tak i investeringskostnadsdata for *Scenario 3) Konvertere oljekjel til biooljekjel*, ble nåverdiberegningene brukt til å finne ut hvor stor investeringskostnaden maksimalt kunne være. **Tabell 4** viser resultatene fra nåverdiberegningene.

Tabell 4: Resultat fra nåverdiberegningene.⁷

Nåverdiscenarier:	Investeringskostnad	Nåverdi med levetid 20 år	Nåverdi = 0
1) Bytte oljekjel med ny elkjel	NOK 1 178 000	NOK 3 096 000	NOK 4 398 000
2) Bytte gasskjel med ny elkjel	NOK 1 178 000	NOK -1 453 000	Negativ kontantstrøm
3) Konvertere oljekjel til biooljekjel	NOK 450 000	NOK 0	NOK 450 000
4) Bytte oljekjel med ny biooljekjel	NOK 871 000	NOK -404 000	NOK 450 000
5) Bytte oljekjel med ny pelletskjel	NOK 5 065 000	NOK -7 805 000	Negativ kontantstrøm

Nåverdiscenariene ser på lønnsomheten ved å investere i fornybare teknologier. I den første fanen står den nåværende investeringskostnaden for den fornybare teknologien. I den andre fanen er nåverdien basert på investeringskostnaden fra den første fanen presentert. I den tredje fanen er det regnet ut hva investeringskostnaden må være for at nåverdien skal bli null.

Nåverdiscenario 2) Bytte gasskjel med ny elkjel, og 5) Bytte oljekjel med ny pelletskjel, har negativ kontantstrøm. Det vil si at enten de faste- og variable kostandene eller brenselskostnadene for den fornybare teknologien er større enn de er for den fossile teknologien. I disse tilfellene er det en avgiftsøkning for de fossile teknologiene som må til, da en endring i investeringskostnad ikke vil

⁷ Tallene i tabell 5 er avrundet. Se Vedlegg 2.

være nok. Dette vil bli diskutert i kapittel 5. Detaljer fra utregningene finnes i Vedlegg 2.

Hvilke virkemidler må til?

For at fjernvarmesektoren skal bli 100% fornybar, må det virkemidler til. Som et supplement til resultatene fra kostnadsberegningene, fikk respondentene spørsmål om hvilke virkemidler som trengs for å få til overgangen. Sammen gir de et godt inntrykk av hva som kreves av økonomiske og politiske virkemidler for å gjøre spisslasten 100% fornybar.

En respondent forklarte at dersom Norge ønsker fornybar energi, må de ha avgifter og subsidier som gjør det lønnsomt å være fornybar. De må aktivt bruke en målrettet avgiftspolitik, som fremmer fornybar fjernvarme. Fjernvarme konkurrerer mot elektrisk oppvarming i dag, mens de heller burde være partnere som utnyttet hverandre. Det nevnes også at politikerne må holde fast ved energifleksible løsninger i nye bygg. Har man for eksempel valgt elektrisk oppvarming, så kan man kun bruke dette. Har man derimot installert vannbåren varme fra starten av, vil man ha muligheten for tilkobling til fjernvarmenettet ved en senere anledning.

Fjernvarmeselskapene forklarer at når de skal bygge ut ny kapasitet, så trenger de investeringsstøtte. Det er avkastningen fra fondet til Enova som skal brukes til det, og med så lav rente som det er i dag, blir også avkastningen lavere. Allikevel nevnes det at Enovas løsninger generelt sett fungerer godt. En annen utfordring er at strømprisene er for lave. Disse blir påvirket av de grønne sertifikatene. Den lave strømprisen gjør at varmeprisen også må bli lav. Dersom elavgiften hadde økt med et par øre, ville de hatt mye større handlingsrom. Det kommenteres også at de for noen år siden ikke fikk støtte til konvertering av oljekjelene, fordi biooljemarkedet var altfor usikkert.

Enova fikk spørsmål om hva de kunne bidra med. De opplyste at de vil fortsette å ha et tilbud om investeringsstøtte til konvertering av spisslast. De fortalte også at de har et støttetilbud til demonstrasjon av ny teknologi. Her kan

fjernvarmebedriftene søke om inntil 50% investeringsstøtte. Kunnskapen man får gjennom disse demoprojektene kan deles med resten av bransjen, ved å fortelle andre om disse mulighetene.

4.5 Fremtidsutsikter

I dette delkapitlet presenteres resultatene for hva fjernvarmesektoren selv tror om dens fremtid. Resultatene er basert på intervju med fjernvarmeselskapene.

Når er det realistisk at fjernvarmesektoren i Norge kan bli 100% fornybar?

Det poengteres tidlig at teknisk sett kunne hele fjernvarmesektoren vært 100% fornybare allerede i dag. Spørsmålet egentlig er hvordan de tror om lønnsomheten og lovgivningen vil bli.

Først fikk de spørsmål om når de selv trodde de kunne bli 100% fornybare. Det er tydelig at noen fjernvarmeselskap har en indre motivasjon for å bli 100% fornybare, mens andre kun ønsker å gjøre det myndighetene krever av dem som et minimum. Det uttrykkes av flere at de skulle ønske det hadde vært mulig å nå målet om å bli 100% fornybare, allerede nå med en gang. Noen selskap er optimistiske og sier at de allerede i 2016/2017 kan klare å bli 100% fornybare. Dette er forutsatt et temperaturmessig normalår. Noen er litt mer forsiktige og har 2018 eller 2020 som et sannsynlig tidsperspektiv. Andre mener det vil ta minst 5-10 år, avhengig av hvilke krav som blir stilt til dem.

Deretter fikk selskapene spørsmål om når de trodde hele fjernvarmesektoren i Norge kunne bli 100% fornybar. Her var meningene delt, men alle var enig at det kommer an på politikken, myndighetskravene og rammebetingelsene som blir satt. Mange tror det er mulig innen 2020, gitt nye rammevilkår og at man regner med elektrisitet som fornybart, og at det blir et mer stabilt marked for bioolje. Andre ser for seg at det kan være realistisk å få til dette innen 10 til 20 år.

Fjernvarmens posisjon i fremtidens energisystem

Fjernvarme er et viktig bidrag til lavutslippssamfunnet, sammen med en rekke andre løsninger og teknologier. Alle respondentene mener at fjernvarmen vil være en del av fremtidens fleksible energisystem. Det handler om å få mest mulig av det totale CO₂ utslippet i landet ned, og det er mange måter å gjøre dette på. Det å bytte fra fossil til fornybar spisslast i fjernvarmesektoren kan være en slik måte. Noen nevner at de tror det kan være både enklere og billigere å få ned utslippene gjennom utfasing av fossile brensler i fjernvarmebransjen, enn gjennom andre bransjer.

En respondent forklarte at det må være fokus på tre hovedpunkt i fremtidens energisystem; Fornybarhet, fleksibilitet og forsyningsikkerhet. De mener at fjernvarme har en plass i fremtiden da det vil kunne bidra betydelig innen sentrale problemstillinger som samfunnsutviklingen møter. Eksempler på det kan være at urbanisering og fortetting av byene vil stille krav til en bærekraftig byutvikling, med en robust energiforsyning. Økt forsyningsikkerhet ved bruk av energifleksibel fjernvarme vil bidra til redusert effektbelastning på elektrisk forsyningsnett. Det diskuteres også at fornybar varme fra et energifleksibelt system er et viktig klimapolitisk virkemiddel for å oppnå lokale og nasjonale klimamål.

Når det gjelder behov for fjernvarme i fremtiden kommenterer flere at fremtidens bygningsmasse allerede er bygget, samt at det kommer til å bli en voldsom bofortetning i byene. Det nevnes også at selv om passivhus er passive over året, vil de allikevel trenge varme tilført om vinteren. I tillegg ønsker folk komfort, slik at selv i lavenergibygg skrur folk gjerne opp varmen i perioder. Flere forteller også at de tror på et kollektivt tappevannsystem, som også vil hjelpe til med å holde fjernvarmebransjen stabil.

Alle respondentene som ble intervjuet var enig at fjernvarmen fremdeles har en plass i fremtidens bærekraftige og fleksible energisystem.

5 Diskusjon

I dette kapitlet vil jeg diskutere og analysere resultatene i oppgaven i forhold til problemstillingene fra innledningen. Resultatene skal underveis i diskusjonen kobles opp mot tidligere forskning og bakgrunnskunnskap presentert i kapittel 2. Jeg har valgt å strukturere kapitlet ved å starte med en diskusjon av forutsetningene angående de ulike teknologienes plass i fornybarandelen. Så vil jeg diskutere og analysere oppgavens resultater i samme rekkefølge som de ble presentert i kapittel 4. Deretter vil jeg foreta en evaluering av metodene fra kapittel 3, og til slutt drøfte mulige feilkilder, forbedringspotensial samt forslag til videre forskning på tema.

Forutsetninger for fornybarandelen

Opgavens resultater baserer seg i stor grad på at flere teknologier forutsettes som fornybare. I denne delen diskuteres disse forutsetningene.

Spillvarme fra avfallsforbrenning

Mange fjernvarmeselskap baserer seg i stor grad på spillvarme fra avfallsforbrenning som grunnlast. Det er forbud mot deponering av nedbrytbart avfall. Avfallet må derfor brennes uavhengig av om varmen benyttes eller ikke. Ved å brenne avfallet slippes det i stor grad ut CO₂ i stedet for metan (noe som har stor påvirkning på drivhuseffekten). Hovedprinsippet med fjernvarme er å utnytte overskuddsenergien i samfunnet, og ved å bruke varmen fra avfallsforbrenningen til fjernvarme utnytter vi den energien, i stedet for å la den gå til spille. På en annen side kan økt avfallsforbrenning føre til mer utslipp av CO₂. (Norges vassdrags- og energidirektorat 2011) Det er et mål innen avfallspolitikken å redusere avfallsproduksjon, men dette kan bli vanskelig med konstant etterspørsel etter avfall til fjernvarme. Selv om det finnes argumenter både for og imot, regnes spillvarme fra brenning av avfall som en del av fornybarandelen i denne oppgaven.

Spillvarme fra industri

Å bruke spillvarme fra industri blir generelt vurdert som god utnytting av samfunnets ressurser, da varmen ellers ville gått til spille. Å utnytte spillvarme kan gi økt norsk fornybarandel, da annen varmeproduksjon kan erstattes. Dermed kan samlet energiforbruk reduseres. Det kan argumenteres med at industrien spillvarmen kommer fra, ikke er relatert til fjernvarmesektoren, slik at CO₂ utslippene ville ha forekommet uansett. Samtidig har spillvarme ofte fossilt opphav, og kan kun gi reduserte norske CO₂ utslipp via den fossile varmeproduksjonen den erstatter. (Norges vassdrags- og energidirektorat 2011)

Bioenergi

Fornybar energi i form av bioenergi regnes som CO₂ nøytralt over en lengre periode, selv om det vil slippe ut CO₂ i dag. Da forutsettes det at brenning av biomassen bare fremskynder en frigjøring av CO₂, som uansett skjer. Noen mener allikevel at tidspunktet frigjøringen skjer på kan ha mye å si for klimavirkninger fra varmeproduksjon. Fra 2012 til 2013 gikk klimagassutslippene i Norge ned med 0,3%, og SSB skriver at mye av reduksjonen i klimagassutslipp skyldes en reduksjon i bruk av oljekjeler til oppvarming. (Statistisk Sentralbyrå 2015)

Samtidig har NVE kommet ut med en rapport hvor de konkluderer med at "*Skog brukt til energi generelt har samlet større klimagassutslipp enn kull, olje eller gass i et perspektiv på 100 år.*" (Skog&landskap 2015) (Norges vassdrags- og energidirektorat 2015a) Denne konklusjonen har fått sterke reaksjoner fra blant annet Skogeierforbundet, som ber NVE trekke konklusjonene tilbake. Selve rapporten baserer seg på to delprosjekter utført av COWI og Skog og Landskap på oppdrag fra NVE. Mjøsen Skog skriver i en artikkel på hjemmesiden deres at konklusjonene NVE kommer med ikke stemmer overens med resten av rapporten, og at de bryter fullstendig med konklusjonene til FNs klimapanel. (Sannes 2015) Ettersom blant annet EUs direktiv regner bioenergi som CO₂-nøytralt, gjør også denne oppgaven det. (Norges vassdrags- og energidirektorat 2011)

I den andre artikkelen presentert i kapittel 2; ” *Effects and costs of policies to increase bioenergy use and reduce GHG emissions from heating in Norway*” av Sjølie et al 2010, forskes det på mulighetene for å redusere klimagassutslipp ved å bruke bioenergi i stedet for fossil energi til oppvarming. Denne artikkelen støtter bruken av bioenergi i fjernvarmesektoren, og konkluderer med at dersom karbonavgiften hadde vært på 60Euro/tonn CO₂ ekvivalent, hadde utslippene kunnet blitt redusert med 1,15 tonn CO₂ ekvivalenter. Artikkelen diskuterer ikke om bioenergi er CO₂ nøytralt eller ikke, men fokuserer på hvordan de ulike biobaserte teknologiene påvirker totale klimagassutslipp fra varmeproduksjon i Norge.

Også den første artikkelen presentert i kapittel 2; ” *Towards a flexible energy system – A case study for inland Norway*”, kom frem til at fornybarandelen i Norge øke til 71,8% dersom varmepumpe ble brukt som grunnlast, og bioenergi som spisslast i fjernvarme. Norges fornybarandel i 2014 var 65%, altså 2,5% under målet for 2020, på 67,5%. (Bendiksen 2014)

Elektrisitet

Å bruke elektrisitet til varmeproduksjon innen fjernvarme regnes ofte som lite miljøvennlig. Selv om kraften stort sett er produsert av fornybar energi som vind og vann, kunne kraften heller vært brukt til å redusere norsk kraftimport eller erstatte fossil kraft i nabolandene. Allikevel er det bedre å bruke elektrisitet til fjernvarme og få en uendret fornybarandel, enn å bruke fossil spisslast. For utenom spisslast, brukes gjerne elkjel som sommerlast. (Norges vassdrags- og energidirektorat 2011) Når prisen er lav skyldes det gjerne at kraften produseres med en svært lav marginalkostnad, noe som er typisk for fornybar vannkraft, vindkraft eller solkraft. Dermed kan man med stor sannsynlighet anta at strømmen stammer fra fornybar produksjon når prisen er lav om sommeren.

I artikkelen; ” *Towards a flexible energy system – A case study for inland Norway*”, sees det også på mulighetene for å bytte ut elkjelene med fjernvarmebasert bioenergi, med lagring i urbane strøk, samt bruk av sol og grunnvarmepumpe utenfor tettstedene. Grunnen til det er at de mener at elektrisitet ikke burde

brukes til oppvarming. De kom frem til at fornybarandelen totalt i Norge da kunne øke fra 67,5% til 74,4%. Det kommenteres at selv om elektrisiteten som produseres i Norge er fornybar, er produksjonen sårbar for perioder uten regn eller vind. I slike situasjoner må Norge importere dyr og potensielt fossilbasert kraft fra Europa.

Varmepumper

Varmepumper bruker omtrent en tredjedel strøm i forhold til varmen den produserer. Dette gjør bruk av varmpumper i fjernvarmeproduksjon til en energieffektiv teknologi. Bruk av varmpumper slipper i utgangspunktet ikke ut noen form for klimagasser, men strømmen kan potensielt komme fra europeisk miks (som ofte er fossil), da varmpumpene kjøres året rundt. Her gjelder den samme diskusjonen som for elektrisitet til elkjeler.

Fornybarandel og utvikling

Oppgaven dekker nesten 80% av den totale fjernvarmeproduksjonen i Norge, og jeg antar dermed at resultatene er representative. Nederst i **Tabell 1** er det regnet ut et vektet gjennomsnitt på 96,6% fornybarandel i forhold til bedriftenes varmeproduksjon. Allikevel må det regnes med at enkelte anlegg, som ikke er med i oppgavens datagrunnlag, kan ha større en fossilandel, og dermed dra gjennomsnittet noe ned. En fornybarandel på 96,6% er langt høyere enn forventet, da det generelt er en oppfatning i fjernvarmesektoren at gjennomsnittet ligger på 85%.

Det kan være flere grunner til at noen bedrifter har høyere fornybarandel enn andre. De kan for eksempel være i ulike utbyggingsfaser. Eldre anlegg som står foran en ny vekstfase vil ha behov for mer grunnlast, og må derfor bruke mer spisslast i en utvidingsfase. Anlegg som er i en oppbygningsfase vil ha nok grunnlast til å dekke hele behovet, men når antallet kunder øker, vil de også etterhvert få behov for mer last.

Figur 7 viser en oversikt over hva fornybarandelen vist i **Tabell 1**, består av. Den dominerende teknologien er spillvarme fra forbrenning av avfall, med bioenergi

på andreplass. Det er interessant å se hva fornybarandelen består av, og det gir et verdifullt inntrykk av situasjonen i dag.

Dersom man ser på **Figur 8** i kapittel 4, ser man at i 2010 var fornybarandelen helt nede på 70-80%. Dette var riktignok et usedvanlig kaldt år, men det sier noe om hvordan situasjonen var for 5 år siden. Året 2011 var like varmt som 2010 var kaldt, men allikevel var fornybarandelen bare på 80-85%. I 2014 var den kommet helt opp på 92-98%. En fornybarandel på 85% har blitt brukt i flere år, selv om den har økt betydelig. Selv forventet jeg en fornybarandel på rundt 85-90% basert på en kort bakgrunnssjekk av tema ved starten av oppgaveskrivingen. Det viste seg å være feil. Den gjennomsnittlige fornybarandelen i Norge er ifølge resultatene nå 96,6%, blant annet gitt forutsetningen om at elektrisitet er basert på fornybare ressurser.

Mål, motivasjon og utfordringer

Fjernvarmeselskapene hadde alle ulike mål for å bli fornybare. I **Figur 9** kan man se en oversikt over respondentenes mål. Kakediagrammet viser at nesten halvparten har det som et klart mål å bli 100% fornybare. For litt over en fjerdedel av dem var det også et mål, men de ønsket fremdeles å bruke olje som reservelast. For den siste fjerdedelen var det å bli 100% fornybare bare et delmål, eller et langsiktig mål. Noen fjernvarmeselskap jobber konstant med å forbedre seg på fornybarfronten, mens andre velger å vente på skjerpede myndighetskrav.

For at selskapene skal nå målene sine, trenger de ulike former for motivasjon. Det viste seg at de som jobbet hardt med å bli 100% fornybare, hadde klimamessige hensyn som hovedmotivasjonsfaktor. Det kom tydelig frem at klima er motivasjonen til de aller fleste. Det var bare rundt halvparten som nevnte bedriftsøkonomi, men jeg antar likevel at det er en stor motivasjonsfaktor for dem alle. I intervjuet ble det stilt åpne spørsmål. Det ble altså ikke gitt svaralternativer, og jeg tror at det kan være grunnen til at dette ikke kom tydeligere frem. Det sier seg selv at ingen ønsker å gå i underskudd, så bedriftsøkonomi kan nok egentlig være den største faktoren selv om dette ikke

kom frem i resultatene. For noen av selskapene var også myndighets- og kundekrav viktige faktorer, samt troverdigheten til produktet og selskapets omdømmeforhold.

I resultatene kom det frem hvilke utfordringer som var de største for å klare overgangen til fornybar spisslast. Biooljen er helt klart det enkleste alternativet til fossil olje, men det er fremdeles et umodent marked hvor det er vanskelig å få tak i riktig kvalitet til riktig pris. Med tanke på de økonomiske hindringene kan ikke fjernvarmeprisen være høyere enn strømprisen, og en lav strømpris gir ikke så god lønnsomhet i fjernvarmebransjen.

Teknologier

I resultatene får man en oversikt over de vanligste grunnlast-, mellomlast- og spisslastteknologiene. Det er tydelig at spillvarme fra brenning av avfall, bioenergi i form av briketter og flis, samt varmepumpe er de vanligste teknologiene for grunnlast. I tillegg nevnes det flere mellomlastteknologier som er mindre utbredt. Det viktigste i denne oppgaven er likevel teknologiene for spisslast. Ut ifra **Figur 12** ser man at alle fjernvarmeselskapene bruker oljekjel som spisslast. De aller fleste bruker også naturgass og elkjel. Det har vært mye fokus på bioolje, men man ser ut ifra figuren at det kun er to bedrifter som faktisk bruker bioolje. De fleste respondentene tror ikke at det kommer noen nye revolusjonerende teknologier på markedet, men at den nåværende sammensetningen av teknologier vil endre seg. Om noen år har forhåpentligvis olje og bioolje, og gass og biogass byttet plass i figuren. Biogass er en teknologi som så vidt er tatt i bruk. Det er nok fordi markedet er umodent og prisene høye.

Et annet alternativ som nevnes, er bruk av sesonglagring av varme ved hjelp av akkumulatortanker. Ved å lagre varme fra tider med lave priser og minimalt effektbehov, kan man dekke store deler av spisslast-toppene med den lagrede varmen, i stedet for å brenne olje og gass. Dersom man får til dette, og samtidig klarer å bytte ut fossil olje med bioolje, er man kommet langt på vei.

Meningene om hva som bør skje med de gamle, fossile kjelene etter overgangen til fornybar spisslast, er delt. Noen mener de skal kastes ut (selvsagt på en riktig, miljøvenning måte), mens andre syns det er tryggest å ha dem stående som reservelast i tilfelle krise. Alle er allikevel enig om at man kan kalle anlegget fornybart, selv om man har utkoblede oljekjeler tilgjengelig. Det som teller er den faktiske produksjonen.

Energikostnad og virkemidler

I oppgaven er det gjort beregninger av resulterende varmekostnader ved hjelp av LCOE. Hensikten med beregningene er å gi et inntrykk av de økonomiske faktorene som fjernvarmeselskapene må forholde seg til. Jeg ønsket å se situasjonen fra deres side, og finne ut hva som skulle til for å gjøre overgangen til fornybar energi lønnsom for dem.

I metodekapittelet forklares fremgangsmåten, og i vedlegg 2 kan man se detaljer fra utregningene. I resultatkapittelet presenteres det 6 ulike scenarier hvor ulike antagelser og forutsetninger kommer frem. Scenariene som presenteres er:

1) *Å beholde de gamle oljekjelene.* Dette scenariet er tatt med som en referanse, da det selvsagt ikke er meningen at man skal beholde dem. Ved å regne ut hva det koster for bedriftene å beholde oljekjelene, får man en referanse som sier hva avgiftene må øke med for å gjøre andre alternativ lønnsomme.

2) *Å beholde de gamle gasskjelene.* Dette brukes også som en referanse på samme måte som det første scenariet. Gasskjelen kom ut som billigste alternativ, og det hadde vært interessant å se hva det ville kostet å konvertere den til biogasskjel, men det var umulig å finne nok data til å gjennomføre LCOE beregninger for et slikt scenario.

3) *Å konvertere oljekjel til biooljekjel.* Dette har noen av fjernvarmeselskapene har gjort allerede, og flere vurderer å gjøre det. Å finne data for investeringskostnaden til en konvertering av 1MW oljekjel viste seg allikevel ikke å være mulig. Alle med informasjon om tema hadde data for vesentlig større anlegg, med priser som ikke var lineære. Man kunne derfor ikke beregne investeringskostnaden for et anlegg på 1MW ut ifra deres data. I stedet ble den investeringskostnaden som gav en nåverdi lik null, brukt for å beregne LCOE for

dette scenariet. Dette ble omtrent halvparten av prisen til en ny biooljekjel. Selv om resultatet fra denne LCOE beregningen ikke gir noen svar på den nåværende situasjonen, gir den allikevel en indikasjon på hvordan kostnadsnivået må være for å gi lønnsomhet. Samtidig er ikke lønnsomhet den eneste utfordringen med biooljen, noe som ble forklart i resultatkapittelet under "Utfordringer".

Scenario 4, 5 og 6 gikk ut på å gjøre LCOE beregningene for å investere i enten en helt ny biooljekjel, pelletskjel eller elkjel. Dette for å finne ut hvordan kostnadsbildet ville blitt dersom et selskap startet helt på nytt i stedet for å konvertere de fossile kjelene.

Resultat fra LCOE

Olje er den vanligste teknologien for spisslast i dag, og det vil være naturlig å bruke den som en referanseverdi for å regne ut hvordan avgiftsnivået må endres, for å gjøre de fornybare teknologiene lønnsomme. Ut ifra **Tabell 2** er gass allikevel det rimeligste alternativet, og den blir dermed også en referanseverdi. Det å investere i en ny elkjel er det billigste alternativet til gass, og det vil bli lønnsomt dersom CO₂-avgiften øker med 28 øre/kWh. Vil man bytte ut en oljekjel med en ny elkjel må man ha en avgiftsøkning på ca 60 øre/kWh (tilsvarende en økning i oljeprisen på 5,7 kr/liter) for å gjøre det lønnsomt. Det er muligens noe urealistisk foreløpig. Dersom man vil bytte ut oljekjelen med en helt ny biooljekjel, må CO₂-avgiften øke med 8 øre/kWh (tilsvarende en økning i oljeprisen på 0,76kr/liter), noe som burde bli innen rekkevidde etterhvert. Ettersom LCOE resultatet for *scenario 3) å konvertere oljekjel til biooljekjel* ble beregnet på grunnlag av den investeringskostnaden som gav en nåverdi lik null, ble resultatet likt som for *scenario 1) beholde oljekjelen*. Det er i følge beregningene relativt urealistisk å gjøre det lønnsomt med pelletskjel, da det ville krevd en avgiftsøkning på 149 øre/kWh for olje (14 kr/liter), og 236 øre/kWh for gass.

I **Figur 13** kan man se hva varmekostnaden består av, fordelt på investeringskostnad, faste- og variable utgifter og brenselskostnader. Man ser at selv om man hadde fått støtte til alle investeringskostnadene for pelletskjelen,

hadde den fremdeles vært dyrere enn de andre alternativene. Bortsett fra pelletskjelen vil alle de andre teknologiene være perfekte som spisslast, da de alle har lave faste- og variable kostnader. Brenselskostnadene er lavest på elkjelen. Dersom man hadde fått støtte til investeringen, ville det vært svært liten forskjell i brenselskostnadene mellom elkjel og gasskjel.

Nåverdiberegninger

Resultatene fra nåverdiberegningene viste at med en levetid på minst 20 år, vil det være lønnsomt å bytte ut oljekjelen med en elkjel. Her er det god margin, da den tredje fanen i **Tabell 4** viser at investeringskostnadene kunne vært nesten fire ganger så store, og det ville allikevel vært lønnsomt. Det å bytte gasskjelen med en ny elkjel var ikke lønnsomt, men det var ikke på grunn av investeringskostnadene. Ut ifra **Error! Reference source not found.**, ser man at elkjelen har høyere faste- og variable kostnader og brenselskostnader enn det gasskjelen har. Dette gjør kontantstrømmen i nåverdiberegningene negativ. For at det skal bli lønnsomt å bytte ut en gasskjel mot en ny elkjel må det bli en økning i fossile avgifter tilsvarende 28 øre/kWh. Å bytte oljekjelen ut med en ny pelletskjel gir samme utslag, da den også får en negativ kontantstrøm.

Gitt forutsetningen at en oljekjel konvertert til en biooljekjel har de samme faste- og variable kostnader og brenselskostnader, som en helt ny biooljekjel, blir naturlignok også resultatene deres i den fjerde fanen lik. For at det skal være lønnsomt å enten konvertere en oljekjel til en biooljekjel, eller investere i en helt ny biooljekjel, må investeringskostnaden være maksimalt 450.000 kr. Alternativt kan en fossil avgiftsøkning på 8 øre/kWh (0,76kr/liter) gjøre en helt ny biooljekjel lønnsom.

Framtidsutsikter

Når er det realistisk at fjernvarmesektoren i Norge kan bli 100% fornybar? Dette er kanskje det viktigste punktet i diskusjonen, da det refererer direkte til hovedproblemstillingen. For å gjenta det som allerede står i resultatdelen; alle er enig at fjernvarmesektoren teknisk sett kunne vært 100% fornybar allerede nå. Alt avhenger av lønnsomheten til de fornybare teknologiene, i forhold til de

fossile. Det er en utfordring å få tak i bioolje med riktig kvalitet til riktig pris, og dette setter en brems på konverteringen. De fleste respondentene mener hele fjernvarmesektoren kan bli 100% fornybar et sted mellom 2016-2020. Dette er nok litt optimistisk, selv om enkelte vil klare det. I andre enden av skalaen har man de som tror de først vil kunne klare dette et sted mellom 2020 og 2025.

Den tredje artikkelen presentert i kapittel 2; *Low-carbon district heating in Sweden – Examining successful energy transition*” analyserer Sveriges vellykkede overgang fra en 100% fossilbasert fjernvarmesektor, til en nesten helt fornybar sektor. Artikkelen er tatt med fordi jeg tror at selv om Norge har andre forutsetninger enn Sverige, kan vi allikevel lære mye av dem.

Fjernvarmesektoren i Sverige ble hardt rammet av oljekrisene og måtte derfor finne andre løsninger. Varme basert på bioenergi ble den store løsningen, og de sosioøkonomiske forholdene ble lagt til rette for en overgang til fornybar fjernvarme. I Norge hadde vi tilgang på billig strøm, og baserte derfor heller vårt varmebehov på elektrisitet. Bioenergi i form av bioolje, biogass eller til og med pelletsbrennere, kan kanskje bli løsningen for oss også etterhvert. (Selv om kostnadsberegningene mine har vist at det å investere i en ny pelletskjel ikke nødvendigvis er lønnsomt.)

Når det gjelder andre virkemidler enn avgifter og subsidier, forteller bedriftene at det er spesielt viktig med fleksible energiløsninger i nye og rehabiliterte bygg. Ved å legge til rette for fjernvarme, gjør man at bygget får flere potensielle løsninger for oppvarming, i motsetning til dersom man kun baserer seg på elektrisk oppvarming fra starten av. Det er også et problem at strømprisen er så lav, da fjernvarmeprisen må rette seg etter den.

På Bellonas ”Byggforum”, 25. november 2014, var det et tema om fjernvarme hadde en fremtid, med tanke på at gamle bygg restaureres, og nye bygg gjerne vil få passivhusstandard. Alle respondentene var allikevel enig at fjernvarme vil ha en plass i et fremtidig, fleksibelt energisystem.

Evaluering av metode

Det har i hovedsak blitt brukt tre ulike metoder for å samle datagrunnlag til oppgaven. I utgangspunktet synes jeg alle har fungert godt, selv om det selvsagt er svakheter med alle metoder.

Intervju

I denne oppgaven har det først og fremst blitt brukt intervju som metode for å samle inn kvalitative data fra fjernvarmeselskap. I tillegg ble det samlet inn noe kvantitativ data ved hjelp av strukturert utspørring. De kvantitative dataene som ble samlet inn var tall for bedriftenes fornybarandel fra 2014 og de siste 5 årene, årlig produksjon, samt energimiksen fra 2014. Det kvalitative datamaterialet som ble samlet inn besto i stor grad av bedriftenes holdninger og meninger om fornybarandelen og andre aspekter av fjernvarmesektoren. Malen for intervjuene finnes i Vedlegg 1.

Å basere datagrunnlaget i stor grad på kvalitative data kan føre til en del usikkerhetsfaktorer. For det første vil selvsagt respondentene fremstille seg selv på en positiv måte. Representanten fra selskapet kan også ha oppgitt sine personlige meninger, og ikke nødvendigvis selskapets. For noen er omdømmet viktig, og det kan være lett å pynte på sannheten eller utelukke fakta.

Fornybarandelen kan være et ømt tema for enkelte respondenter, og de kan ha svart det de mente var strategisk riktig, i stedet for den fulle sannheten. De kan for eksempel ha valgt ut et "bra" anlegg og oppgitt fornybarandelen fra det i stedet for å ta den samlede fornybarandelen for hele fjernvarmeselskapet. Alle de største anleggene er nok allikevel tatt med, selv om det gjerne finnes mindre anlegg som er mer fossilbaserte. Jeg mener allikevel at disse ikke vil ha for stor påvirkning på oppgavens resultater, eller den resulterende fornybarandelen på 96,6 %.

Jeg som intervjuer kan også ha stilt ledende spørsmål som kan ha påvirket svarene til bedriftene. Ikke alle respondentene ble intervjuet personlig, og det kan også ha påvirket resultatene, da kommunikasjonen mellom intervjuer og respondent ikke er like god over telefon eller ved tilsendt spørreskjema. I slike

kvalitative datainnsamlinger er det generelt sett vanlig at utvalget av respondenter kan være for lite eller for skjevt. I dette tilfellet mener jeg allikevel at resultatene er realistiske da en så stor del av fjernvarmebransjen er representert. Jeg føler også at jeg fikk intervjuet mange forskjellige fjernvarmeselskap med et bredt spekter av mål, holdninger og meninger. Dette har ført til at intervju som metode har fungert godt for denne oppgaven.

LCOE som metode

Det er interessant å se på hvordan den økonomiske situasjonen er, sett fra fjernvarmeselskapenes side. Jeg ønsket derfor å utføre kvantitative beregninger for varmekostnaden. Valget falt på LCOE som metode. LCOE beregningene ble gjort basert på en fiktiv varmesentral. Det å bruke LCOE som metode har fungert godt, da den gir svar i kr/kWh for hver teknologi. Dette er tall som gjør det lett å sammenligne avgiftsnivå. I tillegg kunne jeg regne ut hva de ulike kostandene inneholdt. Dette finner man i **Figur 13** i resultatkapittelet. Stort sett alle tallene som utgjorde datagrunnlaget for beregningene kom fra NVE sin rapport om kostnader i energisektoren fra 2015, som er en pålitelig kilde. (Norges vassdrags- og energidirektorat 2015b) På en annen side er det mange forutsetninger som må foreligge, for å kunne regne ut energikostnader. Blant annet konstante brenselspriser og et avkastningskrav som ikke nødvendigvis er representativt for alle selskap. LCOE beregningene er gjort for å gi en indikasjon av kostnadssituasjonen for selskapene, og det kan ikke trekkes fulle konklusjoner basert på et så forenklet grunnlag.

Nåverdimetoden

Det ble utført nåverdiberegninger for flere scenarier for å finne ut hvilket kostnadsnivå investeringskostnader må ligge på, for å gjøre de fornybare teknologiene lønnsomme. Nåverdiberegning er en enkel måte å gjøre lønnsomhetsberegninger på, og jeg synes det har vært et svært nyttig hjelpemiddel i oppgaven. Igjen må det poengteres at det er gjort mange forutsetninger og forenklinger for å gjøre beregningene, og fulle konklusjoner kan ikke trekkes basert på dem. Diskonteringsrenten på 4% som er brukt i oppgaven, er ikke nødvendigvis representativ for alle respondenter.

Evaluering av oppgaven og forslag til videre arbeid.

Det har blitt gjort mange forutsetninger underveis i oppgaven, men det å snevre inn problemstillingen var en nødvendighet, da oppgaven ellers ville blitt for omfattende for en 30 poengs masteroppgave. Fjernvarme er i seg selv et spennende tema og det har vært interessant å lære mer om bransjen. Jeg har funnet en del spennende resultater, og jeg håper at oppgaven kan bidra til å opplyse både fjernvarmebransjen og politikerne.

Dersom jeg skulle ha skrevet denne oppgaven på nytt, ville jeg valgt å intervju NVE og Enova først. De hadde begge mange gode poeng og vinklinger jeg selv ikke hadde tenkt på. De hadde gode ideer, forslag til forbedring, og generelt sett god oversikt over hele bransjen. Dette hjalp meg til å sette ulike aspekter i perspektiv, og til å bedre min forståelse av sammenhengene i fjernvarmesektoren. Dersom jeg hadde intervjuet dem først, hadde jeg kunnet formulere flere spennende problemstillinger og interessante spørsmål til respondentene. På den måten kunne jeg kanskje fått enda litt mer ut av intervjuene med fjernvarmeselskapene.

Det har underveis vært utfordringer knyttet til å finne de riktige respondentene, og til å stille de riktige spørsmålene uten å trække noen på tærne. Jeg har brukt mye tid og ressurser på å dra frem og tilbake til de ulike respondentene for å gjennomføre intervjuene, blant annet i Oslo og Bergen. Dette kunne nok ha vært gjort over telefon i stedet, men jeg synes det har vært spennende og lærerikt å møte respondentene personlig. Flere av resultatene fra oppgaven har i stor grad vært annerledes enn det jeg først hadde forventet, men absolutt interessante.

Det var dumt at enkelte resultater ikke ble slik jeg hadde tenkt. For eksempel manglende tall i statistikken fra den ene respondenten, eller det at jeg ikke fikk tak i kostnadsdata for investeringen til det ene scenariet. Allikevel føler jeg ikke at det har påvirket påliteligheten eller viktigheten av resultatene, så altfor mye.

6 Konklusjon

Hovedformålet med oppgaven har vært å finne ut når det er realistisk at fjernvarmesektoren i Norge kan bli 100% fornybar. Ettersom det meste av grunnlasten i Norge er regnet som fornybar, har hovedfokuset vært på den fossile spisslasten.

Teknisk sett kunne fjernvarmesektoren i Norge vært fornybar allerede, men på grunn av blant annet utfordringer med kvalitet og pris på bioolje, samt bedriftsøkonomi, er det fremdeles ikke slik. Noen fjernvarmeselskap er optimistiske og sier de kan være 100% fornybare allerede til neste år, mens andre setter et tidsperspektiv på 10 år. Gjennomsnittet ligger allikevel på rundt år 2020. Alt avhenger allikevel av bedriftsøkonomi, samt hvilke krav som settes av myndigheter og kunder.

Det har generelt sett vært brukt en gjennomsnittlig fornybarandel i fjernvarmesektoren på 85% de siste årene. Resultatene viser imidlertid at det har vært en stor økning i fornybarandelen de siste 5 årene. Det vil vært mer korrekt å bruke 95% som en slik referanseverdi. Alle bedriftene hadde et mål om å bli 100% fornybare. For noen var det et klart hovedmål, mens det for andre igjen var et mer langsiktig mål, eller et delmål. De viktigste motivasjonsfaktorene var klimamessige hensyn, bedriftsøkonomi og myndighetskrav.

De vanligste teknologiene for spisslast var olje, gass og elkjel, mens bioolje og biogass ikke var like utbredt enda. De fleste bedriftene tror ikke det vil komme noen ny revolusjonerende teknologi på markedet, men at sammensetningen av energimiksen vil endre seg. Det må en avgiftsøkning på minst 28 øre/kWh til, for å bytte en gasskjel ut med en elkjel, og en avgift på 8 øre/kWh (0,76 kr/liter) for å bytte ut en oljekjel med en ny biooljekjel. Den maksimale investeringskostnaden for å konvertere en oljekjel til en biooljekjel kan være er 450.000.kr. Alle beregningene er allikevel basert på ulike forutsetninger og forenklinger, og viser kun et bilde av den økonomiske situasjonen.

7 Referanser

- Bendiksen, K. (2014). *Det norske energisystemet mot 2030*. uioenergi.uio.no: UiO Energi. Upublisert manuskript.
- Berntzen, T. (2012). *Kvotesystemet for perioden 2013 til 2020*. I: Direktoratet, K. o. F. (red.). energi.no: Klima og Forurensnings Direktoratet. Tilgjengelig fra: <http://www.energi.no/docman/aarsmoter/183-ny-klima-avtale-hva-er-nytt/file> (lest 15.03).
- Brennum, C. (2015). *Vedkjeler*. I: Nobio (red.). Vedkjeler. nobio.no: SGP Varmeteknikk AS. Tilgjengelig fra: http://nobio.no/upload_dir/pics/Del-5---Vedkjeler.pdf (lest 04.03).
- Energiloven. (1990). *Lov om produksjon, omforming, overføring, omsetning, fordeling og bruk av energi m.m (energiloven)*. Lovdata.no: Lovdata.
- Enova. (2011). *Enovas resultat- og aktivitetsrapport 2011*. I: Enova (red.). *Enovas Resultatrapport 2011*. Enova.no: Enova.
- Enova. (2012). *Mulighetsstudie - Bioenergi i industrien*. I: Trømborg, M. A. o. S. E. (red.). *Bioenergi i industrien*. enova.no: Enova.
- Fjernvarme, N. (2015). *Fjernvarme er miljøvennlig*. I: Fjernvarme, N. (red.). *Fjernvarme er miljøvennlig*. fjernvarme.no: Norsk Fjernvarme. Tilgjengelig fra: <http://www.fjernvarme.no/index.php?pageID=108&openLevel=11> (lest 02.02).
- Fossefall. (2015). *Varmesentraler*, 25.02.15. fossefall.no: Fossefall.
- Grønmo, S. (2004). *Samfunnsvitenskapelige metoder*. Fagbokforlaget: Fagbokforlaget.
- Hagos, D. A., Gebremedhin, A. & Zethraeus, B. (2014). *Towards a flexible energy system ? A case study for Inland Norway*. *Applied Energy*, 130: 41-50.
- Havskjold, M. (2010). *Valg av energikilde for grunnlast i et fjernvarmesystem*. novap.no: NOVAP. Upublisert manuskript.
- Hofstad, K. (2013). *Norges Vassdrags og energidirektorat*. I: Leksikon, S. N. (red.). *Norges vassdrags- og energidirektorat*. Store Norske Leksikon: snl.no. Tilgjengelig fra: https://snl.no/Norges_vassdrags-_og_energidirektorat (lest 15.02).
- Norges vassdrags- og energidirektorat, N. (2010). *Klimagassutslipp fra fjernvarme: Tiltak og virkemidler. Et innslipp til Klimakur 2020*. *Rapport 3/2010*, 3/2010. nve.no: Norges vassdrags- og energidirektorat.
- Norges vassdrags- og energidirektorat, N. (2011). *Rammer for utbygging og drift av fjernvarme*. I: Norges vassdrags- og energidirektorat, N. (red.). *Veileder*, 3/2011. nve.no: Norges vassdrags- og energidirektorat.
- Norges vassdrags- og energidirektorat, N. (2014). *Fjernvarmens rolle i energisystemet*. I: Norsk Energi, T. C. G. (red.). *Fjernvarmens rolle i energisystemet*, 12/2014. nve.no: NVE.
- Norges vassdrags- og energidirektorat, N. (2015a). *Analyse av klimagassutslipp fra utnyttelse av skog til energiformål*. I: COWI (red.). *Litteraturgjennomgang og livsløpsvurderinger*, 17/2015. nve.no: Norges vassdrags- og energidirektorat.
- Norges vassdrags- og energidirektorat, N. (2015b). *Kostander i Energisektoren*. I: energidirektorat, N. v.-o. (red.). *Kraft, varme og energieffektivisering*, 2/2015. nve.no: Norges vassdrags- og energidirektorat.

- Randers, J. (2006). *Et Klimavennlig Norge: utredning fra et utvalg oppnevnt ved kongelig resolusjon 11. mars 2005 : avgitt til Miljøverndepartementet 4. oktober 2006*, b. NOU 2006: 18. Oslo: Departementenes servicesenter, Informasjonsforvaltning.
- Sannes, B. (2015). *NVE med vranglære*. I: Skog, M. (red.). mjosen.no: Mjøsen Skog. Tilgjengelig fra: <http://www.mjosen.no/nve-med-vranglaere.5721160-104643.html> (lest 22.03.15).
- Sjølie, H. K., Trømborg, E., Solberg, B. & Bolkesjø, T. F. (2010). Effects and costs of policies to increase bioenergy use and reduce GHG emissions from heating in Norway. *Forest Policy and Economics*, 12 (1): 57-66.
- Skog&Landskap. (2015). *Rapport - Analyse av klimagassutslipp fra utnyttelse av skog til energiformål*. [Artikkel skrevet av Skog og Landskap på deres hjemmeside.]. I: (kontaktperson), B. H. E. (red.): Skog og Landskap. Tilgjengelig fra: http://www.skogoglandskap.no/nyheter/2015/rapport_analyse_av_klimagassutslipp_fra_utnyttelse_av_skog_til_energiformal (lest 22.03).
- Soma, M. H. (2015). *Gjennomføring av varmeplanlegging*. I: AS, S. M. (red.). somamiljokonsult.no: Soma Miljøkonsult AS. Tilgjengelig fra: <http://www.somamiljokonsult.no/Varmeplaner.htm> (lest 15.02).
- Statistisk Sentralbyrå, S. (2014a). *Fjernvarme 2013. Økt forbruk av fjernvarme og fjernkjøling*. Figur 2. ssb.no: Statistisk Sentralbyrå.
- Statistisk Sentralbyrå, S. (2014b). *Indikatorer for bærekraftig utvikling, 2014: Norske Klimagassutslipp*, 11.06.14. ssb.no: Statistisk Sentralbyrå.
- Statistisk Sentralbyrå, S. (2014c). Statistisk Sentral Byrå rapport: Fjernvarme og fjernkjøling i Norge. I: Fedoryshyn, T. A. N. (red.). *Fjernvarme og fjernkjøling i Norge; Utvikling i sentrale størrelser*. ssb.no: Statistisk Sentralbyrå.
- Statistisk Sentralbyrå, S. (2015). *Utslipp av klimagasser, 1990-2013, endelige tall*. I: Sentralbyrå, S. (red.). ssb.no 20.01.2015: Statistisk Sentralbyrå. Tilgjengelig fra: <http://ssb.no/klimagassn/> (lest 17.02).
- Store Norske Leksikon, S. (2009). *Enova SF*. I: Rauboti, J. (red.). Enova SF. Store Norske Leksikon 2005-2007.: Store Norske Leksikon. Tilgjengelig fra: https://snl.no/Enova_SF (lest 19.02).
- TEK10. (2015). *Energiforsyning*. dibk.no: Direktoratet for byggkvalitet.

Vedlegg

Vedlegg 1: Intervjugal

Intervjuene baserte seg på strukturert utspørring i starten, og gikk deretter over i uformelle intervju.

Spørsmål til strukturert utspørring/statistikk:

1. Om respondenten

- a) Eierskap. Privat/Offentlig
- b) Hva er spisslastbehovet over året? (gjennomsnitt)
- c) Bruker dere spillvarme fra avfall eller industri?
- d) Hvor mange GWh varme/kjøling produserer dere totalt per år?

Skriv gjerne for hvert anlegg.

- e) Hvilke teknologier bruker dere som grunnlast? (Spesifiser gjerne % andel)
- f) Hvordan var energimiksen deres for 2014? (Svar gjerne i %)
- g) Hvilke teknologier bruker dere som spisslast? (Spesifiser gjerne % andel)
- h) Hvor stor er fornybarandelen i varmeproduksjonen deres nå(%)? Hvordan har den utviklet seg de siste 5 årene?

Intervjugal (uformelle intervju):

2. Holdninger til fornybar fjernvarme

- a) Er det et mål å bli 100% fornybare? Er dette noe dere hele tiden jobber mot, eller tenker dere ikke så mye på det? Har dere noen prosjekter på gang?
- b) Hva er i så fall motivasjonen for å bli fornybare? Evt hvorfor ikke?
- c) Hva er de største problemene/utfordringene, og hvordan har dere tenkt å løse dem?
- d) Hvilke andre primærenergikilder har dere potensielt tilgang på i fremtiden?

3. Framtidsutsikter

- a) Når tror dere det vil være realistisk for dere å klare bli 100% fornybare?
- b) Når tror dere det er realistisk at hele fjernvarmesektoren i Norge kan bli 100% fornybar?

c) Hva tenker dere om den generelle fremtiden til fjernvarme i Norge? Med tanke på for eksempel flere passivhus/plusshus? Har fjernvarme en plass i fremtiden?

4. Kostnad og lønnsomhet

- a) Hvordan er lønnsomheten ved å erstatte fossilt med fornybart i dag? (Med tanke på investering og pris på brensel, skatter og avgifter)
- b) Hvilke økonomiske eller politiske virkemidler må til?

5. Teknologier

- a) Dersom en olje- eller gasskjele skal byttes ut i fremtiden, hva skal de byttes ut med? (Hvilke teknologier skal benyttes i stedet?)
- b) Hva skal skje med de gamle kjelene? Skal de bli stående som en reserve, eller fjernes helt? Kan man si at anlegget 100% fornybart hvis de gamle kjelene fortsatt er der?

6. Annet

Hvordan skal vi nå 2 graders målet og 30% mindre klimagassutslipp? Hvordan kan fjernvarme bidra?

Vedlegg 2: Kostnadsberegninger

Tabell med kostnadsgrunnlag:

Scenario	Invest.kost (kr)	FOM ₁ kr/kW/år	VOM ₁ kr/kWh	FC ₁ inkl. avgift kr/kWh	Virkningsgrad
1) Beholde oljekjel	0	4	0,012	1,09	0,92
2) Beholde gasskjel	0	4	0,01	0,291	0,92
3) Konvertere oljekjel til biooljekjel	450253	6	0,022	1	0,92
4) Ny biooljekjel	871000	6	0,022	1	0,92
5) Ny pelletskjel	5065000	510	0,027	0,401	0,86
6) Ny elkjel	1178000	4	0,001	0,379	0,98

FOM = Faste driftskostnader

$$FOM(kr/\text{år}) = FOM_1(kr/kW/\text{år}) * 1000 kWh$$

VOM = Variable driftskostnader

$$VOM(kr/\text{år}) = VOM_1(kr/kWh) * 400000 kWh$$

FC = Brenselskostnader

$$FC(kr/\text{år}) = \frac{FC_1 * 400000 kWh}{Virkningsgrad}$$

Forutsetninger:

Rente: 4%

Levetid: 20 år

Annuitetsfaktor: 0,0736

Installert effekt: 1MW spisslast, 1MW grunnlast

Årlig netto energiproduksjon: 4000 MWh

Spisslast antas å være 10% av årlig netto energiproduksjon: 400 MWh

Brukstid: 200

LCOE beregninger:

$$LCOE = \frac{I \cdot a + FOM + VOM + FC}{\text{Årlig netto energiproduksjon}}$$

I = Investering [kr]

r = Rente [% p.a]

a = Annuitetsfaktor

n = Økonomisk levetid for anlegget [år]

FOM = Faste driftskostnader [kr/år]

VOM = Variable driftskostnader [kr/år]

FC = Brenselskostnader [kr/år]

1) Beholde oljekjel	Kostnadsdata	Enhet
$I =$	0	kr
$a =$	0,0736	
$FOM =$	4000	kr/år
$VOM =$	4800	kr/år
$FC =$	473913,043	kr/år
$LCOE =$	1,207	kr/kWh/år

2) Beholde gasskjel	Kostnadsdata	Enhet
$I =$	0	kr
$a =$	0,0736	
$FOM =$	4000	kr/år
$VOM =$	4000	kr/år
$FC =$	126521,739	kr/år
$LCOE =$	0,336	kr/kWh/år

3) Konvertere oljekjel til bio-oljekjel	Kostnadsdata	Enhet
$I =$	450253	kr
$a =$	0,0736	
$FOM =$	6000	kr/år
$VOM =$	8800	kr/år
$FC =$	434782,6087	kr/år
$LCOE =$	1,207	kr/kWh/år

4) Ny bio-oljekjel	Kostnadsdata	Enhet
I =	871000	kr
a =	0,0736	
FOM =	6000	kr/år
VOM =	8800	kr/år
FC =	434782,6087	kr/år
LCOE =	1,284	kr/kWh/år

5) Ny pellets-kjel	Kostnadsdata	Enhet
I =	5065000	kr
a =	0,0736	
FOM =	510000	kr/år
VOM =	10800	kr/år
FC =	186511,628	kr/år
LCOE =	2,700	kr/kWh/år

6) Ny elkjel	Kostnadsdata	Enhet
I =	1178000	kr
a =	0,0736	
FOM =	4000	kr/år
VOM =	400	kr/år
FC =	154693,878	kr/år
LCOE =	0,614	kr/kWh/år

Scenario	Resultat fra LCOE (Kr/kWh)
1) Beholde oljekjel	1,2
2) Beholde gasskjel	0,3
3) Konvertere oljekjel til biooljekjel	1,2
4) Ny biooljekjel	1,3
5) Ny pellets-kjel	2,7
6) Ny elkjel	0,6

Nåverdiberegninger

Nåverdiene er beregnet med NPV (Net Present Value) funksjonen i Excel.

Kostnad = FOM+VOM+FC

Nåverdi for bytte en oljekjel med en elkjel				
Invest.kost	1178000			
Kostnad olje	482713,043			
Kostnad elkjel	159093,878			
Differanse	323619,166			
År:	0	1	220
Kontantstrøm	-1178000	323619,166	323619,166	323619,166
Nåverdi:	NOK 3 096 240,46			

Nåverdi for å bytte en oljekjel med en pelletsjkel				
Invest.kost	5065000			
Kostnad olje	482713,043			
Kostnad pellets	707311,628			
Differanse	-224598,584			
År:	0	1	220
Kontantstrøm	-5065000	-224598,6	-224598,6	-224598,6
Nåverdi:	-NOK 7 805 161,60			

Nåverdi for å konvertere oljekjel til biooljekjel				
Invest.kost	450253			
Kostnad olje	482713,043			
Kostnad bioolje	449582,6087			
Differanse	33130,435			
År:	0	1	220
Kontantstrøm	-450253	33130,435	33130,435	33130,435
Nåverdi:	NOK 0,40			

Nåverdi for å bytte oljekjel med ny biooljekjel				
Invest.kost	871000			
Kostnad olje	482713,043			
Kostnad bioolje	449582,6087			
Differanse	33130,435			
År:	0	1	220
Kontantstrøm	-871000	33130,435	33130,435	33130,435
Nåverdi:	-NOK 404 564,02			

Nåverdi for å bytte gasskjel mot ny elkjel				
Invest.kost	1178000			
Kostnad gass	134521,739			
Kostnad elkjel	159093,878			
Differanse	-24572,138			
År:	0	1	220
Kontantstrøm	-1178000	-24572,138	- 24572,138	-24572,138
Nåverdi:	-NOK 1 453 791,71			

