

ØF-rapport nr. 17/2007

Bioenergi i Norge – potensialer, markeder og virkemidler

av

Bjørn Langerud, Norsk institutt for skog og landskap
Ståle Størdal, Østlandsforskning
Halfdan Wiig, Institutt for strategisk analyse
Morten Ørbeck, Østlandsforskning



Østlandsforskning

Østlandsforskning er et forskningsinstitutt som ble etablert i 1984 med fylkeskommunene og høgstyrene/de regionale høgstyresentra i fylkene Oppland, Hedmark og Buskerud som stiftere i samarbeid med Kommunaldepartementet.

Østlandsforskning er lokalisert i høgstyremiljøet på Lillehammer og har i tillegg kontorer i Hamar. Instituttet driver anvendt, tverrfaglig og problemorientert forskning og utvikling.

Østlandsforskning er orientert mot en bred og sammensatt gruppe brukere. Den faglige virksomheten er konsentrert om to områder:

Næringsliv og regional utvikling
Velferd, organisasjon og kommunikasjon

Østlandsforskning sine viktigste oppdragsgivere er departement, fylkeskommuner, kommuner, statlige etater, råd og utvalg, Norges forskningsråd, næringslivet og bransjeorganisasjoner.

Østlandsforskning har samarbeidsavtaler med Høgskolen i Lillehammer, Høgskolen i Hedmark og Norsk institutt for naturforskning. Denne kunnskapsressursen utnyttes til beste for alle parter.

ØF-rapport nr. 17/2007

Bioenergi i Norge – potensialer, markeder og virkemidler

av

Bjørn Langerud, Norsk institutt for skog og landskap
Ståle Størdal, Østlandsforskning
Halfdan Wiig, Institutt for strategisk analyse
Morten Ørbeck, Østlandsforskning



Tittel: Bioenergi i Norge – potensialer, markeder og virkemidler
Forfattere: Bjørn Langerud, Norsk institutt for skog og landskap Ståle Størdal, Østlandsforskning, Halfdan Wiig, Institutt for strategisk analyse og Morten Ørbeck, Østlandsforskning.
ØF-rapport nr.: 17/2007
ISBN nr.: 978-82-7356-619-5
ISSN nr.: 0809-1617
Prosjektnummer: 10190
Prosjektnavn: Utredning til grunnlag for en bioenergi strategi
Oppdragsgiver: Olje- og energidepartementet
Prosjektleder: Bjørn Langerud (prosjektleder)

Referat:

Den foreliggende utredningen skal være en del av kunnskapsgrunnlaget for Regjeringens utarbeiding av en egen bioenergi strategi. Utredningens hovedmålsetting er å kartlegge mulighetene for å etablere og videreutvikle velfungerende omsetningssystemer for bioenergi med bakgrunn i kartlegging og drøfting av ressurstilgang på biobrensel i Norge, herunder omfanget av import og eksport, kostnader ved å øke tilgangen på biomasse til energiformål, dagens bruk av bioenergi, miljøkonsekvenser av økt bruk av bioenergi, konkurranse med bruk av biomasse til andre forhold, rammebetingelser som påvirker produksjon og forbruk og mulige næringsmessige konsekvenser.

Emneord: Bioenergi, biobrensel, strategi

Dato: 15.november 2007

Antall sider: 192

Pris: Kr 300,-

Utgiver: Østlandsforskning
Postboks 223
2601 Lillehammer

Telefon 61 26 57 00
Telefax 61 25 41 65
e-mail: post@ostforsk.no
<http://www.ostforsk.no>

Dette eksemplar er fremstilt etter KOPINOR, Stenergate 1 0050 Oslo 1. Ytterligere eksemplarfremstilling uten avtale og strid med åndsverkloven er straffbart og kan medføre erstatningsansvar.

Forord

Denne utredningen er utført på oppdrag fra Olje- og energidepartementet. Arbeidet er utført i et samarbeid mellom Østlandsforskning (som formell kontraktspart), Institutt for skog og landskap og Institutt for strategisk analyse. Norsk institutt for skog og landskap har hatt hovedansvaret for kapittel 2 og har levert viktige bidrag til kapittel 3 og 7. Bidragsytere her har foruten undertegnede vært Jørn Lileng, Nicholas Clarke og Kåre Hobbestad fra Skog og landskap og Tormod Briseid og Ragnar Eltun fra Bioforsk. Institutt for strategisk analyse har hatt hovedansvar for kapitlene 4, 5 og 8. Norsk bioenergiforening har vært referansegruppe for prosjektet og har levert viktige faglige innspill i arbeidet. En spesiell takk til Andreas Bratland for hjelp med kapittel 6. Vurderinger og konklusjoner står imidlertid forfatterne ansvarlig for.

Utredningens mandat er omfattende i forhold til tilgjengelige ressurser og en prosjektperiode på om lag tre måneder. Dette innebærer at det ikke har vært rom for å gå i dybden på alle tema, og å involvere ulike aktørgrupper, i den grad vi hadde ønsket. Vi håper likevel utredningen vil være et nyttig faktaunderlag for utarbeidingen av Regjeringens bioenergi-strategi.

Lillehammer, 15. november 2007

Morten Ørbeck
Direktør, Østlandsforskning

Ståle Størdal
Prosjektleder
Østlandsforskning

Bjørn Langerud
Prosjekt-kooordinator
Prosjektleder
Skog og landskap

Halfdan Wiig
Prosjektleder,
INSA

Innhold

Sammendrag	7
1 Innledning	15
1.1 Bakgrunn	15
1.2 Hva menes med bioenergi og hvordan er dagens bruk	17
1.3 Utredningens mandat, problemstillinger og angrepsmåter.....	22
1.4 Noen teoretiske betraktninger	25
2 Potensialer på tilgangssiden for bioenergi	29
2.1 Innledning	29
2.2 Råstofftilgang fra skogen	30
2.2.1 Innledning.....	30
2.2.2 Beregning av potensielt uttak av biomasse fra skogen.....	31
2.2.3 Biomasse fra rydding av kulturlandskap mv.....	36
2.2.4 Biomasse for energiproduksjon under kraftlinjer.....	37
2.3 Biprodukter fra treindustrien.....	39
2.4 Potensialet i gjenvinningsvirke	42
2.5 Tilgang på råstoff fra jordbruksvekster	42
2.5.1 Råstofftilgang på kort sikt.....	43
2.5.2 Råstofftilgang på lengre sikt.....	46
2.6 Biogass fra våtorganisk avfall.....	47
2.6.1 Om biogassprosessen	47
2.6.2 Våtorganisk avfall – mengder og bruk.....	50
2.6.3 Avfall fra husholdningene.....	50
2.6.4 Våtorganisk avfall fra storhusholdninger og butikker.....	50
2.6.5 Melkeprodukter	51
2.6.6 Slakteriavfall og kjøttbeinmel	51
2.6.7 Fiske	52
2.7 Annet.....	52
2.7.1 Slam fra næringsmiddelindustrien.....	52
2.7.2 Avløpsslam / kloakkslam	52
2.7.3 Slam fra treforedlingsindustrien.....	53
2.7.4 Husdyrgjødsel.....	53
2.7.5 Oppsummering.....	57
3 Kostnader ved økt tilgang av trebasert bioenergi	59
3.1 Transport og logistikk for skogsflis.....	59
3.1.1 Hogstaktivitet og terrengforhold	59
3.1.2 Drifts- og transportkostnader av skogsflis.....	60
3.2 Tømmerpriser, tømmertilbud og tømmermarkedets fungeringsmåte.....	62
3.2.1 Priser og prisdannelsen.....	62
3.2.2 Tømmermarkedets fungeringsmåte.....	66
3.2.3 Hvordan øke utbudet av råstoff fra skogen?.....	67
3.3 Råstoffkonkurranse.....	70

3.3.1	Råstoff med alternativ anvendelse i dag og som det forventes konkurranse om	73
3.3.2	Konsekvenser av økt råstoffkonkurranse for sponplate-/trefiberplateindustri	74
3.3.3	Konsekvenser av økt råstoffkonkurranse for treforedlingsindustrien	76
3.3.4	Konsekvenser av økt råstoffkonkurranse for trelast-/trevareindustri	78
3.4	Oppsummering	79
4	Produksjon og handel med trepellets	81
4.1	Innledning	81
4.2	Prisdannelsen i det internasjonale pelletsmarkedet	83
4.3	Utviklingen i sentrale land	85
5	Potensialer og kostnader i stasjonær oppvarming	91
5.1	Innledning	91
5.2	Etterspørselen etter biobrensler	93
5.2.1	Konkurranseflaten	93
5.2.2	Energiprisenes utvikling.....	94
5.2.3	Klimapolitikken.....	96
5.2.4	Energikostnader oppvarming – Eneboliger.....	97
5.2.5	Totale kostnader medregnet kapital-/driftskostnader - Eneboliger	101
5.2.6	Kostnader ved konvertering – Eneboliger.....	104
5.2.7	Totalkostnader nye større næringsbygg	106
5.2.8	Konverteringskostnader næringsbygg	109
5.2.9	Biobrenslets konkurranseevne i fjern og nærvarmeanlegg	112
5.2.10	Oppsummering konkurranseflate/kostnader.....	113
5.3	Potensialene for biobrensler i ulike bygningssegmenter.....	115
5.3.1	Innledning.....	115
5.3.2	Boligsektoren	116
5.3.3	Utviklingstrekk samlet etterspørsel	118
5.3.4	Potensialet for økt bruk av ved og pellets i husholdningene	122
5.3.5	Markedsandeler til varmepumper.....	124
5.3.6	Utsiktene for bio versus annen punktoppvarming i husholdningene	126
5.3.7	Næringsbygg	126
5.3.8	Samlet realistisk potensiale for biobrensler i bygningsmassen.	130
5.4	Industriell etterspørsel etter biobrensler	131
5.5	Potensialer for ytterligere bruk av biobrensler	132
5.5.1	Nærings- og nytelsesindustrien.	132
5.5.2	Treforedling.....	132
5.5.3	Petroleumsprodukter og kjemiske produkter.....	132
5.5.4	Ikke metallholdige mineralprodukter	133
5.6	Fjernvarme	133
5.6.1	Forutsetninger for fjernvarme	133
5.6.2	Biobrenslets konkurranseevne i fjernvarmesentraler	134
5.6.3	Potensialet for ytterligere fjernvarme.....	136
5.6.4	Potensialet for biobasert kraftvarme.....	137
5.7	Oppsummering - Økonomiske potensialer.....	139
5.8	Lønnsomhetsberegninger på brukersiden – et komplisert fag.....	142
6	Potensialer innen biodrivstoff	145

7	Miljømessige og næringsmessige konsekvenser.....	151
7.1	Innledning	151
7.2	Miljøkonsekvenser av økt fjerning av biomasse	151
7.2.1	Skogøkologisystemet	151
7.2.2	Jordbruket.....	158
7.2.3	CO ₂ og karbonbinding	158
7.3	Miljøvirkninger knyttet til bruk av energi	160
7.4	Næringsmessige konsekvenser.....	161
8	Rammebetingelser og virkemidler for bruk av bioenergi	165
8.1	Hvorfor ha en strategi og virkemiddelbruk for bioenergi?.....	165
8.2	Generelle vurderinger.....	166
8.3	Rammebetingelser som påvirker produksjon og bruk direkte.....	166
8.3.1	Skatter og avgifter	166
8.3.2	Elavgifter og prisen på elektrisitet.....	168
8.3.3	Kvotehandling	168
8.3.4	Grønne sertifikater.....	169
8.3.5	Tarifferingsbestemmelser	170
8.3.6	Anvendelse av bygningsloven, energiloven og annet lovverk	171
8.3.7	Investeringsstøtte.....	172
8.3.8	Virkemiddelapparatet til ENOVA.....	172
8.4	Offentlige ansvar	173
8.5	FOU, kompetansebygging og informasjonsspredning	173
8.5.1	Behov og nytte av økte FOU investeringer	174
8.5.2	FOU innen kraftproduksjon.....	175
8.5.3	Behov og nytte av støtte til markedsintroduksjon	176
8.6	Konkurranshindringer og adgangsbarrierer.....	177
8.7	Regulering av fjernvarmeutbygging.....	177
	Vedlegg.....	179
	Vedlegg 1: Resultater fra tidligere utredninger om potensialet for bioenergi i Norge.....	179
	Vedlegg 2: Prognoseforutsetninger for uttak av stammevirke, GROT og stubber/røtter.....	182
	Vedlegg 3 Om SSBs Energistatistikk.....	184
	Referanser.....	187

Sammendrag

Bakgrunn

Produksjon og forbruk av bioenergi har fått økende aktualitet de siste årene – også internasjonalt – blant annet fordi dette anses å spille en rolle i arbeidet med å redusere klimagassutslippene. I EU, og kanskje spesielt i Sverige, er det uttrykt klare målsettinger om økt bruk av bioenergi både til oppvarming og i form av biodrivstoff innen 2020. Også i Norge er det i flere politiske dokumenter det siste tiåret pekt på de muligheter som ligger i økt produksjon og forbruk av bioenergi. I den siste klimameldingen (St.meld. nr. 34 (2006-2007) Norsk klimapolitikk) ønskes det fra Regjeringen en ”*målrettet og koordinert virkemiddelbruk for økt utbygging av bioenergi med inntil 14 TWh innen 2020*”.

I tillegg til å ha miljøpolitiske og energipolitiske argumenter, tangerer produksjon og bruk av bioenergi en rekke andre politikkområder, og det finnes både elementer som bidrar til samtidig måloppnåelse på flere områder, så vel som målkonflikter. En strategi for bioenergi er derfor en sammensatt oppgave som krever en bred tilnærming.

Samlet sluttforbruk av bioenergi i Norge i 2006 var om lag 14,5 TWh når man regner med biobrensel som innsatsfaktor i produksjon av fjernvarme. Dette tilsvarer 9 % av samlet stasjonært sluttforbruk av energi. Om lag halvparten av biobrenselbruken er knyttet til forbruk i husholdninger (hovedsakelig i form av ved), mens en stor del av det resterende forbruket er knyttet til forbrenning av egengenerert biobrensel i trelast- og treforedlingsindustriene for å dekke egne termisk energibehov. Sammenlignet med Sverige forbruker Norge relativt mindre bioenergi, noe som kan forklares ut fra industristrukturelle forhold, men også gjennom at Sverige har en langt mer omfattende fjernvarmeproduksjon enn Norge. Utbyggingen av denne kapasiteten fram mot 1980 var basert på olje som innsatsfaktor, det vil si at grunninvesteringer i infrastruktur, kompetansebygging, planprosesser mv. var basert på en annen energibærer enn hva en eventuell tilsvarende oppbygging i Norge framover vil være avhengig av.

Tilgangen på biobrensel

Det eksisterer en rekke tidligere utredninger som har prøvd å anslå innenlandske ressurser tilgjengelig til bioenergiformål. Anslagene varierer ut fra ulike forutsetninger om tilgjengelighet og økonomisk potensial. De oppdaterte ressurskartleggingene i denne utredningen har vist at det er tilgjengelig om lag 1,8 TWh fra jordbruket, først i fremst i form av halm. Videre kan det utvinnes 1,2 TWh i form av biogass fra husdyrgjødsel, ca 1 TWh fra avfall og om lag 1 TWh fra rivningsvirke som for en stor del eksporteres i dag. Totalt blir dette om lag 5 TWh med potensiell tilførsel av biobrensel. En mulighet til å øke biobrenselproduksjonen kan ligge i å konvertere jord som i dag brukes til matproduksjon til produksjon av oljevekster. Med den struktur som er på jordbruket i Norge, med de klimatiske ulemper Norge har i forhold til andre land for slik produksjon, og med dagens landbrukspolitiske regime, anses en vesentlig økning av produksjonen av oljevekster derfor å være lite relevant. En økning av innenlandsk tilførsel av biobrensel utover det som er nevnt over må derfor komme fra skogen enten i form av utnyttet tilvekst (dvs ny avvirkning), utnyttede avvirkningsrester (GROT) fra eksisterende og eventuell ny avvirkning, eller at trevirke som benyttes til andre formål i dag inngår i bioenergiproduksjon.

For å utløse ny avvirking kreves det at skogeiere sitter igjen med større netto enn de gjør med dagens avvirking. Det betyr at gjennomsnittsprisen på virket må være høyere enn det er i dag eller at gjennomsnittskostnadene ved uttak blir lavere gjennom for eksempel mer effektive driftssystemer. Skogeiers netto kan øke ved at GROT også tas ut av skogen fordi dette gir større volum levert, men det forutsetter at også uttak av GROT gir et grunneierbidrag – noe som ikke er forutsatt i mange kalkyler. Dessuten medfører GROT-tilpasset avvirking en høyere gjennomsnittlig uttakspris. Beregninger knyttet til potensialet for uttak av GROT varierer, men siden det har en mer komplisert logistikk enn rundvirke, at grunneierbidrag må påregnes og at det er både tekniske og biologiske begrensninger knyttet til uttak, vil sannsynligvis potensialet ligge i størrelsesorden 1,5-2 TWh gitt dagens avvirkningsnivå. Dette forutsetter imidlertid en råvarepris (flispris) levert varmeproducent på 20 øre/kWh.

Utover dette er det et potensielt bidrag fra rydding av kraftlinjer (ca 0,5 TWh), samt rydding av vegtraseer, tomter og kulturlandskap i form av heltreflising. Per i dag mangles kunnskap om mengden tilgjengelig fra slik rydding, men denne anses likevel ikke å overstige potensialet for rydding av kraftlinjer.

Felles for uttak av GROT og ryddinger av ulike slag er at dette, på grunn av råstoffkvaliteten og i likhet med råstoff fra jordbruket, avfall og rivningsvirke, forutsetter utvikling av et større fjernvarmemarked, eventuelt også koblet med generering av elektrisitet (CHP). Alternativt kan slikt brensel inngå i framtidig produksjon av såkalt andregenerasjons biodrivstoff.

Produksjon av foredlet brensel (trepellets, brikker mv.) krever med dagens teknologi en helt annen råstoffkvalitet. Eksisterende produksjon i Norge har i hovedsak vært basert på bruk av biprodukter (sagflis, spon mv.) fra treindustrien. En økt produksjon av foredlet brensel vil enten medføre fortrenging av råstoff til plateindustrien (først og fremst sponplateproduksjon) og/eller at rundvirke av lavere kvaliteter, som for eksempel massevirke som i dag først og fremst brukes i treforedlingsindustrien, tas i bruk. Det siste krever en høyere bearbeidingskostnad da flere kostnadskomponenter inngår, slik som flising og tørking.

Et alternativ til å bruke innenlandsk råstoff er å importere råstoff, eventuelt ferdig foredlet brensel i form av pellets eller biodrivstoff. Per i dag er ikke import av trepellets særlig aktuelt i og med at innenlandsk produksjon overstiger forbruket, men det har vært tilfeller med import for å ta unna topper. En vesentlig økning i forbruket kan imidlertid baseres på import fra for eksempel Canada, som er en stor eksportør i dag og hvor det foreligger planer om ytterligere investeringer i produksjonskapasitet. Trepellets er en internasjonal handelsvare som kan skipes, men beskrankningene for import er ofte knyttet til kostbare innenlandske logistikk-løsninger. Rundtømmer er også en internasjonal handelsvare og treforedlingsindustrien i Norge importerer i dag store deler av sitt råstoffbehov. Utviklingen de senere årene har imidlertid vist en sterk prisvekst på alle sortimenter, også de laveste kvalitetene. Grunnen til dette er en stor og økende etterspørsel etter fiber i Europa, spesielt i Øst-Europa hvor innenlandsk konsum er sterkt økende. Med det nivå som er i dag og med en prolongering av utviklingen, er det et spørsmål om import av slikt råstoff vil kunne ha et vesentlig omfang framover.

En økning i bioenergibruken mot det nivå som er gitt i Klimameldingen vil sannsynligvis kreve at rundvirke eller biprodukter fra treindustrien i økende grad må tas i bruk til energiformål. Økt bruk av bioenergi basert på innenlandsk råstoff vil innebære en råvarepris som er høyere enn det som er tilfelle i dag, samt at det delvis kan fortrenge råstoffbehovet til annen industri. Sannsynligvis må det til en råstoffpris på minst 20 øre/kWh for at det skal bli en vesentlig økning i tilgangen på biomasse til energiformål. Økt konkurranse om slikt råstoff vil gi en utfordring for eksisterende industri som i dag nyttiggjør dette råstoffet, i første rekke spon- og trefiberplateindustrien, men også treforedlingsindustrien. Videre vil trelastindustrien, som i

første omgang vil ha positive gevinster knyttet til høyere priser på salg av sine biprodukter, kunne spille en nøkkelrolle i å være avtaker for sagtømmer fra eventuell ny avvirking.

Etterspørselen etter biobrensel

I tillegg til tilstrekkelig tilgang på råstoff krever økt bruk av bioenergi en struktur på oppvarmingsmarkedet som er tilpasset denne eventuelt økte bruken. Det vil være to markedssegmenter som har ulike krav til råstoffet: Mindre anlegg basert enten på vedfyring eller på foredlet brensel som igjen krever råstoff av relativt høy kvalitet, i form av punktvarme (pelletskaminer) eller sentralvarmesystemer i hus, og større anlegg som leverer fjernvarme og som i prinsippet kan bruke det meste av råstoff, og som også kan knyttes til anlegg for elgenerering (CHP). Utover dette kommer produksjon og bruk av biogass og biodrivstoff.

I forhold til andre land som i mindre grad er spredtbygd, vil det være mer kostbart å etablere flere parallelle systemer for energi i Norge, samt at bruk av elektrisitet både historisk sett og naturgitt har et fortrinn. Dette gir en småhusbebyggelse med punktoppvarming med kombinert elektrisitet (panelovner) og vedovner. Videre er det store klimatiske forskjeller mellom regioner i Norge som gjør at det er stor variasjon i forhold til installert effekt for oppvarming og at tilgangen på råstoff er forskjellig mellom regioner.

Potensialet for økt forbruk av bioenergi vil avhenge av prisene og tilgangen på andre energibærere (hovedsakelig olje og elektrisitet, men gass vil få økende betydning) samt klimapolitiske virkemidler og spesielt prisen på CO₂-kvoter. I tillegg vil kostnadselementer knyttet til installasjon i nye bygg og konvertering av gamle oppvarmingsløsninger i eksisterende bygg være av avgjørende betydning. Videre vil valget mellom punktoppvarming og distribuert oppvarming (sentralfyr, fjernvarme mv.) avhenge av alle ovennevnte faktorer.

I et samlet realistisk økonomisk potensial regner vi inn mulighetene for konvertering til punktoppvarming i eksisterende boligmasse, og konvertering fra flytende brensler og elektrisitet benyttet til oppvarming av nærings- og industribygg. Samlet sett er disse kategoriene beregnet til om lag 50 % av oppvarmingsbehovet i næringsbygg eller 8- 9 TWh. I boligmassen er potensialet for økt nyttiggjort energi basert på biobrensler i punktoppvarming beregnet til ca 8 TWh, deler av dette kan imidlertid bli utkonkurrert av luft til luft varmepumper. I tillegg til disse potensialene kommer konvertering fra olje til biobrensler i industriell produksjon. Det pågår for tiden utredninger for å kartlegge sistnevnte potensial. Dreier dette seg om et større økonomisk potensial vil i så fall realisme i et eventuelt mål på 14 TWh øke betydelig.

Økt utbygging av fjernvarme kan, men vil ikke nødvendigvis, føre til økt bruk av biobrensler. Dette er avhengig av om fjernvarmen erstatter direkte bruk av biobrensler eller andre energibærere. Generelt sett vil fjernvarme være gunstig i områder med stor forbrukstetthet eller med tilgang på store mengder rimelig råstoff som spillvarme, varmepumper basert på tilgang på varmt vann, avfall eller andre biobrensler. Det økonomiske potensialet for fjernvarme i byer, tettsteder og sentrumsnære områder er i tidligere studier anslått til ca 3 TWh økning utover dagens nivå. For å realisere dette potensialet må biobrenslets konkurransevne vis à vis elektrisitet og olje bedres med om lag 10 øre/kWh i forhold til prisene i 2005/2006 noe som kan oppnås med vedvarende oljepriser i området 70 USD og kvotepriser på 180 NOK/tonn. I denne utredningen anslår vi et realistisk økonomisk potensial for biopellets og flis i fjernvarme til ca 2,5 TWh. Potensialet for fjernvarme overlapper det generelle potensialet for utskifting av el- og oljekjeler i eksisterende boliger og næringsbygg. Det samlede nasjonale potensialet for økt bruk av biobrensler kan derfor også beregnes med utgangspunkt i statistikk over det samlede arealet for vannbåren varme i boligblokker og næringsbygg. Hvorvidt dette potensialet realiseres ved direkte konvertering eller via nærvarme/fjernvarmenett blir et kostnadsspørsmål av mer underordnet betydning enn spørsmålet om konvertering av bygg til fjernvarme.

Kraftvarmeproduksjon (CHP) har internasjonalt, men også i Norge, vært sett på som en lovende videreutvikling av bruken av bioenergi. I denne sammenheng er brenselets eksergi, det vil si evne til kraftproduksjon, særlig relevant. Et viktig og ofte benyttet poeng i eksergi/energidebatten er at elektrisitet kan benyttes til drift av varmepumper, og virkningsgraden kan være vesentlig høyere dersom man i tillegg benytter energien i kraftvarme og varmepumper. Ved å koble kraftvarmeanlegg opp til industri eller fjernvarmenett kan man derfor øke samfunnets energieffektivitet ved å anvende eksergien i biobrenselet til kraftproduksjon og varmen i fjernvarmenett eller til prosessvarme. Med dagens teknologier får man imidlertid mindre eksergi ut av biobrensel enn ved bruk av naturgass samt at kostnadene pr. kWh eksergi også er vesentlig høyere. De viktigste fordelene med fjernvarmeanlegg er således først og fremst knyttet til utnyttelse av spillvarme og varme fra avfallsforbrenning.

Potensialet for økt bruk av bioenergi vil, som tidligere nevnt, for en stor grad avhenge av prisen på andre energibærere (og her har oljeprisen vist seg å være styrende) og klimapolitiske virkemidler. En økning i olje- og CO₂ kostnadene fra 30 til 70 USD/fatet og 180 NOK/tonn representerer en prisoppgang på ca 20 øre/kWh for husholdningenes energiforbruk. I seg selv skulle det medføre en vekst i forbruket av fornybare energikilder til oppvarming på rundt 15 TWh, hvorav ca. 9 TWh faller på biobrensel i fjernvarme og direkte oppvarming i boliger og næringsbygg. Dette forutsetter en råvarepris (flispris) på 12 øre/kWh. Med en økning i råvareprisen til 20 øre/kWh faller økningen i etterspørsel til 7,5 TWh i følge de samme simuleringene. Kvotepriene må da øke til 500 NOK/tonn for å gi en etterspørselsvekst tilsvarende Klimameldingens målsettinger om 14 TWh.

Dersom kostnadene for CO₂-kvoter øker til 700 NOK/tonn og internaliseres gjennom tilsvarende priser på utslipp i markedet, vil kostnadene for elektrisitet, olje og gass gå opp ytterligere med om lag 20 øre/kWh og etterspørselen etter bioenergi i Norge ytterligere øke med 3-4 TWh. Dette forutsetter imidlertid at ikke prisene på bioenergi øker tilsvarende. For eksempel viser framveksten av det internasjonale trepelletsmarkedet at man med god grunn kan vente oppgang i de internasjonale pelletsprisene når CO₂-kostnader, oljepriser og priser på elektrisitet øker. Dersom råstoffprisene øker til 30 øre/kWh kan man forvente en økning på rundt 7 TWh gitt kvotepriene på 700 NOK/tonn.

Når det gjelder husholdningenes atferd kan det i tillegg til rene økonomiske vurderinger ligge en rekke andre forhold til grunn for beslutningene, og de vil ofte være mindre økonomisk styrt enn borettslag, næringsbygg mv. I tillegg til de rene økonomiske vurderingene kommer kostnader eller nytte knyttet til for eksempel sjarme eller plunder og heft, estetiske verdier og miljøholdninger. Slike forhold og forskjeller mellom grupper er selvfølgelig også relevant for spørsmålet om barrierene ligger på priser, investeringskostnader eller preferanser og for å vurdere effekter av avgifter/subsidier på brensel opp imot investeringsstøtte og holdingskampanjer.

De siste årene har det vært et sterkt fokus på biodrivstoff, i hovedsak bioetanol eller biodiesel som kan brukes alene eller innblandet i tradisjonelt drivstoff. Såkalt første generasjons biodrivstoff basert på olje-, sukker- eller stivelsesholdige jordbruksprodukter er allerede på markedet. En av diskusjonene er knyttet til arealproblematikken: matproduksjon eller drivstoffproduksjon. Prisene på visse matvarer på verdensmarkedet har økt. Det er imidlertid knyttet store forventninger til utviklingen av andre generasjons biodrivstoff som baserer seg på utnyttelse av celluloseholdige råvarer som blant annet trevirke, halm og landbruksavfall som gir langt lavere press på matvarepriser. Andre generasjons biodrivstoff vil bruke mye av det samme råstoffet som er tenkt brukt i større varmesentraler og det kan føre til et visst konkurranseforhold. Utvinning av andre generasjons biodrivstoff vil også sannsynligvis ta i bruk nye skogarealer. Internasjonal enighet om standarder og sertifiseringssystem vil derfor være viktig for å utvikle en bærekraftig produksjon av biodrivstoff.

Samfunnsmessige konsekvenser av økt produksjon og forbruk

Økt produksjon og bruk av bioenergi medfører både positive og negative miljøkonsekvenser. De positive miljøkonsekvensene er først og fremst knyttet til at biobrensel, som for en stor grad er en CO₂-nøytral energibærer, kan erstatte fossilt brensel til oppvarming i eksisterende eller framtidig bygningsmasse, eventuelt også som drivstoff. Imidlertid medfører økt uttak av biomasse fra skogen negative konsekvenser i form av uttak av næringsstoffer, og det finnes utfordringer i forhold til bærekraftig skogproduksjon. Dette dreier seg både om konsekvenser for plante- og dyreliv, kulturminner og kulturelt betingete naturmiljøer. Økt uttak av biomasse fra skogen må derfor følges av klare retningslinjer og kriterier i forhold til nivået på uttak og hvilke områder der økt biomasse ikke er tilrådelig. Økt uttak av biomasse medfører også økt transportbehov og setter krav til vegstandard (akseltrykk, totalvekt og lengde) og effektive logistikk-løsninger, både for at dette skal foregå med så lav kostnad som mulig, men også med hensyn til å redusere miljømessige ulemper. Økt forbruk av bioenergi kan medføre større lokale partikkelutslipp, spesielt gjelder dette eldre anlegg og ovner med lav virkningsgrad. Utskifting av eldre vedovner med pellets-kaminer eller nye ”rentbrennende” vedovner vil føre til stor reduksjon i disse utslippene.

Det kan anføres en rekke næringsmessige konsekvenser knyttet til økt produksjon og forbruk av bioenergi. Det relateres ofte til sysselsettingsmessige virkninger i områder hvor det er behov for attraktive nye jobber og for å opprettholde bosetting og sysselsetting på sikt. Dette er primært knyttet til råstoffuttak og logistikk. Tidligere studier har anslått sysselsettingseffekten til å være i størrelsesorden 3-400 nye sysselsatte pr. TWh innfyrt. Dette tallet kan imidlertid godt beregnes å bli høyere dersom en tar utgangspunkt i tall for gjennomsnittlig sysselsetting per produsert enhet i berørte næringer eller lavere dersom en regner med at bioenergi-produksjon fortrenge sysselsetting i andre næringer – i hvert fall dersom man ser Norge under ett. Bioenergi kan imidlertid også bidra til å sikre en bedret økonomi, spesielt i skogbruket og trelastindustrien. Dette fordrer imidlertid et høyere nivå på prisene på råstoff enn hva tilfellet er i dag. I tillegg til det som kan anses som positive næringsmessige konsekvenser vil økende bruk av biomasse til energiformål kunne fortrenge råstofftilførselen til industri som bruker denne type råstoff i dag, slik som plate- og treforedlingsindustrien. Erfaringer fra for eksempel Sverige tilsier at en bioenergi-bransje i framvekst vil føre til høyere priser på råstoffet og fortrenge innenlandsk plateindustri. Dette vil åpenbart ha sysselsettingsmessige konsekvenser for de aktuelle lokalsamfunnene. Videre fører framveksten av bioenergi-markedet til en endring i to trinn i virkesmarkedet for treforedlingsindustrien. Først vil kvalitetskravene endres slik at dårligere kvaliteter aksepteres slik at prisene på råstoff får marginale økninger, deretter vil prisene på massevirke til treforedlingsindustrien stige. Det har det siste året vært markante prisøkninger på trevirke i Europa som følge av økt etterspørsel etter fiber til andre formål.

Virkemidler for økt produksjon og forbruk

Som vist er det et avvik mellom de potensialer som ligger på tilgangssiden for råstoff, potensiell etterspørsel etter bioenergi og uttrykte politiske målsettinger gitt dagens situasjon og prising av klimagassutslipp. Dette kan gi argumenter for økt eller endret offentlig virkemiddelbruk.

Rasjonalet for en offentlig inngripen i energimarkedene har tradisjonelt vært begrunnet ut fra markedssvikt (for eksempel knyttet til miljøkonsekvenser) og at det derfor er nødvendig med offentlig inngripen for å kunne sikre en samfunnsøkonomisk optimal utnyttelse av energiressursene. Når det gjelder bioenergi er markedssvikten trolig bare delvis knyttet til produksjon og bruk, men også mangelfull internalisering av miljøkostnader for andre energibærere. Den mest iøynefallende markedssvikten gjelder manglende og for svak prising av CO₂-utslippene i forhold til kravene som må stilles for å nå klimakonvensjonens målsettinger. Normalt bør imidlertid slike imperfeksjoner i andre markeder enn bioenergi-markedet søkes korrigert gjennom virkemidler i disse markedene for at de ønskede miljø- og energipolitiske mål skal kunne nås med størst mulig grad av sikkerhet (styringseffektivitet) og til lavest mulig

kostnad for samfunnet (kostnadseffektivitet). Det synes derfor mest rasjonelt å prise miljøkostnadene ved forbrenning av fossile brensler gjennom miljøgraderte brenslsavgifter, eventuelt supplert med mer tradisjonelle miljøpolitiske reguleringer. Økt bruk av bioenergi medfører også negative eksterne kostnader på miljøsidan som utslipp, uttak av næringssemner og påvirkning på natur- og artsmangfold. Man bør derfor bruke virkemidler som direkte reduserer disse konsekvensene.

En alternativ tilnærming til utvikling av strategier og virkemidler på bioenergiområdet med utgangspunkt i påviselige markedsimperfeksjoner, er å styre etter politisk omforente kvantitative mål som for eksempel Klimameldingens mål om inntil 14 TWh ny bioenergi innen 2020, og som kan forutsettes å være basert på en totalavveining av ulike samfunnshensyn, herunder internasjonale forpliktelser. Med dette målet som premis for bioenergi strategien blir utfordringen å finne de sett med strategier og virkemidler som gjør at dette spesifikke målet nås styringseffektivt og kostnadseffektivt. I drøftingen av virkemidler er det lagt til grunn at bruken av biobrensler skal bidra til en langsiktig miljøvennlig, sikker og kostnadseffektiv energiforsyning. Videre skal det tas hensyn til positive og eventuelt negative nærings- og distriktspolitiske konsekvenser.

Det pekes på at utviklingen i kostnadene for CO₂-utslipp, enten disse internaliseres gjennom kvotehandel eller avgifter, vil være blant de viktigste virkemidler for økt bruk av bioenergi. Grønne sertifikater vil kunne gi økt utbygging av CHP, mens det er knyttet atskillig større praktiske utfordringer knyttet til innføring av slike systemer for grønn varme. Prissignalene fra avgifter og kvotepriser vil ikke nødvendigvis ha like stort gjennomslag for alle sektorer og samfunnsaktører. Dette blir ofte brukt som argument for mer direkte reguleringer som for eksempel regulering av energibruken i bygg. Det blir ofte hevdet at pålegg er en effektiv driver for innovasjon i bygningsbransjen og påvirker hvor mye tekniske løsninger blir benyttet. For at dette skal være effektivt bør man imidlertid være sikre på at et lønnsomt potensial med riktig prising av eksternaliteter blir utløst. I en rekke sammenhenger vil det offentlige være beslutningstaker for investeringer i oppvarmingsløsninger, både i egen bygningsmasse og i form av planprosesser. Det vil være viktig at det offentlige legger til grunn en "riktig" størrelse på framtidige klimakostnader for eksempel med hensyn til utforming av by- og tettstedstrukturer og infrastrukturer. I første rekke gjelder dette bygningsmassen det offentlige har ansvaret for. Videre kan investeringsstøtte være et egnet alternativ dersom man har grunnlag for å anta at aktørene operer med et for høyt avkastningskrav. I klimaspørsmålet står man overfor en kollektiv risiko som individuelle tiltak ikke tar høyde for, men som bør prises inn i markedet. Denne risikoen kan internaliseres gjennom prisene på utslipp, men også gjennom gunstige låneordninger som vrir risikoen til fordel for mindre klimaskadelige løsninger.

Ordningen med utkoblbart forbruk (UKF) også kalt utkoblbar overføring (UKO) omfatter i overkant av 5 TWh av kraftforbruket. Ordningen innebærer at forbrukerne har rett til lavere nettariffer dersom nettselskapene gis anledning til å beordre utkobling av kraften. Ordningen innebærer at elkraft bedrer sin konkurranseevne vis a vis fornybar energi og olje som energikilde. Endring eller fjerning av denne ordningen oppfattes derfor som et mulig virkemiddel for å fremme bruken av bioenergi. Det finnes imidlertid også argumenter for differensieringen av nettariffene, blant annet i forhold til nettap ved innmating og utmating og variasjonen i trafikken over døgnet og i forhold til hvilken forsyningssikkerhet som kreves. Ved siden av å bidra til en jevnere flyt og lavere investeringskostnader i nettet, kan det gi insitamenter til lokale reserveløsninger og fleksibilitet. Slike hensyn kan imidlertid også ivaretas på andre måter enn dagens ordning, men det har ikke vært mulig å analysere dette nærmere innenfor rammen av denne utredningen.

Resultatene fra FoU er i stor grad et kollektivt gode og det vil normalt skje for lite FoU i privat regi. Dette tilsier at Staten subsidierer utvikling og testing av ny teknologi, eventuelt tidlig

kommersialisering av teknologien, for å redusere denne usikkerheten og for å oppnå positive eksterne virkninger i form av spredning av klimavennlig teknologi. Tilsvarende vil det være rasjonelt å bidra til finansiering og teknologiutvikling innen produksjon, distribusjon og anvendelse av biobrensler, ved siden av all annen klimavennlig teknologi. I bevilgning av FoU-midler er det imidlertid viktig å hindre fortrenning av privat FoU som er basert på behov for kommersiell beskyttelse av resultater.

Muligheten for å etablere og videreutvikle effektive omsetningssystemer for bioenergi

Oppsummert kommer om lag 9 % eller 14,5 TWh av det stasjonære energiforbruket i Norge i dag fra bioenergi. Nesten halvparten av dette er igjen knyttet til bruk av ved i husholdningene. En fordobling av dette forbruket, som skissert i Klimameldingen, vil bety en klar omlegging av energibruken fra olje og elektrisitet til bioenergi. Omleggingen forutsetter at myndighetene bidrar til å etablere nye rammebetingelser tilpasset ambisjonene.

Rapporten peker på at det finnes et realistisk potensial både på tilgangs- og på etterspørselssiden i forhold til å nå en målsetting i Klimameldingen om 14 TWh økning i bruken av bioenergi innen 2020. På tilgangssiden vil de vesentlige deler av denne økningen komme fra skogbasert råstoff i form av råstoff som ikke er i bruk i dag (avvirkningsrester – GROT) og fra eksisterende eller ny avvirkning som har alternativ bruk i dag. På anvendelsessiden vil valg av oppvarmingsløsning avhenge av en rekke faktorer, men der graden av forbrukstetthet blant annet vil være sentralt i forhold til valg av fjernvarme- eller punktvarmeløsninger.

Med forbehold om den betydelige usikkerhet som er knyttet til beregninger av fremtidig etterspørsel og tilbud, herunder hvordan aktørene responderer på prisendringer, vil en økning på 14 TWh kunne nås uten ytterligere vesentlig styrket virkemiddelbruk dersom energiprisene holder et vedvarende høyt nivå og kvoteprisene på CO₂ når 200 NOK/tonn som er forventede CO₂-kostnader i Kyotoperioden. Dette krever imidlertid en råvarepris (12 øre/kWh) som er så lav at det ikke kan påregnes at råstofftilbudet utløses gjennom innenlandsk tilgang.

For at innenlandsk råstoff skal dekke opp økt forbruk på 14 TWh krever dette sannsynligvis en råvarepris på minst 20 øre/kWh. Dette gjør imidlertid at etterspørselsøkningen i henhold til beregningene faller til 7,5 TWh. Eventuelt må kvoteprisene på CO₂ øke til 500 NOK/tonn.

Dersom miljøkostnadene ikke internaliseres gjennom kvotepriser vil man ikke uten andre offentlige virkemidler kunne øke forbruket av biobrensler i Norge i vesentlig grad. Bioenergibransjen i Norge er også en umoden næring slik at det selv med sterk økning i oljeprisene og vekst i CO₂-kostnadene, kan være behov for ekstra stimulans i en tidlig fase for å skape et velfungerende marked. Foruten avgifter bør også andre virkemidler vurderes med sikte på å understøtte mer omfattende bruk av biobrensler. Dette gjelder grønne sertifikater som omfatter grønn varme, styrking av Enovas virkemidler, aktiv anvendelse av bygningslov og energilov, hensiktsmessig nettarrifering og virkemidler for å stimulere innenlandsk råstofftilgang. Selve uformingen av disse virkemidlene vil være viktig med hensyn til effektiviteten i virkemiddelbruken. Det er imidlertid vanskelig å drøfte virkemidler uavhengig av underliggende målsettinger.

Økt innenlandsk produksjon av biobrensel har mange positive næringsmessige konsekvenser. Skogbruk og trelastindustrien, som to av de mest distriktsbaserte næringene, vil ha nøkkelroller for utvikling av et innenlandsk marked for biobrensel og også oppnå vesentlige positive effekter. I tillegg til at økt produksjon og forbruk vil ha sysselsettingsmessige effekter knyttet til råstoffuttak, vil det være positive effekter knyttet til transport og forbrenning, men da først og fremst i sentrale strøk. Imidlertid vil, dersom råstoff med alternativ anvendelse i dag tas i bruk, plate- og treforedlingsindustrien kunne oppleve økt konkurranse om, og følgelig økt pris på, råstoffet, som vil være kostnadsdrivende i produksjonen. For virke som ikke har alternative

bruksområder i dag, som GROT og ryddinger av ulik karakter, vil dette ikke ha samme effekt. En virkemiddelbruk som kan øke tilgangen på slikt råstoff vil derfor være formålstjenlig.

Gjennom forbrenning av biobrensel som substitusjon for fossilt brensel vil man kunne få reduserte CO₂-utslipp. Dette er et av hovedargumentene for økt bruk av biobrensel. Imidlertid finnes en utfordring knyttet til lokale partikkelutslipp og NO_x som kan løses gjennom ny teknologi. På tilgangssiden kan økt uttak av biomasse fra skog ha negative konsekvenser for næringsuttak, biologisk mangfold, kulturminner og kulturbetingete naturmiljøer. Økt uttak av biomasse fra skog må derfor følges av klare retningslinjer og kriterier i forhold til nivået på uttak og hvilke områder der økt biomasse ikke er tilrådelig. Økt uttak av biomasse medfører også økt transportbehov og setter krav til vegstandard (akseltrykk, totalvekt og lengde) og effektive logistikk-løsninger, både for at dette skal foregå med så lav kostnad som mulig, men også med hensyn til å redusere miljømessige ulemper.

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

Forslag om økt bruk av bioenergi i det norske energisystemet er fremmet i flere offentlige dokumenter. Den første klimameldingen i forbindelse med oppfølgingen av FNs klimapanel (St.meld. 41 (1994-95)) pekte på økt bruk av bioenergi som et middel for å redusere utslippene av klimagasser. I forbindelse med Stortingsbehandlingen av denne meldingen ble Regjeringen bedt om å fremme et forslag til et energiprogram for nye og fornybare energikilder samt å legge fram en plan for å øke bruken av biobrensel, herunder aktuelle låne- og tilskuddsordninger. Også i St.meld. 38 (1995-96) om gasskraftverk i Norge ble det pekt på at en styrket innsats for fornybare energikilder generelt, og bioenergi spesielt, var en viktig del av en enhetlig energi- og miljøpolitikk. Som ledd i dette ble det i 1996 nedsatt et interdepartementalt utvalg bestående av representanter fra Nærings- og energidepartementet, Landbruksdepartementet og Miljøverndepartementet med sikte på å foreslå en strategi for å realisere mulighetene innen bioenergi. Utvalget la fram sin rapport i 1997 og munnet ut i Varmeanleggsordningen til NVE fra 1997.

Parallelt, men delvis i etterkant, med arbeidet til det interdepartementale arbeidsgruppen for bioenergi ble det gjennomført en offentlig utredning om energimarkedet i Norge ledet av daværende kommunalråd i Bergen kommune Anne-Grete Strøm-Erichsen. Utvalgets innstilling ble ferdigstilt i 1998 (NOU 1998). Denne utredningen peker på mange av de samme utfordringer som ligger til grunn for dette arbeidet. Utvalget skriver i sin oppsummering:

”Stramme miljøkrav og tiltak for å oppfylle målene vil over tid kunne få betydelige følger for energimarkedene og for forbrukerne. Forbruk av fossil energi som gir utslipp av CO₂ til atmosfæren, bør globalt sett ikke fortsette å vokse. En fortsatt økning i energiforbruket som følge av økonomisk vekst bør i langt sterkere grad baseres på fornybare energikilder. Dette vil trolig gi et sterkt press på å omstille økonomien til et vesentlig mindre energiintensivt produksjons- og forbruksmønster.

Miljøutfordringene knyttet til energibruk understreker behovet for å få til en mer effektiv utnyttelse av energiressursene. Energi finnes i mange former, som har ulike kvaliteter. Felles for alle energibærere med høy energikvalitet, som for eksempel elektrisitet, er at de kan brukes til mange formål, jfr. kapittel 4. Oppvarmingsbehov kan derimot dekkes av energiformer med lavere kvalitet, som for eksempel vannbåren varme. Likevel dekker vi i Norge nærmere 70 prosent av oppvarmingstjenestene med elektrisitet. Skal vi unngå å sløse med elektrisitet, vil det over tid være nødvendig å dekke en større andel av oppvarmingstjenestene ved hjelp av energiformer med lavere kvalitet.” (s.11)

Utvalget pekte spesielt på utbygging av infrastruktur for vannbåren varme, herunder også fjernvarme og incentiver for økt bruk av bioenergi som tiltak.

Oppfølgingen av utvalgets arbeid kom i St.meld nr. 29 (1998-99) om energipolitikken. Her kom det frem at spørsmålet om å avvikle arbeidet knyttet til forvaltning av midler til omlegging av energibruk og energiproduksjon i NVE og opprette et eget sentralt organ for energiøkonomisering ville bli vurdert, noe som det ble gjort rede for i Statsbudsjettet for 2001 (St.prp. nr. 1 (2000-2001). I Ot.prp. nr 35 (2000-2001) og behandlingen av denne ble det vedtatt å opprette ENOVA SF som det sentrale virkemiddelet for omlegging av energisystemet.

Norsk klimapolitikk ble igjen gjenstand for diskusjon i St.meld nr 54 (2000-2001) Norsk klimapolitikk og i tilleggsmeldingen til denne (Bondevik II), St.meld nr 15 (2001-2002). Foruten å foreslå et kvotesystem for CO₂, ble det pekt på at det skulle utarbeides en strategi for konvertering fra oljefyring til fornybar energi blant annet gjennom å stimulere til utnytting av biomasse og metangass fra landbruket til energiformål, økt avfallsforbrenning, samt økt bruk av biodrivstoff.

Den seneste gjennomgangen av bioenergi kom i St.meld. nr. 34 (2006-07) Norsk klimapolitikk. Av spesifikke mål relatert til dette er etableringen av en støtteordning til konvertering av oljekjeler til fornybar varme, forby installering av oljekjeler i nye bygg, samt i tillegg vurdere forbud mot å erstatte gamle oljekjeler. Det pekes på at det skal sikres at det i denne forbindelse ikke legges om fra olje til strøm. Regjeringen ønsker også en ”*målrettet og koordinert virkemiddelbruk for økt utbygging av bioenergi med inntil 14 TWh innen 2020*”, samt at den vil vurdere ytterligere opptrapping av tiltak for ny fornybar energi og styrket bruk av bioenergi:

Regjeringen ønsker økt produksjon og bruk av bioenergi. Ulike departementer forvalter virkemidler som påvirker utviklingen i produksjon og bruk av bioenergi. Regjeringen vil sikre målrettet og koordinert virkemiddelbruk for økt utbygging av bioenergi med inntil 14 TWh innen 2020.

Tiltakene vil ta utgangspunkt i eksisterende økonomiske virkemidler og nye eller justerte lovbestemmelser. Tiltakene kan blant annet være støtte til utbygging av infrastruktur, justering av plan- og bygningslovens bestemmelser med sikte på strengere krav til kommunene om planlegging for miljøvennlig energibruk, miljøvennlig materialvalg i bygg og anlegg, målrettet bruk av Enovas og Landbruks- og matdepartementets virkemidler for økt produksjon av biobrensel og leveranse av biovarme.

Også internasjonalt har bruken av bioenergi fått stor og økende aktualitet de siste årene – ikke minst sett i lys av arbeidet for å redusere klimagassutslipp hvor dette vil kunne spille en rolle siden biomassen inngår i et naturlig kretsløp. International Energy Agency (IEA 2007¹) har sett på det potensielle bidraget bioenergi har for verdens framtidige etterspørsel etter energi. Her pekes det både på den raske teknologiutviklingen og at produksjon og forbruk av bioenergi vokser med en svært rask takt. I løpet av århundret kan det forventes at bioenergi vil bli en viktigere energibærer enn mineralolje i dag, og dekke 1/3 av verdens behov for energi.

Også IEA konkluderer med at bioenergi gir utsikter for forretningsutvikling, miljøgevinst og distriktsutvikling i en global skala. Spesielt lovende synes å være utviklingen i forhold til produksjon av elektrisitet i avanserte konverteringsprosesser og produksjon av biomassederviverte drivstoff. Det bemerkes imidlertid at utviklingen krever en sikkerhet internasjonalt (gjennom for eksempel sertifiseringsordninger) for at produksjon av biomasse og biodrivstoff skjer på en bærekraftig måte.

¹ IEA 2007. Potential Contribution of Bioenergy to the World's Future Energy Demand. IEA Bioenergy: ExCo: 2007:02.

Innenfor EU er følgende mål relevante for bioenergiens fremtidige produksjon og bruk:

- EU skal redusere CO₂-utslippene med minimum 20 % innen 2020 – først og fremst gjennom tiltak på energisiden
- Redusere den totale energibruken i EU med 20 % innen 2020
- 20 % av energien i EU i 2020 skal komme fra fornybare energikilder
- Minimum 10 % av energien i transportsektoren skal være biodrivstoff i 2020. Intensjonen er at denne målsettingen skal være bindende for medlemslandene.
- Forskning- og utviklingsaktiviteten for en ny lav- og nullutslipps karbonteknologi skal intensiveres.

I Sverige er bioenergi, i særlig grad basert på skogsråstoff, sagt å spille en stor rolle i arbeidet med å redusere landets oljeavhengighet (Kommissionen mot oljeberoende 2006). Sverige har da også vært ledende i forhold til produksjon og bruk av bioenergi, både uforedlet i form av skogsflis til fjernvarmeverk og foredlet brensel i form av trepellets og -briketter.

”Kommissionen mot oljeberoende” har fremsatt følgende mål for Sverige:

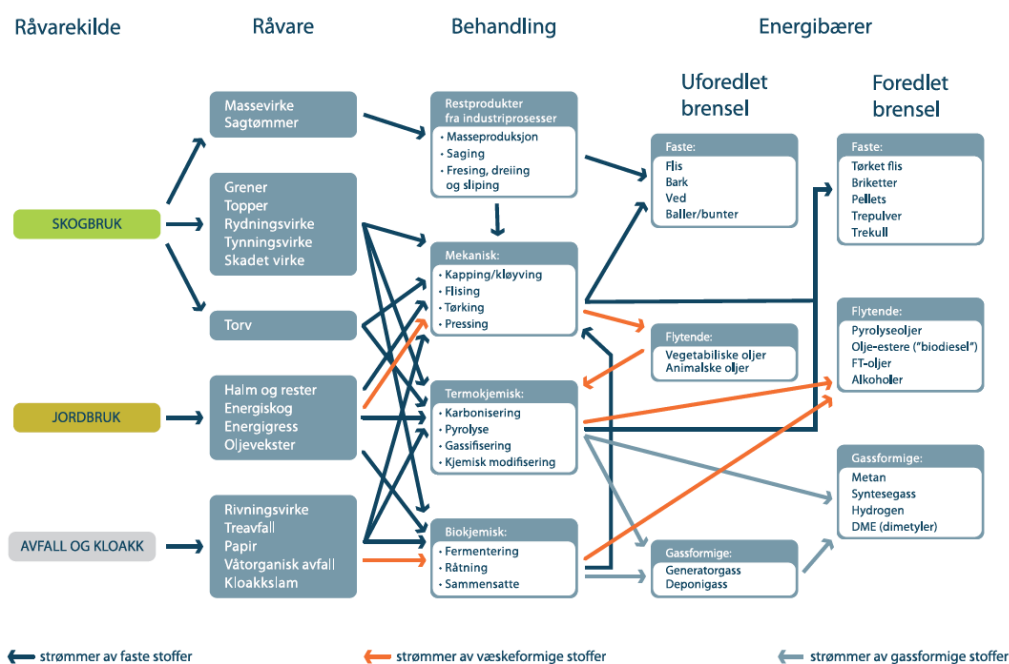
- ”Det svenska samhället bör som helhet till 2020 kunna effektivisera sin energianvändning med ca 20 procent och därigenom samtidigt skapa en fördjupad, kostnadseffektiv och mera långsiktigt hållbar välfärd
- Vägtransporterna skall genom effektivisering och nya bränslen minska oljeanvändningen med 40-50 procent
- Uppvärmningen av bostäder och lokaler skall i princip ske helt utan olja
- Industrin skall minska sin oljeanvändning med 25-40 procent”

Oppsummert har det altså de siste ti år vært en rekke politiske dokumenter i Norge som har pekt på økt produksjon og bruk av bioenergi som et viktig ledd i energiomleggingen og arbeidet for økt energifleksibilitet. Selv om bioenergi gradvis også har fått økende interesse fra kommersielle aktører i takt med økende olje- og elpriser har utviklingen i produksjon og bruk av bioenergi, som vi skal se, hittil ikke stått i forhold til de politiske målsettingene.

Med St.meld. nr. 34 (2006-2007) Norsk klimapolitikk, legger Regjeringen nye føringer for den framtidige satsingen på bioenergi og Regjeringen besluttet i 2007 å utarbeide en egen strategi for økt produksjon og bruk av bioenergi (bioenergiestrategi). Det er denne strategien som er utgangspunktet for denne utredningen. Men la oss først se litt på hva som menes med bioenergi og hvordan bioenergibruken har vært og er i Norge.

1.2 Hva menes med bioenergi og hvordan er dagens bruk

Bioenergi er en samlebetegnelse på energi utvunnet fra biologisk materiale. I mange sammenhenger brukes også begrepet *biobrensel* som altså er biomasse som nyttes til energiformål. Dette favner om foredlet og uforedlet brensel så som organisk avfall, trevirke, ulike jordbruksvekster og biogass. Bioenergi omfatter dermed en rekke råstoff og sluttprodukter som til dels har sammenfallende verdikjeder.



Figur 1 Foredlingsveier for biomasse til energi

Kilde: Fornybar energi (www.fornybar.no)

Biomasse benyttes til en rekke formål som for eksempel fôr, byggematerialer og papir, og den kan også videreforedles til kommersielt interessante kjemikalier. Bruk av biomasse til energiformål konkurrerer derfor om råstoffet med mange alternative anvendelser. Det vanligste bruksområdet for bioenergi er å produsere varme. Det er også mulig å produsere elektrisk kraft, flytende biodrivstoff, biogass og hydrogen fra biomasse.

Biobrensel fra skogen omfatter tømmer som for det meste har alternativ bruk i dag som massevirke til treforedlingsindustrien og sagtømmer til trelastindustrien, samt annet virke som kan flises opp til bruk i fyringsanlegg og biprodukter fra treindustriell produksjon. Videre hogges det betydelige mengder rundtømmer til ved.

Grovt sett kan man skille mellom to hovedtyper trebasert biobrensel:

- Foredlet biobrensel: pellets og briketter, med lavt fuktighetsinnhold og hovedbruksområde i små og mellomstore fyringsanlegg (<2-4 MW).
- Uforedlet biobrensel: Flis enten fra rivningsvirke, heltre eller skogsavfall, med relativt høyt fuktighetsinnhold og hovedbruksområde i større fyringsanlegg (>2MW). I tillegg kan man karakterisere ved som uforedlet biobrensel mest egnet for små anlegg.

Råstoffgrunnlaget for trebasert biobrensel er hovedsaklig

- Hogstavfall (GROT) som flises opp til bruk i flisfyringsanlegg. Ulempen med hogstavfall er at det inneholder relativt mye bark som gir en stor andel aske, samt at det er problemer med fuktighetsinnhold og skitt.
- Tynningsvirke av små dimensjoner, samt virke etter kant- eller traséryddinger hvor hele treet flises opp (heltreflising)
- Rundtømmer som enten flises opp til bruk i flisfyringsanlegg eller hogges (og kløyves) opp til ved.
- Industrielle biprodukter som enten kan brukes direkte i flisfyringsanlegg eller brukes som innsatsfaktor i produksjon av foredlete biprodukter (pelletering/brikettering).

Biobrensel fra skog har, relativt til for eksempel olje, et lavt energiinnhold i forhold til vekt og volum. Det er derfor transportintensivt. Foredlet biobrensel er imidlertid bedre egnet for transport enn uforedlet biobrensel. Brennverdien til uforedlet brensel varierer med type treslag og fuktighetsinnhold. Små anlegg vil ha problemer med å utnytte energien i helt fuktige fraksjoner. Brensel med stort innhold av bark mv. vil ha større askeinnhold som reduserer brennverdien.

Foruten biobrensel fra skogen har vi en rekke andre råstoffgrunnlag for bioenergi som også omtales i rapporten. Dette gjelder

- Jordbruksvekster
 - oljevekster
 - korn og halm
 - gras
 - hurtigvoksende energiskog
- Avfall
 - Avfall fra husholdningene
 - Våtorganisk avfall fra storhusholdninger og butikker
 - Melkeprodukter
 - Slakteriavfall og kjøttbeinmel
- Annet
 - Slam (fra næringsmiddel- og treforedlingsindustri og kloakk-/avløpsslam)
 - Husdyrgjødsel
 - Park- og hageavfall
 - Bygg- og anleggsavfall (emballasje, rivningsvirke, formvirke mv.)

Det teoretiske tilvekstpotensialet Norge er ca. 425 TWh per år, hvorav 100 TWh er akvatisk biomasse. Den årlige tilveksten av skog, torv, halm, husdyrgjødsel og akvatisk biomasse, som i prinsippet kunne benyttes til biobrensel i Norge, er anslått til 140 TWh (Hohle, 2001). Til sammenlikning var samlet innenlands energibruk i 2006 på 222 TWh.

Store deler av biomassen er lite tilgjengelig for energiformål. Den er enten for dyr å utvinne, den brukes allerede til andre formål som produksjon av trelast, papir eller cellulose, eller det er nødvendig å la den være i naturen for å opprettholde økosystemet.

Som vi kommer nærmere inn på i kapittel 2 er det gjort en rekke anslag på ressurstilgangen på biobrensel de siste årene. Utfordringen når det gjelder realistisk potensial for bioenergi er å gå fra det tekniske potensialet til det økonomisk nyttbare potensialet (det vil si til hvilken pris ulike ressurser er tilgjengelig). Flere slike tidligere beregninger er presentert i vedlegg 1, og spørsmålet om økonomisk utnyttbare potensialer står sentralt i denne rapportens kapittel 2 og 3.

Den sentrale statistikkilden for energibruk i Norge er SSBs Energibalansen som følger energiflyten på norsk jord, uavhengig av nasjonaliteten til brukerne. Energi brukt som råstoff, dvs. energi som ikke brukes som brensel, men som innsatsvare i industriproduksjonen, skilles ut fra det øvrige forbruket. All energi brukt til transportformål, uavhengig av forbrukergruppe, samles i en egen sektor. Netto innenlands sluttforbruk viser det teoretiske energiinnholdet i bærere som er levert til sluttforbruk - tilført energi. Verdiene på dette målenivået har dermed en utnytningsgrad eller effektivitet på 100 prosent for alle energibærerne i sluttforbruket. Noe slikt er ikke mulig for andre energikilder enn elektrisitet.

Foreløpig energibalanse for 2006 viser et samlet energiforbruk på 222 TWh, hvorav det stasjonære sluttforbruk (dvs eksklusive transportsektorene) utgjorde 163 TWh.

Tabell 1: Netto innenlands sluttforbruk av energi etter energibærer og bruker. TWh tilført 2006.

	I alt	Kull og koks	Ved, avlut og avfall	Olje-produkter	Gasser	Elektrisitet	Fjernvarme
13. Netto innenlands sluttforbruk	222,1	11,2	12,0	78,2	10,1	107,9	2,6
14. Industri og bergverk	79,5	11,2	4,4	5,9	8,9	48,7	0,3
14.1. Bergverk	1,0	0,0	0,0	0,5	0,1	0,4	0,0
14.2. Treforedling	10,7	0,0	3,1	1,6	0,2	5,8	0,0
14.3. Produksjon av kjemiske råvarer	14,7	1,4	0,1	0,7	6,2	6,2	0,1
14.4. Produksjon av jern-, stål- og ferroleg	9,4	4,4	0,0	0,1	0,2	4,7	0,0
14.5. Produksjon av ikke-jernholdige meta	26,2	1,8	0,0	0,1	0,8	23,6	0,0
14.6. Annen industri	17,4	3,6	1,2	2,9	1,5	8,0	0,2
15. Transport	59,5	0,0	0,0	58,6	0,2	0,7	0,0
15.1. Banetransport	0,8	0,0	0,0	0,2	0,0	0,6	0,0
15.2. Lufttransport	8,7	0,0	0,0	8,7	0,0	0,1	0,0
15.3. Vegtransport	40,0	0,0	0,0	39,9	0,1	0,0	0,0
15.4. Kysttransport	10,0	0,0	0,0	9,9	0,1	0,0	0,0
16. Andre sektorar	83,0	0,0	7,6	13,7	1,0	58,4	2,3
16.1. Fiske	5,0	0,0	0,0	4,9	0,0	0,2	0,0
16.2. Jordbruk	4,0	0,0	0,0	1,8	0,2	2,0	0,0
16.3. Private husholdninger	44,2	0,0	7,4	2,6	0,2	33,5	0,5
16.4. Andre forbrukergrupper	29,8	0,0	0,1	4,4	0,6	22,8	1,8

Kilde: Statistisk sentralbyrå (foreløpige 2006-tall)

Det har vært en sterkere vekst i energiforbruket i Norge siden 1970-tallet enn tilsvarende tall fra Sverige. Som figuren viser har sammensetningen av energiforbruket endret seg i perioden. Økningen i energiforbruket i Norge har hovedsakelig vært knyttet til elektrisitet og i noen grad transportoljer, mens det har vært små endringer for de øvrige energibærerne. Til sammenligning har det i Sverige vært en betydelig reduksjon i forbruket av fyringsoljer til fordel for økt forbruk av elektrisitet og fjernvarme/biobrensel.

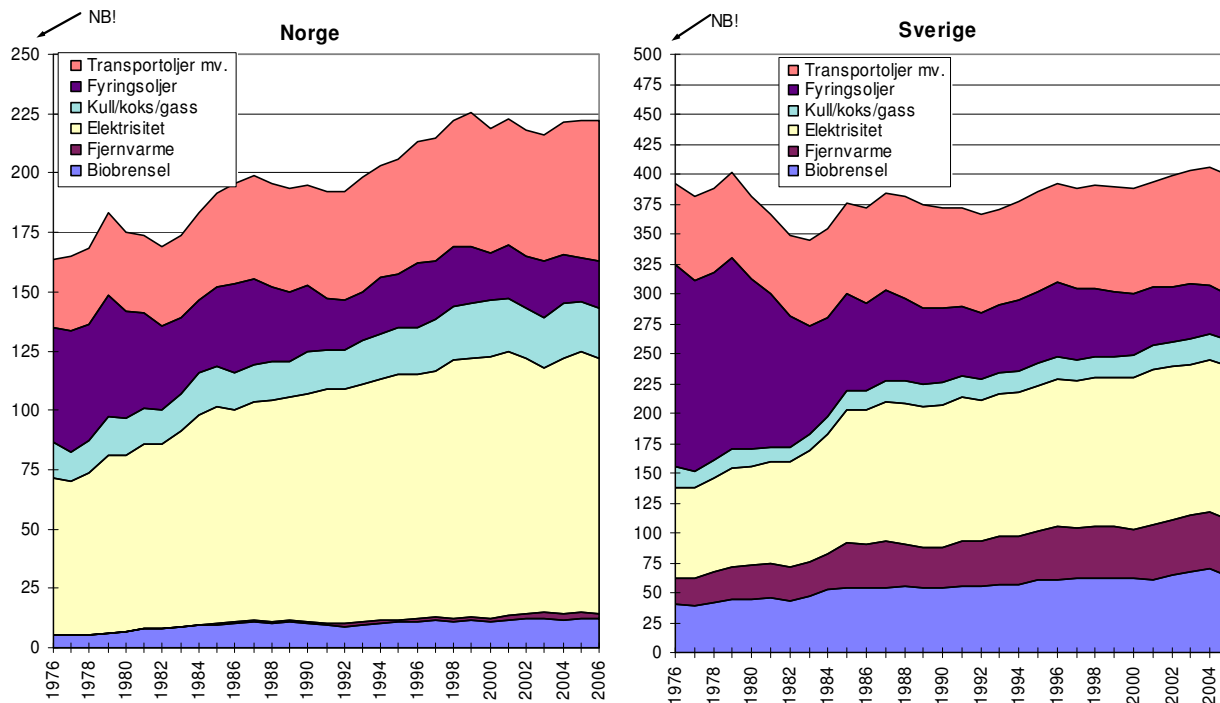
Som det fremgår av tabell 1 står sluttforbruket av biobrensel i form av ved, avlut² og avfall for 12,0 TWh³. Dette er mer enn det dobbelte av nivået i siste halvdel av 1970-tallet, men det har vært moderate endringer de siste 10 år. I tillegg har det over tid utviklet seg en viss fjernvarme-produksjon i Norge hvor biobrensel, først og fremst avfall, er en viktig innsatsfaktor. I 2006 ble det brukt 1,7 TWh avfall og 0,6 TWh trevirke i fjernvarmeproduksjon. En nærmere beskrivelse av strukturen i energibruken og potensialet for økt stasjonær bioenergi er gitt i kapittel 5.

I forhold til Sverige er sluttforbruket av biobrensel lavt både absolutt og relativt til total stasjonær energibruk. I tillegg kommer en langt større fjernvarmesektor som er en storbruker av ulike typer biobrensel. Det finnes flere forklaringer til dette. Blant annet har Sverige en langt større skogsektor (skogbruk og skogbasert industri) som både produserer mye biobrensel i form av treavfall og avlut og som også derfor forbruker mye egenprodusert energi. I tillegg er strukturen på skogbasert industri og spesielt treforedlingsindustrien (produsenter av papirmasse, papp og papir) annerledes. Mens denne industrien i Norge først og fremst består av mekanisk papirmasseproduksjon (TMP) som er en storforbruker av elektrisk kraft og i mindre grad genererer biprodukter er treforedlingsindustrien i Sverige i langt større grad basert på celluloseproduksjon (kjemisk papirmasseproduksjon) som genererer store mengder avlut som

² Avlut er et biprodukt fra celluloseproduksjon. For øvrig omfatter gruppen Ved, avfall og avlut også pellets, briketter, treavfall, sagflis, spon, bark og flis

³ Forbrukstall for ved og avlut i industrien er hentet fra SSBs statistikk over energibruk i industrien. Disse mengdeoppgavene er usikre. Vedforbruket til private husholdninger er basert på data fra den årlige forbruksundersøkelsen. Fra 2003 har det også vært egne undersøkelser om produksjon og bruk av biobrensel. Byrået får nå data fra Norsk Bioenergiforening, som har halvårslige undersøkelser om biobrensel. Pga. revideringer er nye forbrukstall for bioenergi ca. 2 TWh lavere enn tidligere publiserte forbrukstall. Se for øvrig vedlegg 3 for nærmere omtale av SSBs energistatistikk.

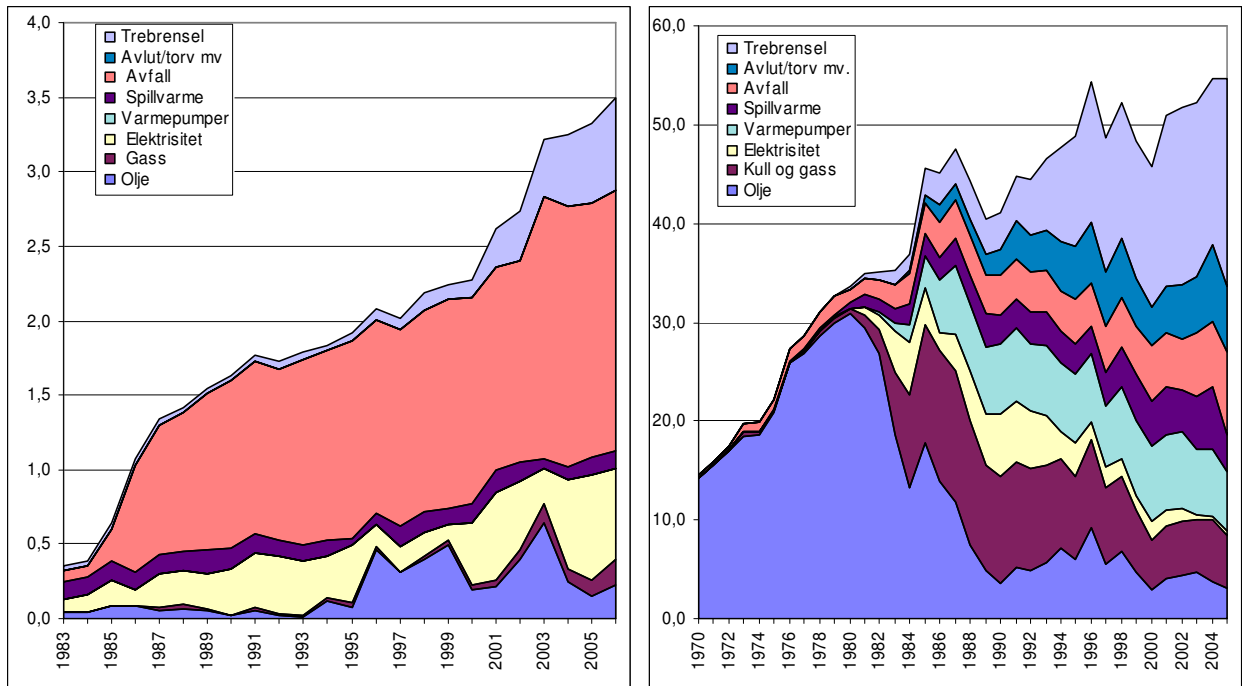
forbrennes og brukes til varme- og elektrisitetsproduksjon. Norge har videre relativt sett en langt større sponplateproduksjon som nytter flis og spon fra trelast-/trevareproduksjon som innsatsfaktor i produksjon av bygningsplater, mens dette i Sverige i langt større grad brukes til produksjon av ferdig biobrensel som trepellets og -briketter til varmeproduksjon.



Figur 2. Utvikling i energibruk i Norge og Sverige fordelt på energibærere.

Kilde: ØF på grunnlag av SSB energibalanse (Norge) og Energimyndigheten/Energiläget (Sverige)

Som nevnt er fjernvarmeproduksjonen i Sverige langt større enn hva tilfellet er i Norge og det er derfor vanskelig å gi noen direkte sammenlikning. Likevel, kan man hevde at norsk fjernvarmeproduksjon i større grad er rent avfallsbasert. Utbyggingen av svensk fjernvarmeproduksjon fram mot 1980 var i stor grad oljebasert. Dette betyr at grunninvesteringer i infrastruktur både i bygningsmassen og i rørgater utendørs, kompetansebygging rundt bruk og distribusjon av fjernvarme, og utvikling av planprosesser knyttet til fjernvarmeutbygging, for å nevne noen momenter, var basert på bruk av olje som innsatsfaktor i varmeproduksjon. Utover 1980-tallet tok andre energibærere i større grad over for olje, mens veksten fra 1990 og fram til i dag har vært preget av at biobrensel har tatt stadig større markedsandeler



Figur 3. Utvikling i fjernvarmeproduksjon og miks av innsatsfaktorer i Norge (venstre figur) og Sverige (høyre figur).

Tall i TWh. Kilde: ØF på grunnlag av SSB Fjernvarmestatistikk og Energimyndigheten

1.3 Utredningens mandat, problemstillinger og angrepsmåter

Med St.meld. nr. 34 (2006-2007) Norsk klimapolitikk, legger som nevnt Regjeringen nye føringer for den framtidige satsingen på bioenergi og Regjeringen besluttet i 2007 å utarbeide en egen strategi for økt produksjon og bruk av bioenergi (bioenergiestrategi).

Økt produksjon og bruk av bioenergi er imidlertid en ambisjon som ikke bare blir begrunnet i klimapolitikken og som tiltak for å erstatte bruk og utslipp fra ikke-fornybare energikilder, men berører en rekke politikkområder. Enerkipolitisk har økt produksjon og bruk av bioenergi blitt sett på som et tiltak for å skape økt fleksibilitet og kapasitetsavlastning i energisystemet. I tillegg kan en voksende bioenergisektor også ha betydning for verdiskaping og sysselsetting i deler av landet med stort behov for næringsutvikling og tilgang på attraktive arbeidsplasser. Videre er det klart at dette vil ha betydning også innenfor sektorer som landbruk og samferdsel. Som en naturlig reaksjon på det positive fokus som bioenergi har fått, er det også naturligvis kommet reaksjoner som virker i motsatt retning og som nyanserer bildet noe. En del av diskusjonen er knyttet til arealbruk – bl.a. i forhold til matproduksjon. En annen er at økt avvirking av skog til bioenergiformål kan også ha negative konsekvenser i at arealer med spesielle miljøverdier kan bli tatt i bruk og/eller at uttaket av avvirkningsrester er av et så stort omfang at næringsemner blir tatt ut på en ikke bærekraftig måte.

Den foreliggende utredningen har hatt følgende mandat i form av OEDs beskrivelse av leveransen/kravspesifikasjon:

Mandat/kravspesifikasjon

Olje- og energidepartementet ønsker å inngå avtale om levering av en utredning som skal inngå i grunnlaget for å utarbeide en strategi for økt produksjon og bruk av bioenergi i Norge.

En forutsetning for økt bruk av bioenergi er at alle leddene fra forsyning av råstoff til energileveranse hos forbruker er til stede og at de er velfungerende. Utredningen skal kartlegge mulighetene for å etablere og videreutvikle velfungerende omsetningssystemer for bioenergi.

Utredningen skal vurdere ressurstilgangen på biobrensler i Norge, den skal også se det aktuelle omfanget av import og eksport. Mulighetene for økt avvirkning og tilgang på biomasse fra hogstavfall og landskapspleie skal undersøkes spesielt.

Utredningen skal kartlegge kostnadene ved å øke tilgangen på biomasse til energiformål. Kostnadene ved å øke tilgangen på biomasse til energiformål avhenger av en rekke forhold. Blant annet avhenger de av type bioenergiprodukt, hvor råstoffet kommer fra og om biobrensel blir produsert som et biprodukt fra annen produksjonsvirksomhet. Biobrensler omsettes ofte over landegrensene slik at priser og andre markedsforhold må vurderes. Kostnadene ved å øke avvirkningen og tilgangen på biomasse fra hogstavfall og landskapspleie skal undersøkes.

Utredningen skal redegjøre for dagens bruk av bioenergi. Brenselsprodukter, forbrenningsteknologier, omsetningssystemer, sluttbrukere og anvendelsesområder skal beskrives. Utredningen skal angi omfanget av dagens bruk av bioenergi, fordelt på disse elementene. Mulighetene for mer effektiv bruk av bioenergiressursene skal drøftes.

Økt bruk av bioenergi kan komme til erstatning for fossilbasert energiproduksjon og dermed gi et bidrag til reduserte utslipp av klimagasser. Bruk av organisk avfall vil redusere utslippene av klimagassen metan. Men det vil også kunne være negative miljøkonsekvenser knyttet til utslipp av andre forurensninger, næringstap i skogbunn, mv. I utredningen skal det gis en oversikt over miljøkonsekvensene av økt bruk av bioenergi.

Økt bruk av biomasse til energiformål kan komme i direkte konkurranse med bruk av biomasse til andre formål. Biobrensler er i mange tilfeller biprodukter slik at tilgang og kostnader er helt avhengig av utviklingen i hovedproduktene. Tilgangen på biomasse til energiformål vil derfor være sterkt avhengig av utviklingen på andre områder. Utredningen skal vurdere de viktigste av disse avhengighetsforholdene.

Utredningen skal vurdere både rammebetingelser som påvirker produksjon og bruk av bioenergi direkte, og rammebetingelser i andre næringer som har betydning.

I utredningen skal mulige næringsmessige konsekvenser av økt produksjon og bruk av bioenergi belyses.

Vår tilnærming

Med fundament i samfunnsøkonomisk teori ønsker vi å først å drøfte potensialet for økt bruk som gjennom dette vil gi kunnskap om tilbuds- og etterspørselsforhold i de relevante markedene, og som danner utgangspunktet for klareringen eller tilpasningen i markedet. Det er imidlertid klart når det gjelder bioenergi vil den privatøkonomiske tilpasningen kunne være forskjellig fra den samfunnsøkonomiske gjennom at produksjon og bruk av bioenergi medfører en rekke eksterne effekter. Vi vil derfor drøfte forhold som vil påvirke samfunnsøkonomisk nytte og kostnad. Rammebetingelser begrunnes ofte med at den privatøkonomiske tilpasning er forskjellig fra den samfunnsøkonomiske og at det derfor trengs offentlige intervensjoner for at private aktører skal tilpasse seg det som ut fra samfunnets side er mer optimalt. Det er en rekke virkemidler i dag som direkte eller indirekte påvirker markedstilpasningen. Utredningen vil gi en oversikt over disse og drøfte hvorvidt og i hvor stor grad disse fører til at eksterne effekter blir internalisert i aktørenes tilpasninger. En hovedoppgave blir da, på bakgrunn av dette, å kunne gi anbefalinger om eventuelle endringer i virkemidler som i tur vil bidra til å kunne videreutvikle omsetningssystemene for bioenergi.

Selve strategien, som består av utforming av konkrete mål/målsettinger, virkemidler, handlingsplaner, organisatoriske løsninger, ansvarsfordeling osv antas å ivaretas i parallelle og påfølgende prosesser. Utredningen bør imidlertid kunne dekke det essensielle analysebehovet for utforming og implementering av strategiene.

Som det vil fremgå er det gjennom åra gjennomført en lang rekke utredninger av potensialene på råstoff- og brukersiden og av kostnader og lønnsomhet. De økonomiske og tidsmessige rammene for denne utredningen gjør at vi i liten grad har kunnet gjennomføre nye selvstendige analyser og har måttet basere oss på å forsøksvis sammenstille det kunnskapsgrunnlaget som ligger i tidligere utredninger. Dette trenger ikke være en ulempe siden det som nevnt foreligger mye godt utredningsarbeide. Men det er et mulig problem knyttet til at det også i mange av de tidligere utredningene ligger mye resirkulerte beregninger, anslag, nøkkeltall mv. av til dels ukjent opphav og relevans i nåsituasjonen.

Rasjonalet for en offentlig inngripen i energimarkedene har tradisjonelt vært begrunnet ut fra markedsimperfeksjoner av ulike slag, dvs. at det er nødvendig med offentlig inngripen for å kunne sikre en samfunnsøkonomisk rasjonell utnyttelse av energiressursene og å redusere negative miljøkonsekvenser av energibruken. Slike imperfeksjoner kan være i form av negative miljøkonsekvenser, monopolistopptreden m.v. som innebærer at ressursbruken ikke blir samfunnsøkonomisk rasjonell selv om aktørene har god informasjonstilgang og foretar handlinger som er privatøkonomisk lønnsomme. Videre kan det være informasjonssvikt eller andre forhold som hindrer aktørene fra å gjennomføre handlinger som er privatøkonomisk lønnsomme, og dermed normalt også samfunnsøkonomisk lønnsomme.

En alternativ tilnærming til utvikling av strategier og virkemidler på bioenergiområdet med utgangspunkt i påviselige markedsimperfeksjoner, er å styre etter politisk omforente kvantitative mål som kan forutsettes å være basert på en totalavveining av ulike samfunnshensyn, herunder internasjonale forpliktelser. Utredningen har derfor også tatt utgangspunkt i de uttalte mål som Regjeringen har uttrykt på bioenergiområdet, først og fremst målet i Klimameldingen om at: *Regjeringen vil sikre målrettet og koordinert virkemiddelbruk for økt utbygging av bioenergi med inntil 14 TWh innen 2020.* Vi har med dette som utgangspunkt drøftet bl.a. muligheter og kostnader ved å realisere et slikt mål på tilgangs-/produksjonssiden, jf. kapittel 2 og 3 og muligheter og kostnader ved å realisere et slikt mål på anvendelsessiden, jf. kapittel 5.

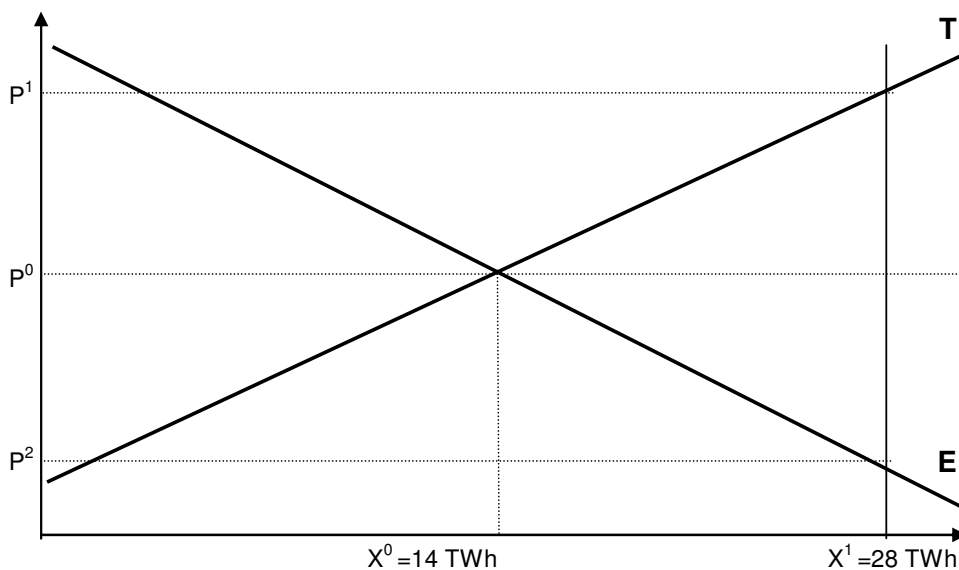
For at målet om 14 TWh skal kunne nyttes som resultatmål for en bioenergi strategi må det klargjøres hvordan det skal måles, hva det skal regnes i forhold til og forholdet til mulige målkonflikter:

- Som omtalt foran ble det i 2006 forbrukt drøyt 14 TWh biobrensel hovedsakelig i form egne biprodukter i skogbasert industri og ved i husholdningene og noe avfall og flis til fjernvarmeproduksjon. Hvis målet knytter seg til bruk av biobrensel og 2006 skal være basisår må altså bruken dobles til over 28 TWh i 2020.
- Stasjonær energibruk varierer mye fra år til år, avhengig av temperaturforskjeller og i noen grad priser. Det kan derfor være rimelig at det velges et basisår med "normale" temperatur- og prisforhold.
- Det må tydeliggjøres om målet skal relateres til tilført og nyttiggjort energi. De nevnte 14 TWh tilført energi biobrensel gir anslagsvis 9 TWh nyttiggjort energi hos brukeren. Med 2006 som basisår må dermed nyttiggjort bioenergi økes til 23 TWh i 2020. Dette er en mer ambisiøs ambisjon enn om målet knyttes til tilført energimengde. På den annen side kan tiltak for måloppnåelse knyttet til tilført energi komme i konflikt med generelle mål om energieffektivisering og redusert energibruk:

- Kraftig subsidiering av bioenergi kan for eksempel ha samme effekt på bioenergimålet som kraftig avgifts-/prisøkning på alternativ energi, men vil ha ulik effekt på samlet energibruk.
- Utskifting av gamle vedovner med moderne rentbrennende, kan redusere/halvere biobrenselforbruket (vedforbruket) og motvirke måloppnåelsen, men samtidig være et godt enøk- og miljøtiltak.
- Det må tydeliggjøres om målet knytter seg til stasjonær energibruk eller også biodrivstoff.
- Det er generelt store svakheter i statistikkgrunnet på bioenergiområdet. Dette må bedres hvis politikken skal innrettes mot kvantitative mål og måloppnåelsen følges underveis.
- Siden biobrensel/bioenergi også er gjenstand for internasjonal handel må det tydeliggjøres om målet gjelder forbruk av bioenergi i Norge, eller også knytter seg til innlandsk produksjon. De miljø- og energipolitiske argumentene for bioenergisatsingen knytter seg i hovedsak til forbrukssiden, mens de næringspolitiske knytter seg vel så mye til produksjon/råstoffsidene. Klargjøring av målet på dette området er avgjørende for mulighetene for måloppnåelse og for valg av virkemidler.
- Videre er det viktig å avklare hvordan et slikt kvantitativt bioenergimål kan virke i forhold til andre uttrykte politiske mål og samfunnshensyn, herunder
 - Skognæringens og LMBs mål om 10 TWh bioenergi innen 2015
 - Enovas styring etter 30 TWh økning i fornybar energi og enøk i 2016 (2001 basis), dvs. 20 nye etter 2008.
 - Klimameldingens mål om økt bruk av trevirke i bygninger som klimatiltak kan være både i konflikt med og forenlig med mål om økt bruk av biobrensel siden de i visse tilfeller er ”konkurrerende anvendelser” og i andre komplementære.
 - Klimameldingens mål om økt CO₂-binding i skog som klimatiltak kan, hvis det måles gjennom økt stående masse være i konflikt med økt uttak av skogsråstoff til bioenergiformål.

1.4 Noen teoretiske betraktninger

Selv om bioenergi åpenbart ikke er ett homogent produkt vil likevel enkel markedsteori kunne gi viktig innsikt i hvilke utfordringer og muligheter man står overfor mht. økt produksjon og bruk av bioenergi og mht. valg av virkemidler.



Figur 4 Markedet for bioenergi i Norge. En prinsippkisse

Figuren illustrerer den situasjon at man i dag har en markedsklaring med omsetning av ca. 14 TWh biobrensel til en pris P^0 og med et mål om tilnærmet doubling.

- Differansen mellom P^1 og P^2 kan tolkes som en skyggepris på det kvantitative målet om 14 nye TWh og angir nødvendig styrke på virkemiddelet, for eksempel nødvendig størrelse på et prissubsidium. Skyggeprisen og virkemiddelstyrken vil avhenge av tilbuds- og etterspørselsetelastisitetene (helningen på kurvene). Jo mindre elastisk tilbud og etterspørsel er (jo brattere kurver) jo større prisøkning må det til for å utløse økt tilbud og jo større prisreduksjon må til for å utløse økt etterspørsel, og jo sterkere må virkemiddelbruken være for å nå målet.
- Hvis produksjon og bruk av bioenergi ikke medfører noen former for eksternaliteter, for eksempel i form av miljøkostnader, vil tilbudskurva gjenspeile samfunnets kostnader ved å fremskaffe ulike kvanta bioenergi og etterspørselskurva samfunnets marginale betalingsvillighet for ulike kvanta. I så fall vil trekantarealet mellom tilbuds- og etterspørselskurva fra X^0 til X^1 uttrykke det samfunnsøkonomiske tapet ved å gjennomføre målet.

Figuren kan illustrere de prinsipielle forskjeller mellom ulike typer virkemidler.

- Måloppnåelse ved subsidiering av produksjon eller bruk av bioenergi kan illustreres ved et positivt skift i tilbudskurva slik at den skjærer etterspørselskurva på målkvantumet X^1 . Den økte tilgangen er da oppnådd gjennom økt produsentpris på bioenergi (fra P^0 til P^1) og den økte bruken gjennom lavere brukerpris på bioenergi (fra P^0 til P^2). Subsidieringen kan isolert sett også forventes å øke det samlede energiforbruket. I tillegg får staten en utgift tilsvarende differansen mellom P^1 og P^2 multiplisert med 28 TWh.
- Måloppnåelse ved avgiftsbelegging av de alternative energibærerne kan illustreres ved et positivt skift i etterspørselen etter bioenergi, slik at den skjærer tilbudskurva på målkvantumet X^2 . Den økte tilgangen er også nå oppnådd gjennom økt produsentpris på bioenergi (fra P^0 til P^1), men nå er brukerprisen på bioenergi økt tilsvarende. Økte energipriser vil også redusere det samlede energiforbruket. I tillegg får staten inntekter fra avgiftene.

Figuren kan til slutt illustrere en situasjon hvor bioenergi omsettes i et verdensmarked hvor prisene kan tas for gitt og upåvirkelig av markedsendringer i Norge, men hvor vi for enkelthets skyld har satt prisen lik initieell markedsklarende pris i det norske marked.

- Skal målet om 14 nye TWh knyttes til forbruket vil skyggeprisen på bioenergiformålet, og nødvendig styrke på virkemiddelbruken, i dette tilfelle bli lavere enn i tilfellet uten handel (nå lik differansen mellom P^0 og P^2).
- Måloppnåelse ved avgiftsbelegging av de alternative energibærerne kan som i forrige tilfelle illustreres ved et positivt skift i etterspørselen etter bioenergi, men nå kun slik at den skjærer verdensmarkedspriskurva på målkvantumet X^2 . Den økte tilgangen er nå i sin helhet hentet utenlands. Ellers er virkningene de samme som i tilfellet uten handel.
- Måloppnåelse ved subsidiering blir nå avhengig av om subsidiene legges på brukersiden eller på innenlandsk produksjon. Legges den på brukersiden sikres den økte bruken gjennom lavere brukerpris på bioenergi (fra P^0 til P^2) og hele forbruksøkningen hentes utenlands. I tillegg kan det påregnes økning i samlet energibruk og en statlig subsidieutgift, dog noe mindre enn i tilfellet uten handel.
- Skal målet fortsatt knyttes til både innenlandsk bruk og produksjon tross importmulighetene må subsidiet knyttes kun til innenlandsk produksjon og dimensjoneres som i tilfellet uten importmulighet. Virkningene for øvrig blir også som i tilfellet uten importmulighet.

2 Potensialer på tilgangssiden for bioenergi

2.1 Innledning

Det er gjort en rekke anslag på ressurstilgangen på biobrensler de siste årene. Utfordringen når det gjelder realistisk potensial for bioenergi er å gå fra det tekniske potensialet til det økonomisk nyttbare potensialet (det vil si til hvilken pris ulike ressurser er tilgjengelig). Dette gjelder spesielt de råstoff som ligger feil til i forhold til brukerne, slik som mye av potensialet i skog og jordbruk er. Ytterligere en dimensjon er da også hvorvidt oppvarmingsstrukturen er tilpasset økt bruk av bioenergi til tross for at det i utgangspunktet kan være lønnsomt. Dette er forhold som i større eller mindre grad er drøftet i flere tidligere utredninger. I vedlegg 1 er det gitt en samlet oversikt over resultatene fra disse.

Det interdepartementale arbeidsutvalget for bioenergi (OED, 1997) gjorde en gjennomgang av potensialet for ulike typer bioenergi. Samlet fant det interdepartementale utvalget at det var et teoretisk potensial på i størrelsesorden 15-18 TWh, men pekte samtidig på at det var urealistisk at dette kunne bli utløst på kort sikt. Til tross for at trelast-/trevareindustrien og treforedlingsindustrien genererte store mengder biobrensel var dette kvantumet i stor grad allerede nyttiggjort i form av produksjon av energi for dekke industriens eget termiske energibehov. Med andre ord det sto ikke en haug med potensiell biobrensel klar for å tas i bruk til bioenergiproduksjon. Energimarkedsutredningen (NOU 1998) presenterte, basert på MARKAL-modellen, en oversikt over teknisk potensial for ulike typer biobrensel, samt realistisk tilgang under ulike scenarier for elektrisitetsprisen i 2020. Utvalget anslo teknisk potensial i 2020 til å ligge i overkant av 30 TWh, det vil si at det var et teknisk uunyttet potensial på 18 TWh i forhold til forbruket i 1997. Imidlertid vil realistisk nivå variere med ulike anslag på elprisen fra 13,5 TWh til 22 TWh (dvs en økning på 1,5, respektive 9,5 TWh, i forhold til 1997 nivået). KanEnergi et al. (2003) gjennomførte en ny vurdering av råstoffpotensialet for biomasse i Norge for Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE). Her fant man at det er potensial for økt anvendelse på 27-31 TWh, hvorav 3,7 TWh fra trelastindustrien og 12-16 TWh fra skogbrensel (hogstavfall, lauvtrevirke mv.). Østlandsstudien (Norsk Energi 2005) gjorde på basis av de tidligere arbeidene et forsøk på å beregne potensialet i Østlandsregionen og fant at det kan leveres om lag 11 TWh bioenergi (utover dagens bruk) til under 20 øre/kWh innfyrt i regionen fordelt på ulike typer trebrensler, avfall, halm/kornavrens og biogass. I KanEnergi (2007) er det forsøkt å uttrykke potensialet for økt bruk av bioenergi i Norge fordelt på ulike kostnadsklasser. Det vil si, hvilken råstoffpris kan ulike biobrensler kunne frigjøre til energiformål. De fant at ut fra et potensial på 23,4 TWh til en pris under 20 øre/kWh ville over halvparten, eller 12,6 TWh utløses først på en pris mellom 15 og 20 øre/kWh.

Økt bruk av bioenergi medfører enten at det bioenergi velges i ny kapasitet (ny bygningsmasse) eller at det fortrenger annen energi i eksisterende bygningsmasse. Det vil si at realistisk potensial for råstoff vil avhenge av strukturen på brukerne. I sitt forskningsprosjekt (Trømborg

et al. 2007) om bioenergimarkedet i Norge har Universitetet for miljø- og biovitenskap (UMB) prøvd å koble tilgangspotensialet med strukturen på oppvarmingsmarkedet i Norge gjennom utvikling av en såkalt partiell likevektsmodell som er kalt NTM II. De fant at potensialet for bioenergi til oppvarming (både vannbåren og punktoppvarming) i den eksisterende bygningsmasse og nye bygg er om lag 23 TWh inkludert dagens produksjon i skogbasert industri og avfallsforbrenningsanlegg. Gitt dagens nivå på om lag 12 TWh gir dette en mulig økning i forbruket på 11 TWh.

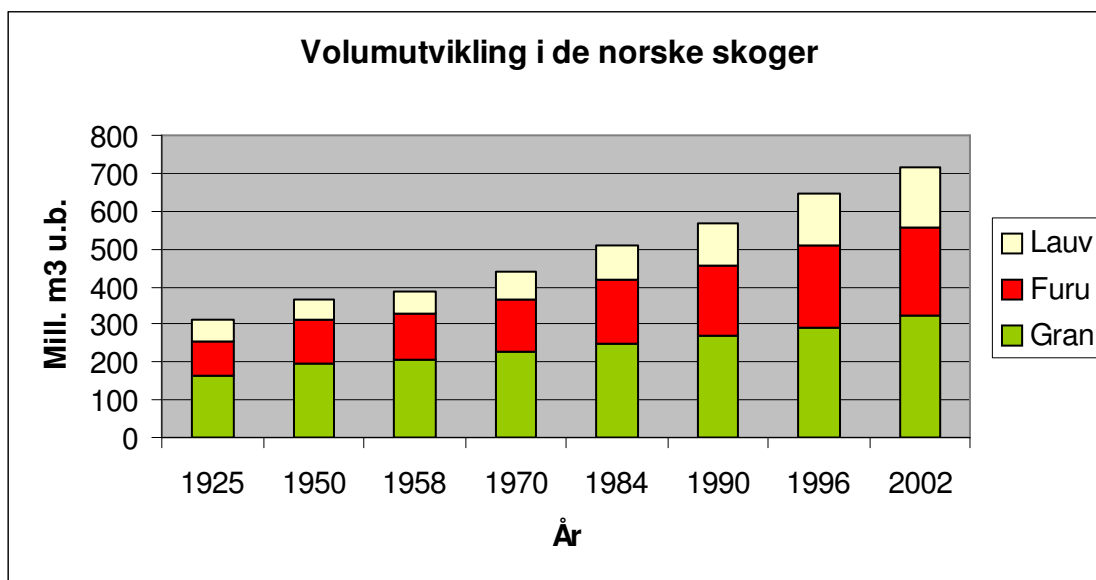
Ut fra studiene som det er referert til her vil et realistisk potensial for produksjon og bruk av bioenergi utover det som er i dag være i størrelsesorden 10-15 TWh. På noe lengre sikt, avhengig av energiprisene, vil tilgangen kunne økes både i jomfruelig virke og i gjenvinningsvirke fra bygg- og anleggsbransjen. Mye av dette potensialet avhenger imidlertid av utbygd infrastruktur til fjernvarme.

I det følgende vil vi gjøre en bred gjennomgang av potensialet for biomasse til energiformål. Når det gjelder kostnadene knyttet til jordbruksvekster, avfall, slam mv. vil det bli beskrevet underveis. For nærmere drøfting av hva som skal til for å utløse økt tilgang på trebasert brensel vises det til kapittel 3.

2.2 Råstofftilgang fra skogen

2.2.1 Innledning

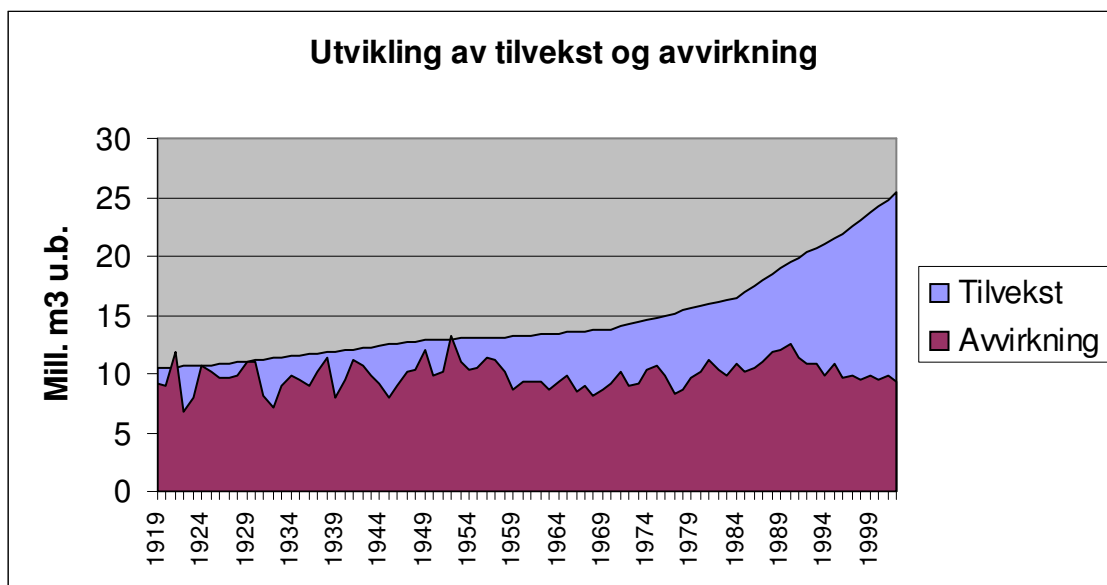
Råstoffanalysene i dette notatet er basert på resultatene fra den norske Landsskogtakeringen. Fra starten i 1919 og fram til i dag er hele landet (unntatt Finnmark) taksert åtte ganger. Den åttende taksten ble gjennomført i perioden 2000-2004. Resultatene viser at det har skjedd en positiv utvikling både med hensyn på utviklingen i stående volum og årlig tilvekst.



Figur 5 Utvikling i stående volum.

Stående volum har økt fra 312 mill. m³ under bark i 1925 til 715 mill. m³ i 2002. En kan også merke seg at relativt sett har det stående volmet av furu og lauv økt mest. Utviklingen i det

stående volumet er bestemt ut fra utviklingen i tilvekst og avgang (avvirkning og naturlig avgang).



Figur 6 Utvikling i årlig tilvekst og avvirkning.

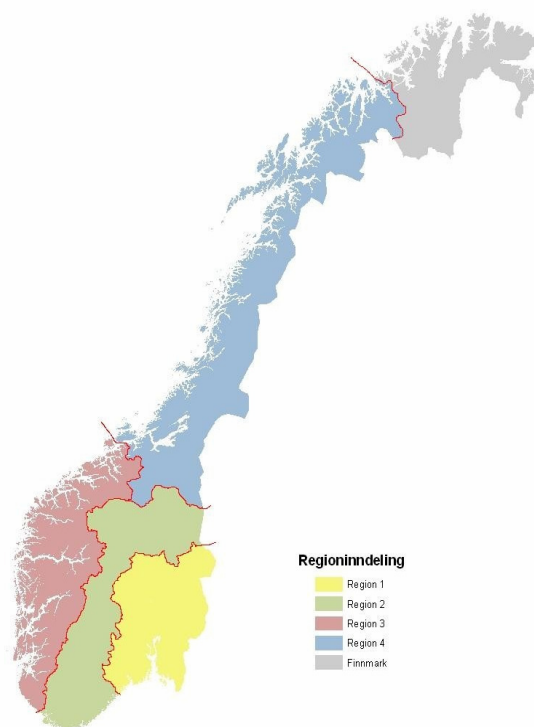
Tilveksten har i perioden økt fra 10,5 mill. m³ til 25,4 mill. m³ i 2002. Utviklingen i tilvekst viser også en kraftig økning de siste 15 år. Dette henger sammen med den kraftige satsingen på skogkultur på slutten av 50-tallet og framover, og viser noe av langsiktigheten i skogbruket. Når det gjelder avvirkningen har den ikke forandret seg særlig mye siden 1919 selv om både tilvekst og stående volum har mer enn fordoblet seg.

2.2.2 Beregning av potensielt uttak av biomasse fra skogen

Utviklingen i stående volum og tilvekst i forhold til avvirkningen skulle tilsi at det kan være muligheter for en kraftig økning i avvirkningen i de norske skoger. Det er imidlertid viktig å være klar over at avvirkningen i forhold til ressursene varierer sterkt mellom:

- Geografiske regioner
- Treslag
- Boniteter
- Eiendoms kategorier

For å belyse de geografiske variasjoner har vi delt landet i fire regioner der vi har delt inn etter skogtilstand og etter avvirkning. Inndelingen bærer også preg av at regionene må ha en viss størrelse for at antall permanente flater kan gi tilstrekkelig nøyaktighet. I grove trekk er region 1 lavlandet på Østlandet, og region 2 er dal- og fjellområdene på Østlandet samt Sørlandet. Region 3 er Vestlandet og region 4 er Trøndelagsfylkene, Nordland og Troms.



Figur 7 Regioninndeling.

Skogproduksjon har et svært langsiktig perspektiv da det tar fra 60-120 år fra planter er etablert til trærne sluttavvirkes. Når en skal se på bærekraftig avvirkning, er det derfor nødvendig å analysere langt inn i framtiden. På grunnlag av data fra den 8. landstakst (2000-2004) er det utført langsiktige avvirkningsanalyser over potensiell avvirkning over en 100-årsperiode. Som mål på et langsiktig avvirkningskvantum er brukt balansekvantumet. Balansekvantumet er det høyeste kvantum en kan hogge i dag uten at en behøver å senke det i framtiden for et gitt skogbehandlingsprogram. Beregningene er gjort 100 år fram, og vi har forutsatt et relativt høyt aktivitetsnivå i skogkultur. Tidligere beregninger viser imidlertid at et lavere skogkulturnivå hovedsakelig får effekt mer enn 100 år frem i tid.

I dagens skogbruk er det stort sett stammen på treet som blir benyttet. Krav til minste toppmål og krav til kvalitet har også ført til at en del av stammen blir kappet bort og blir liggende igjen i skogen. Når det gjelder bioenergi, kan hele treet stort sett benyttes, dvs. både topp, avfall, greiner, stubber og grove røtter. Både i Sverige og Finland drives det utstrakt forskning med å finne metoder for å utnytte så mye som mulig av treet til bioenergi.

Greiner, stubber og røtter er ikke enkle å måle på en økonomisk forsvarlig måte. Det er derfor utviklet funksjoner for sammenhengen mellom stammens form og mengde greiner og røtter. Her er brukt funksjoner av Marklund (1988) som har utviklet slike funksjoner i Sverige i forbindelse med den økende interesse for hele treets biomasse i forbindelse med bruk av skogen til bioenergi. Fordelingen av biomassen mellom de ulike tredeler vil avhenge av treets størrelse. Ved prognoser for en større region er det estimert gjennomsnittstall som gir et inntrykk av hvordan biomassen for et gjennomsnittlig avvirkningskvantum er fordelt på ulike tredeler for ulike treslag:

Tabell 2: Fordeling av biomasse på tredeler.

Tredeler	Prosentisk fordeling av biomasse på tredeler		
	Gran	Furu	Bjørk
Greiner	17%	14%	18%
Stamme med bark	62%	65%	70%
Stubbe/grove røtter	21%	21%	12%

Nå omsettes ikke hele stammen til tømmer eller ved. Topp og avfall (ikke høy nok kvalitet) blir liggende igjen i skogen. Dette utgjør omtrent 10 % av stammen i gjennomsnitt. Denne biomassen kan imidlertid godt brukes til bioenergi sammen med greiner og topp (GROT). Noe av biomassen bør legges igjen i skogen av flere årsaker, og vi har forutsatt i alle beregninger at nåler og blader blir liggende igjen i skogen etter drift. I Finland bruker de som tommelfingerregel at 30 % av hogstavfallet bør ligge igjen på hogstflata. Dette øker effektiviteten i høstingen samt minker næringstapet på hogstflata. I Sverige er det vanlig å la virket ligge til tork på hogstflata, med den følge at nåler og småkvist faller av. Et grovt estimat av biomassens fordeling på dagens utnyttning (tømmer) og et øket potensial ved bruk av GROT og stubber og grove røtter vil da bli i størrelsesorden 55 % og 45%. Dette gir en betydelig øket utnyttelse av treet til bioenergi enn ved vanlig utnyttelse. Økonomiske forhold vil imidlertid redusere utnyttelsen av GROT og stubber/røtter betydelig i forhold til stammemasse.

Forutsetningene som er gjort for prognosene for uttak av stammevirke, GROT og stubber/røtter er gitt i Vedlegg 2.

På grunnlag av dagens skogsituasjon er det utført prognoser over framtidige avvirkningsmuligheter. Modellen angir mulige avvirkningskvanta som brutto stammemasse, det vil si at vi har med volumet av hele stammen i beregningene. Slike bruttoberegninger er utført med data for all produktiv skog som er anvendt til skogbruk innen regionene. En del arealer vil imidlertid være av en slik kategori at det ikke vil være lønnsomt å drive. Det reduserte arealet beskriver avvirkningsanalysene utført på antatt økonomiske arealer. Disse vil variere med prisen på tømmer og de rammebetingelser som gis fra offentlige myndigheter.

Fra et slikt bruttokvantum må vi trekke for topp og avfall for å komme fram til forventet virkeskvantum for salg og til hjemmeforbruk. I tillegg må det reduseres for miljøhensyn som må ivaretas ved salg av virke. Begge disse størrelsene er vanskelig å estimere, men med støtte i tidligere beregninger har en anslått en reduksjon på 10 % for topp og avfall, og en tilsvarende 10 % reduksjon for miljøhensyn. Dette kvantum er angitt som netto balansekvantum og kan sammenlignes med avvirket kvantum for å vurdere hvordan ressursene utnyttes. I tillegg til kvantumsprognose ble mengden av GROT og stubber/røtter beregnet for de arealer vi vurderte som økonomisk drivverdige. Resultatene fra beregningene er presentert under.

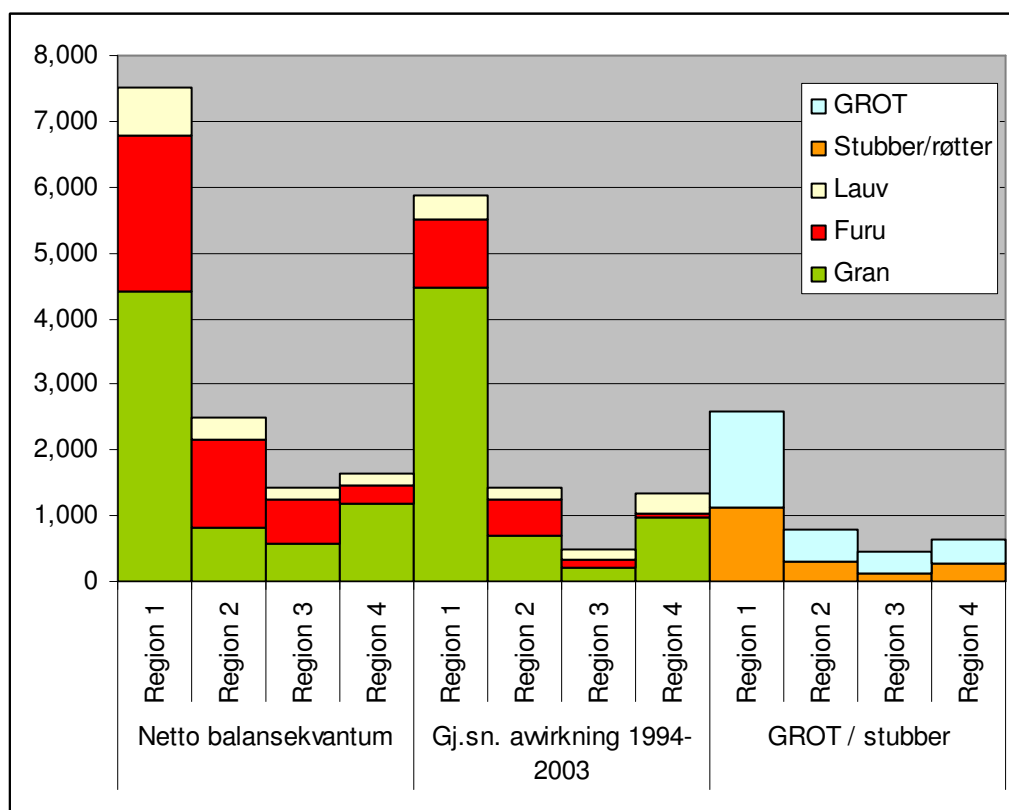
Tabell 3: Framtidige avvirkningsmuligheter i stammevolum, GROT og stubber og røtter fordelt på regioner

	Brutto balansekvant. Mill. m ³	Netto balansekvant. Mill. m ³	Gj.sn. årlig avvirk. Mill. m ³ 1994-2003 ¹⁾	Potensial i økonomisk drivverdige områder, Mill. m ³	
				GROT	Stubber og røtter
Region 1	9,8	7,5	6,1	1,48	1,12
Region 2	3,7	2,5	1,5	0,49	0,29
Region 3	2,7	1,4	0,5	0,33	0,13
Region 4	3,4	1,7	1,4	0,39	0,26
Totalt	19,6	13,1	9,5	2,69	1,80

¹⁾ Inkluderer et anslag på vedhogst

Som det framgår er det fra et brutto balansekvantum på 19,6 mill m³ er det beregnet et netto balansekvantum på totalt 13,1 mill m³. Dersom dette kan antas å være et tak for avvirkningen er

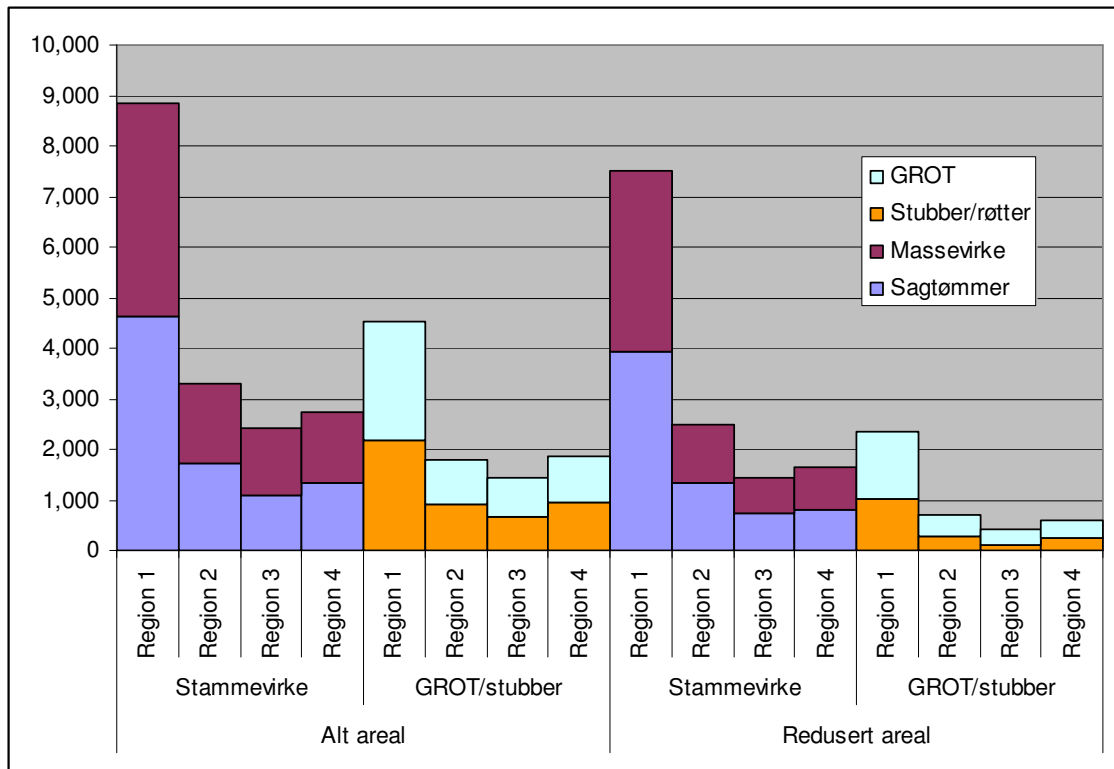
det et potensial for økt avvirkning på om lag 3,5 mill m³. I tillegg er det beregnet et mulig uttak av GROT på om lag 2,7 mill m³, og på stubber og røtter på om lag 1,8 mill m³. Mulighetene variere ikke bare mellom regioner men også mellom treslag.



Figur 8. Netto balansekvantum og gjennomsnittlig årlig avvirkning fordelt på treslag, samt potensielt uttak av GROT og stubber/røtter i 1000 m³ fordelt på regioner.

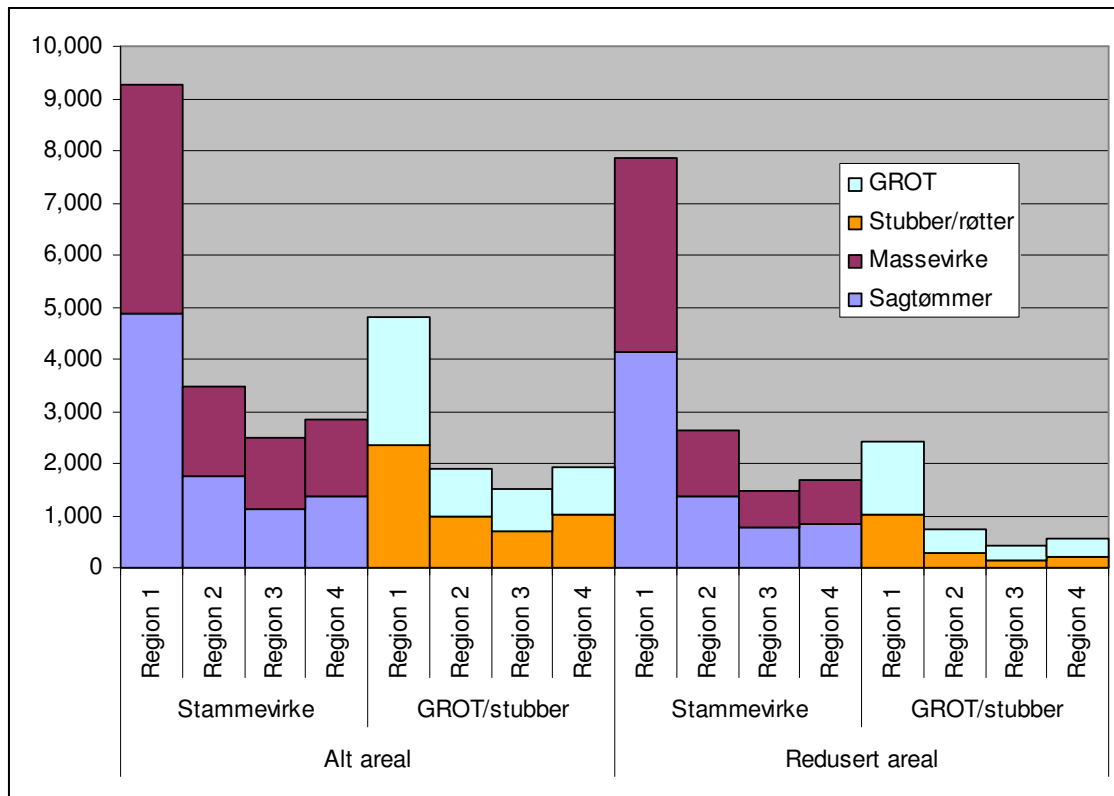
Med utgangspunkt i gjennomsnittlig årlig avvirkning i perioden 1994-2003 viser det seg at potensialet i økt avvirkning av gran er lite dersom en sammenholder med beregningene av netto balansekvantum. Imidlertid fins det, for alle regioner, et relativt stort potensial i økt avvirkning av furu og lauv. Det framgår også at potensialet for uttak av GROT og stubber/røtter er klart størst på lavlandet på Østlandet og til dels også relativt større enn de andre regionene. Dette skyldes hovedsakelig at forhold som terrenghelning, avstand til vei og bonitet gjør uttak av slikt virke mer aktuelt. GROT-volumet er også høyere i de deler av landet som har mest gran pga den relativt større mermassen som finnes på et grantrø i forhold til for eksempel furu.

Fra en bioenergibetraktning vil, alt annet likt, det billigste virket først brukes som biobrensel og massevirke vil således være mer aktuelt enn sagtømmer som har en høyere alternativ verdi. Dersom vi splitter stammevirket i massevirke og sagtømmer, vil potensialet i alt areal og det reduserte areal være som gitt under.



Figur 9. Fordeling av balansekvantum massevirke og sagtømmer samt potensialet for uttak av GROT, stubber og røtter på alt areal og redusert areal

Skogens tilvekst er et resultat av næringsinnholdet i jorda og klimaet. I tillegg kan produksjonen økes ved aktiv gjødsling. Vi er nå inne i en periode med økende temperatur som i Norge stort sett vil ha positiv effekt på skogtilveksten. I tillegg vil det ved økende priser på virke kunne være aktuelt å gjødsle visse deler av arealet. Det er vanskelig å forutsette effekten av dette, men en har her analysert effekten av en økning av tilveksten fra tilvekstfunksjonene på 10 %. Dette alternativet er benevnt med økt produksjon. Resultatene fra disse prognoseberegningene er presentert under.



Figur 10. Potensielt uttak av stammevirke og GROT, stubber og røtter med 10 % økt produksjon enn i dag, fordelt på alt areal og redusert areal.

2.2.3 Biomasse fra rydding av kulturlandskap mv.

Rydding av kulturlandskap som ledd i skjøtsel, vegtraseer, tomtearealer vil få økende aktualitet, i og med at råstoffet her i utgangspunktet har en relativt lav verdi og således egnet til energiproduksjon. I hvert fall gjelder dette det virket som ikke har alternativ verdi.

Endringer i jordbrukslandskapet er en kontinuerlig prosess og kan skyldes endrete økonomiske forutsetninger, landbrukspolitikk og andre forhold. Uansett får ofte endringer i produksjonsmetoder eller produksjoner konsekvenser for kulturlandskapet. Til tross en veldig nedgang i antall bruk de siste tiårene viser imidlertid statistikken bare en liten nedgang i jordbruksarealet (SSB 2006). Det synes derfor som om mesteparten av jordbruksarealet fremdeles drives, men av færre bønder. Likevel har endringer i kulturlandskapet i form av gjengroing av tidligere åpne arealer, fått relativt mye oppmerksomhet. Dette dreier seg sannsynligvis om brattlendte arealer (som er lite egnet for effektiv jordbruksproduksjon, men som er svært synlig fra veier og ferdselsårer) og tidligere drevne arealer i utmarka, for eksempel setervoller. For eksempel var antallet aktive setrer i 2004 var 2200, sammenlignet med 26400 i 1939. På grunn av bekymringen for kulturlandskapet er det vedtatt politiske mål som sier at andelen jordbruksareal som bygges ned skal halveres innen 2010. I St.prop. nr. 1 (2004–2005) heter det at ”spesielt verdifulle kulturlandskap skal være dokumenterte og ha fått ein særskild forvaltning innan 2010.” Videre at ”ein må skjøtta område som gror igjen med skog både med tanke på næringsbruk og rekreasjonsverdi.”

Som ledd i arbeidet mot gjengroing har alle fylker tiltak innen regionale miljøprogram rettet mot å begrense gjengroingen av jordbrukslandskapet. Resultater fra prosjektet ”Tilstandsovervåking og resultatkontroll i jordbrukets kulturlandskap” ved Skog og Landskap som ble igangsatt i

1998 viser at det i løpet av de fem årene fra første til andre omdrev var en netto nedgang i jordbruksareal på ca. 2–3 %. En gjengroing på 2 % på landsbasis tilsvarer 176.000 daa. Bruker vi produksjonstall for Salix (SLU 2006), med maksimalt 1 tonn tørrstoff pr. daa og år, tilsvarer dette en produksjon på 176.000 tonn, eller tilsvarende maksimalt 800 GWh (4.500 MWh pr. tonn). Dette er imidlertid maksimal produksjon, og sannsynligvis kan ikke slike tall brukes fordi hensikten med å verne kulturlandskapet er å holde dette åpent og/eller stelt og da ikke bruke det til produksjon av energivirke. Denne produksjonen vi dessuten ligge spredt, og være vanskelig å høste systematisk. Det realistiske potensialet for uttak av biomasse fra kulturlandskap kan derfor anses å være betydelig lavere.

Ørbeck og Størdal (1996) konkluderte at det kanskje var et potensial på 250.000 m³ flis fra ungskogpleie, mens det for rydding av vei- og jordekanter var et visst potensial, men at det var vanskelig å gi eksakte anslag på hvor store mengder dette dreide seg om.

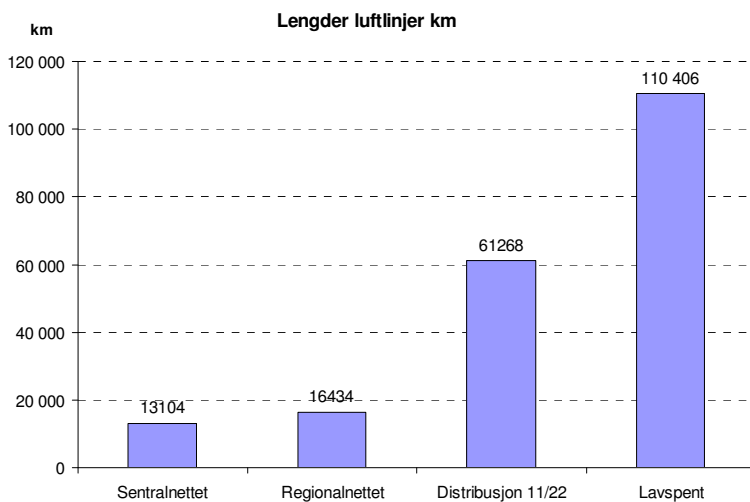
Når det gjelder potensialet som ligger i uttak av biomasse fra vegtraseer, tomter mv. finnes det per i dag ingen oversikt over dette. Imidlertid ser flere skogeierandelslag, for eksempel Viken Skog, et potensial i uttak av heltreflis fra slike arealer. De peker imidlertid på at i de fleste tilfeller, med dagens prisnivå på tømmer til industrielle formål, vil ta ut stammevirke for seg og GROT og mindre trær da til skogsflis.

Det mangler som nevnt en total oversikt over potensialet som ligger i uttak fra kulturlandskap og ryddinger av ulike karakterer. Vi tror imidlertid med utgangspunkt i det materiale som foreligger at et realistisk potensial vil ligge i størrelsesorden 0,5-1 TWh.

2.2.4 Biomasse for energiproduksjon under kraftlinjer⁴

Høy kraftproduksjon og spredt bosetting gjør at det finnes svært mye kraftlinjer i Norge. El-nettet eies av i overkant av 150 nettselskap, hvorav de 10 største eier 46 % av nettet. Lavspentnettet (220-440 V) skal ikke være i kontakt med trær, men har en smal ryddegate og representerer derfor ikke noe vesentlig potensial for biomasseproduksjon. For de øvrige linjetyper ryddes skog i bredder fra 9 til ca 40 meter (kant til kant). Ryddefrekvensen avhenger av årlig lengdetilvekst og avstand fra bakke til ledning. Årlig lengdetilvekst varierer fra nær 0 til over 2 meter pr år. Sentralnettet ryddes som et gjennomsnitt med ca 10 års frekvens, mens distribusjons- og regionalnettet ryddes med 6-10 års frekvens. De delene av nettet som går over lavproduktive områder vil imidlertid ryddes sjeldnere. Figuren under viser hvordan til sammen over 200 000 km med luftlinjer er fordelt på ulike linjetyper.

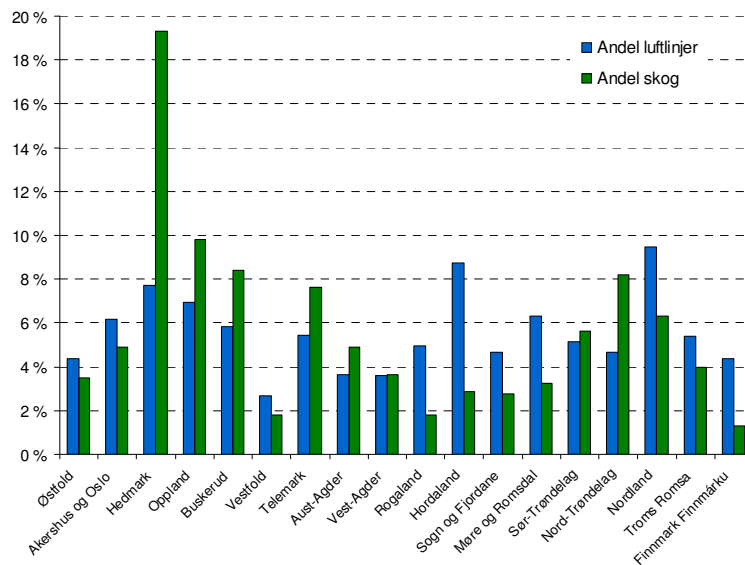
⁴ Dette avsnittet baserer seg på et notat fra Erik Trømborg, Nettskog AS



Figur 11 Kraftlinjer i Norge fordelt på spennings typer.

Kilde: NVE 2004

Sentralnettet berører et tverrsnitt av vegetasjonstypene i Norge, men regional og distribusjonsnettet er lokalisert i forhold til el-forbrukets lokalisering, dvs hvor folk bor. Disse linjetypene vil derfor berøre skog med høyere bonitet enn hva som er gjennomsnittet for skog i Norge. Figuren underviser hvordan elnettet (luftlinjer) og skogen er fordelt på fylke. Figuren inkluderer alle linjetyper.



Figur 12. Fordeling av skogareal og luftlinjer på fylke.

Kilde: SSB Skogstatistikk 2005 og SSB Elektrisitetsstatistikk 2005.

En detaljert analyse av de skoglige forholdene krever detaljert informasjon om linjenes lokalisering. Slik informasjon finnes i det enkelte nettselskap, og enkelte selskap har detaljert informasjon om skogforholdene under linjenettet. I Tab. 1 gis et anslag på skogandel, bonitetsfordeling og samlet biomasse og energiproduksjon under høyspentlinjer i Norge.

Tabell 4. Estimering av skoglig biomasse under kraftlinjer.

Nett	Antall km	Trasé-bredde	Andel skog	Antall dekar skog	Lav bonitet	Middels bonitet	Høy bonitet	Sum årlig tilvekst	Brutto energi-innhold
Sentralnettet	13 104	32-40	50 %	236 000	30 %	50 %	20 %	94 000	0,19
Regionalnettet (33-50-66 kV)	16 434	18-26	65 %	235 000	30 %	50 %	20 %	94 000	0,19
Distribusjon 11/22 kV	61 268	9-15	60 %	441 000	20 %	50 %	30 %	199 000	0,40
Sum	90 806			912 000				387 000	0,77

Merknad: Årlig biomassetilvekst er satt til 0,2 fm³/år for lav bonitet, 0,4 fm³/år for middels bonitet og 0,7 fm³ for høy bonitet. Estimerer fra Nettskog as (www.nettskog.no).

Sentral- og regionalnettet representerer en langstrakt ressurs. Distribusjonsnettet 11/22 KV har flere forgreninger og mer linjelengde innen for et geografisk område, men kraftgatene er smalere. I distribusjons- og regionalnettet skal avstanden fra ledning til vegetasjon være minst 3 meter og høyden på vegetasjonen vil ofte være fra 5-8 meter før den må hogges. I sentralnettet er minstekravet til avstand til vegetasjon 7 meter og ryddes det ofte på vegetasjonshøyder fra 6-10 meter. I områder hvor terrenget gjør at skogen kan tillates å bli høyere, vil terrenget ofte være mindre framkommelig. Kostnadene ved uttak kan sammenlignes med høstning av hogstavfall, men det vil være mulig å optimalisere prosessen med rydding og utkjøring, med kostnader om lag som ved uttak til energiproduksjon i ungskogpleie og 1. gangs tynning av skogbestand.

Avstand til bilveg og vekslende mengde biomasse når linja går over ulike vegetasjonstyper, vil begrense det økonomiske potensialet for utnyttelse av denne ressursen. Gode ressursoversikter/ryddeplaner er en forutsetning for en effektiv logistikk. En fordel ved uttak av biomassen er at det gir høyere fremkommelighet og på sikt reduserer veksterligheten noe, slik at ryddefrekvensen kan reduseres. Samlet sett er et anslag for potensialet for uttak av biomasse i kraftgater 0,4-0,5 TWh årlig med om lag samme fordeling av uttakskostnader som ved uttak av hogstavfall ved sluttavvirkning.

2.3 Biprodukter fra treindustrien

Hovedtilbyderen av industrielle biprodukter på markedet er trelast-/trevareindustrien. I følge offentlig statistikk⁵ ble det fra store foretak i 2006, omsatt 885.000 tonn flis og spon⁶ for 386 mill kroner samt 331.000 tonn sagflis for 90 mill kroner, samt treavfall⁷ for 99 mill kroner. Det store antall mindre bedrifter i denne industrien gjør at man er henvist til å gjøre anslag på produksjonen.

Biprodukter fra treindustrien omhandler grovt sett råstoffragmentene:

- bark/rotreducererflis. Dette er råstoff som i all hovedsak brukes for å dekke industriens eget termiske energibehov (tørking av trelast mv.). Dette er råstoff som har en negativ alternativverdi bortsett fra mindre kvanta som går til dekk- og hagebark. Det er et billig råstoff for industri samtidig som det altså allerede i dag er inkludert som biobrenselbruk.

⁵ Tallene omfatter hovedsakelig store foretak med minst 20 sysselsatte innen industri.

⁶ Prodcom-kode 20.10.23.03 Tre i form av fliser eller spon, av bartrær

⁷ Prodcom.koder 20.10.40.05 Sagflis, og 20.10.40.09 Treavfall, unntatt sagflis, også agglomerert til briketter, pelleter eller liknende

- Tørre biprodukter og sagflis. Dette er råstoff som enten brennes i industriens egne fyrkjeler eller som selges til sponplateindustrien. Som følge av vekst i produksjon av foredlet biobrensel (pellets og brikker) er det blitt større konkurranse om dette råstoffet. Dette kan etter hvert gå utover en (relativt til Sverige) stor norsk sponplateproduksjon da prisen kan forventes å øke.
- Rå celluloseflis. Dette er råstoff som hovedsakelig anvendes som innsatsfaktor i treforedlingsindustrien, men går også til produksjon av trefiber- og sponplater. Prisene på denne fraksjonen har økt de siste årene og ligger nå på et nivå om lag som massevirke
- Trelast/trevarer. Dette er også produkter som teoretisk kan brukes som bioenergi. Man kan imidlertid utelukke dette i og med høy verdi. Imidlertid kan resirkulert trelast i form av rivningsvirke brukes som biprodukter for eksempel i fjernvarmeverk.

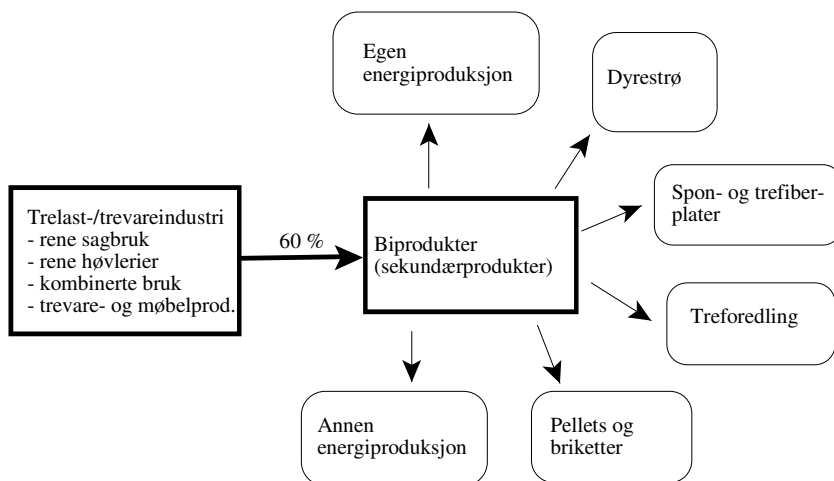
Tabell 5. Type råstoff og anslag på tilgang på biprodukter fra treindustrien

	Type råstoff	Egenskaper	Bruk	Dagens produksjon
	Bark og rotredusererflis	Høy fuktighet	Egne fyrkjeler, noe selges som dekkbark og jordforbedring	500.000 fm
Tørre fraksjoner	Tørr sagflis, Kutterflis/-spon	Lav fuktighet	Sponplateproduksjon, egne fyrkjeler, strø	175.000 fm ³
	Tørr celluloseflis	Lav fuktighet, men noe høyere enn tørrflis/-spon	Sponplateproduksjon, egne fyrkjeler	125.000 fm ³
	Avkapp	Lav fuktighet, men må flises	Celluloseflis(50%), egne fyrkjeler, ved	175.000 fm ³
Fuktige fraksjoner	Rå sagflis	Må tørkes, men god partikkelstørrelse	Sponplateproduksjon, egne fyrkjeler, strø	400.000 fm ³
	Rå celluloseflis	Fuktig, høy alternativverdi	Treforedlingsindustri	1.750.000 fm ³
Total anslag på biprodukter fra treindustrien				3.125.000 fm ³

^bForutsetter her en høvelandel på 45% relativt til trelastproduksjonen. Dette i følge nøkkeltallsanalysen til Trelastindustriens landsforening, 2001. Tallene er beregnet ut fra Tronstad (1994) og NTI (2002)

Basert på en trelastproduksjon på om lag 2,3 millioner m³ er altså samlet tilgang på biprodukter anslått å være ca 3,1 millioner m³ (biprodukter fra høvellast inkludert) tilsvarende om lag 6 TWh og som fordeles til eksternt salg, intern energiproduksjon, samt at evt overskudd blir deponert (og følgelig har en negativ verdi). I følge Ørbeck og Hesthagen (1996) dreier et evt overskudd seg om minimale kvanta og har i dag sannsynligvis et enda mindre omfang.

Dersom man regner med barken står altså biprodukter for nærmere 60 % av tømmerstokken. Det er altså som nevnt verdt å merke seg at (nesten) all produksjon av biprodukter har en anvendelse i dag og det står altså ikke en ledig ressurs eller haug klar til å bli nyttiggjort.



Figur 13. Bruken av biprodukter fra treindustrien fordelt på formål.

Ut fra figuren kan bruken av biprodukter i dag fordeles som følger:

- *egen energiproduksjon i trebedrifter* Treindustrien har et relativt stort termisk energibehov forbundet med tørking av trelast. I dag brukes bark, tørre fraksjoner i bioanlegg kombinert med el/oljekjel for å ta topp og reservelast. Biprodukter dekker opp betydelige deler av industriens termiske energibehov og utgjør 12-15 prosent av tømmer volumet så som bark og avkapp. Det er relativt enkelt, og ikke spesielt kostbart, å bytte en biokjel med en olje/elkjel. Man kan derfor regne med at valget mellom energibærere beror av prisen. Imidlertid er markedet for bark dårlig (siden bark gir stor askemengde) og bark til deponi er normalt en dårlig løsning siden dette gir en negativ pris for barken. Det er derfor sannsynlig at det er mest gunstig for de fleste trelastbedrifter å installere en biobrenselkjel (forutsatt at de da ikke kan levere tilsvarende mengder av bark som jordforbedring eller som dekkbark).
- *strø til dyrehold* som er et lite segment, men høy betalingssegment i vekst som har stor betydning for enkelte høvlerier/trevareprodusenter
- *sponplate- og trefiberplateindustri*. Dette anslås å dreie seg om 10-20 prosent av tømmer volumet, og som fram til i dag har vært den absolutt største avtaker av rå og tørr sagflis
- *treforedlingsindustri* mottar om lag 35 prosent av tømmer volumet og har fram til i dag vært den viktigste avtaker av celluloseflis

Spørsmålet er om det er mulig å øke bruken av biprodukter fra treindustrien til energiformål. Som vist over nyttes allerede i dag store mengder av dette til å dekke bedriftenes eget termiske energiformål. En økning utover dette vil altså medføre salg av biprodukter med tanke på energi og dette er råstoff som nyttiggjøres i annen industriell anvendelse. Denne konkurransen om råstoffet er problematisert i et senere kapittel.

Det er teoretisk mulig at industrien øker sin produksjon av biprodukter, men det er rimelig sikkert at tilgangen på biprodukter vil stå i et rimelig fast forhold til produksjonen av trelast og trevarer slik at det er lite trolig at det på kort sikt vil kunne leveres biprodukter til energiformål uten å komme i konkurranse med råstoffbehovet til annen industriproduksjon. På noe lengre sikt kan man tenke seg at økt konkurranse om biprodukter fører til at industrien får bedre økonomi (endrer marginalkostnadskurven) slik at det produseres mer trelast og derigjennom øke tilgangen av biprodukter. Dette er imidlertid ikke analysert nærmere i detalj i denne utredningen.

2.4 Potensialet i gjenvinningsvirke

Den første Nasjonal handlingsplan for bygg og anleggsavfall fra 2001 pekte på at det fantes ca 230.000 tonn med gjenvinningsvirke (dvs trevirke som tidligere har hatt annen anvendelse som eksempelvis emballasje, rivningsvirke, formvirke og rester fra nybygg og ombygging) tilsvarende 20% av det totale treavfallet i 1997, inklusive biprodukter fra treindustrien.

I den nye handlingsplanen (Nasjonal handlingsplan for bygg- og anleggsavfall 2007-2012 (BNL 2007)) pekes det på, med bakgrunn i tall fra Statistisk sentralbyrå, at det i 2004 ble generert ca 215.000 tonn trevirke samt 3.000 tonn papir og papp fra nybygging, rehabilitering og riving. Noe av dette gjenvinnes, men mye blir levert avfallsanlegg og gjenvunnet enten i form av nye materialer eller som energi. I 2005 ble det videre samlet inn 12.000 tonn med impregnert returtrevirke (spesialavfall), men SFT anslår at kanskje så mye som 50.000 tonn impregnert virke ikke håndteres korrekt.

BNL prognostiserer at avfallsproduksjonen vil øke kraftig i årene framover, spesielt etter 2020 pga fortsatt høy byggeaktivitet, samt en sterk tiltakende rehabiliterings- og riveaktivitet. Siden det vil bli et deponiforbud fra 2009 vil dette kunne ha økende aktualitet i forhold til energiproduksjon.

Utfordringen for energigjenvinning av returtrevirke er knyttet til type anlegg og renseteknologier for behandlet virke som er den største avfallsfraksjonen. Selv små mengder av trykkimpregnert virke vil gi for høye utslag av tungmetaller i biobrenselanlegg. Store deler av produksjonen går i dag til Sverige som har flere anlegg som kan håndtere dette, men BNL peker på at lange transportavstander og ustabile avsetningsforhold gjør at verdien av energiflis basert på gjenvinningsvirke er lav.

2.5 Tilgang på råstoff fra jordbruksvekster⁸

Totalt er det ca. 8,8 mill. daa⁹ jordbruksareal som nyttes til produksjon av mat- og fôrplanter som korn, oljevekster, potet, grønnsaker, frukt, bær, gras og andre fôrvekster. I prinsippet kan hele dette arealet brukes til produksjon av energivekster, men da det i dag er ubetydelig overproduksjon av jordbruksvekster i Norge vil dette føre til at all mat må importeres. Dette er et lite realistisk scenario sett ut fra hensynet til landbrukspolitiske mål som sikker matforsyning og et allsidig landbruk i hele landet, samt etiske forhold rundt bruken av matjorda.

I vår vurdering av tilgjengelig areal for energivekster legger vi til grunn at matproduksjonen skal kunne opprettholdes nær dagens nivå. Vi må således satse på produksjoner som i minst mulig grad går på bekostning av matproduksjonen. Et eksempel på dette er oljevekster som utenom drivstoff, også kan brukes til framstilling av matolje, som proteinkilde til kraftfôrindustrien og halmen kan brukes til andre 2. generasjon drivstoff eller biovarme. Oljevekstene er også gode forgrøder for hvete og kan således styrke matkorndyrkingen. Av hensyn til produktprisen og energieffektiviteten i dyrkingen er det viktig å ta store avlinger. I en fremtidig norsk produksjon av oljevekster til drivstoff bør en derfor satse på høstoljevekster som kan gi dobbel avling i forhold til vårrybs, som blir mest dyrket i dag.

⁸ Dette delkapitlet er basert på et notat av Ragnar Eltun, Mikkel Bakkegard og Lars Nesheim Bioforsk 14.09.07

⁹ Statens Landbruksforvaltning, www.slf.dep.no. Statistikk fra "Søknad om produksjonstilskudd"

2.5.1 Råstofftilgang på kort sikt

Av de vekstene som dyrkes i Norge i dag kan man først og fremst tenke seg at oljevekster, korn og halm, gras, og hurtigvoksende energiskog kan nyttes til bioenergi. På kort sikt er halm, oljevekster og korn mest aktuelle.

I tabell 1 har vi tatt med det totale oljevekstarealet som er realistisk i dag ut fra agronomiske og klimatiske hensyn. Når det gjelder korn, vil en først og fremst kunne bruke partier som av kvalitetsmessige årsaker ikke kan brukes til mat eller fôr, og i gode kornår kan det være aktuelt å bruke kornoverskuddet. Hvis det blir aktuelt med spesialisert etanolproduksjon basert på korn, er det trolig først og fremst hvete og rughvete som kan være aktuelt å dyrke, fordi disse artene gir størst avling. Selv om poteter gir forholdsvis stor etanol-produksjon pr. daa (tabell 1) viser beregninger at energieffektiviteten er lav og energiprisen blir svært høy. Vi anser derfor potet som lite aktuell for etanolproduksjon til drivstoff i Norge.

Gras, energiskog (salix), halm og kornavrens er aktuelle som råstoff til 2. generasjon drivstoff. Av disse vil halm være den største råstoffkilden fra jordbruket. Vi ser det som lite aktuell å starte energiskog- eller grasproduksjon til energiformål på dyrka mark på kort sikt uten eventuelt som randsoner mot vann og vassdrag, der de kan ha en miljøfremmende effekt.

Jordbruksproduksjon er basert på årlig høsting av hele arealet. Dermed blir den årlige produksjonen utsatt for klimarelaterte svingninger (årsvariasjoner). Vi bør regne med en svingning fra år til år på +/- 15%¹⁰ på landsbasis. Innenfor en region kan svingningene være større.

I tabellene under er det anslått hvor mye areal som realistisk er tilgjengelig på kort sikt, samt kostnader for produksjon av energi pr. produkt. Priser er forutsatt dagens prisnivå og med dagens støttenivåer til landbruket.

¹⁰ Dette tallet er løselig anslått, men vi tror det er et fornuftig tall å bruke. Man kan finne eksakte kornavlinger for hvert år hos SSB, og finne fram til eksakte tall. Eksempelvis er forskjellen fra minste avling til største avling i perioden 2001-2006 på landsbasis på ca. 26,5 %. Dersom det skal finnes et mer eksakt tall enn det vi har satt opp, bør man også finne en måte å beskrive sannsynligheten for gitte utslag, ellers har det etter min mening ingen hensikt.

Tabell 6: Vekster for produksjon av flytende biobrensel

Vekst	Areal ¹¹ Daa	Avling ¹² kg/daa	Brensel l/daa ¹⁾	Produksjons- volum liter ¹⁾	Pris Råstoff kr/kg ²⁾	Pris råstoff kr/l ³⁾	Råstoff- kostnader øre/kWh ⁴⁾
Vårrybs	200 000	175	60	12 000 000	2,81	5,15	57
Vårraps	50 000	200	69	3 450 000	2,81	5,15	57
Høstrybs	15 000	250	86	1 290 000	2,81	5,15	57
Høstraps	10 000	300	103	1 030 000	2,81	5,15	57
Sum oljev.	275 000			18 070 000			
Korn	150 000	500	192	28 500 000	1,40	3,64	61
Potet	0	4 000	471		1,40	11,90	198

¹⁾ Produksjonsvolum av hhv. planteolje og etanol. 2,9 kg oljefrø gir 1 l olje, 2,6 kg hvete eller 8,5 kg potet gir 1 l etanol

²⁾ Norsk pris til produsent for råvaren pr. kg, hhv. oljefrø, hvete (fôrhvete) og potet, med fradrag for prisnedskrivningstilskudd, her brukt 159 øre/kg for oljefrø og 60 øre/kg for korn. Det er lagt til 10 øre pr. kg for rensing, tørking og lagring for oljefrø og korn, og 30 øre for lagring og svinn for potet.

³⁾ Pris for hhv. planteolje og etanol pr. liter. Kun råvarekostnad, se fotnote 2, prosesseringskostnader er holdt utenfor. For oljevekster forutsettes det at pressresten kan selges for kr 1,50 pr. kg. Ved etanolproduksjon vil man få en proteinrik fermenteringsrest, eventuell verdi av dette er ikke kjent.

⁴⁾ Omregnet ut fra kolonnen "kr/l" (se også notasjonspunkt 3). Energiinnholdet i etanol er satt til 6,0 kWh/l og for planteolje 9,0 kWh/l.

¹¹ Tallene for oljevekster er hentet fra Abrahamsen, U. et. al. 2006. Dyrkings- og avlingspotensial av rybs, raps og erter i Norge. Tallet for potet er satt til 0 fordi prisen tilsier at det er uaktuelt. For korn er arealet vurdert/anslått ut fra en normal markedsituasjon. Det vites ikke om noen kilder som har beregnet dette. Under årets forhold, med underdekning på korn i utlandet, er det ikke korn til overs til bruk til energiformål (ut over eventuelle vrakpartier), da alt trengs til mat og fôr.

¹² Avlingstallene er anslått ut fra offentlig statistikk (SSB) og sortsforsøk gjennomført i regi av Planteforsk/Bioforsk. Fordi avlingene svinger en del fra år til år, og også utvikler seg over år avhengig av sortsutvalg, har vi ikke brukt eksakte verdier fra den ene eller andre kilden, men isteden anslått et tall i området vi mener det er riktig.

Tabell 7: Vekster for produksjon av fast biobrensel eller 2. generasjon biodrivstoff

	Areal daa	Produksjon Kg ts/daa	Produksjon Tonn	Råstoff- kostnader kr/kg ¹⁾	Råstoff- kostnader øre/kWh ²⁾
Gras	20 000 ¹³⁾	700 ¹⁴⁾	14 000	1,00	25
Energiskog (plantasje)	0	700 ¹⁵⁾	0	0,36	11
Halm	2 000 000 ¹⁶⁾	210 ¹⁷⁾	420 000	0,40	10
Kornavrens³⁾			20 000	0,40	10

¹⁾ Pris for råvaren pr. kg, høstet og sanket sammen, hentet på jordet. For energiskog er svenske priser brukt (omregnet til norske kroner), fordi det ikke finnes et marked for dette i Norge. Trolig vil ingen norske bønder anlegge energiskog-plantasjer med disse prisutsiktene, fordi det a) er bedre pris for korn i Norge enn i Sverige, og b) i Sverige er det betydelig arealtilskudd til energiskog-plantasjer (ca. 140 kr/daa), mens det i Norge ikke er noe tilskudd. Gras omsettes som høy eller ensilasje til betydelig høyere pris enn 1 kr pr. kg. Imidlertid er kostnadsnivået betydelig lavere ved produksjon av energigras enn ved produksjon av høy. Dermed vil det trolig være interessant ved en pris på 1 kr pr. kg. Dette er imidlertid et grovt overslag, fordi det ikke finnes marked for dette i Norge eller nabolandene våre.

²⁾ Omregnet ut fra kolonnen "kr/kg" (se også notasjonspunkt 1). Forutsatt 4 kwh/kg for halm, kornavrens og gras, 3,3 kwh/kg for energiskog.

³⁾ Beregnet ut fra en avrensandel på 1,6 % av total årlig kornproduksjon på 1 200 000 tonn. Pris er ikke kjent, her forutsatt samme pris som for halm.

Biogass produsert ved anaerob omsetning av husdyrgjødsel, energivekster, matavfall og annet organisk avfall kan oppgraderes til biodrivstoff ved å fjerne det meste av karbondioksiden. Biogass fra avfallsdeponi blir i dag utnyttet i en viss grad til varmeproduksjon. Det finnes også norske eksempler på konvertering av biogass fra avfallsanlegg til bruk i busser. På grunn av små gardar og dårlig lønnsomhet er det få gårdsanlegg for produksjon av biogass her i landet i dag, men dette kan komme til å endre seg når størrelsen på husdyrbesetningene øker. Det foreligger planer om å bygge store biogassanlegg basert på husholdningsavfall i flere av de større byene. Da kan det bli aktuelt å utnytte biogassen både fra disse anleggene og gårdsanlegg til drivstoff i lastebiler og busser. Dette vil blant annet redusere problemene med eksos fra dieselmotorer i byene. Behovet for vekster til denne produksjon som gras og korn, er forholdsvis lite og vil ikke være begrensende for en norsk biogassproduksjon.

¹³⁾ Areal som kan tenkes brukt til grasproduksjon for energiformål er løselig anslått. Det finnes ingen litteratur som kan sannsynliggjøre det ene eller det andre tallet her. Det vil bli dyrket gras til energi dersom prisen gjør det interessant, men med dagens høye kornpris (og dertil høye kraftfôrpris/fôrpris), er det lite trolig at pris på biomasse til energi vil konkurrere med fôrpris. Imidlertid er trolig denne prissituasjonen midlertidig.

¹⁴⁾ Dette tallet er også anslått ut fra avlingsresultater i fôrforsøk. Resultater er satt sammen fra Bioforsks egne forsøk etter utarbeidelsen av denne oversikten (upubl), tyder på at svinn gjennom vinter og ved høsting er nokså stort, det er derfor trolig at tallet er overestimert. Kanskje et sted fra 500-600 kg er mer realistisk.

¹⁵⁾ Ingen gode norske resultater. Avlingstall anslått ut fra Svenske erfaringer (www.agrobränsle.se).

¹⁶⁾ Det dyrkes i dag korn på ca. 3.3 millioner daa i Norge. Noe halm blir brukt til fôr, noe til strø og noe til energi. En stor del blir imidlertid pløyd ned. Det finnes ingen statistikk eller norske undersøkelser som sier noe om hvor mye halm som brukes til dyrefôr og strø så vidt vi har funnet ut. Det er imidlertid klart at det ikke er aktuelt å bruke halm fra hele kornarealet vårt til energi. 2 000 000 daa er et anslag vi har gjort ut fra det vi vet om bruk til husdyr og andre formål. Virkeligheten kan gjerne være +/- 10% på dette tallet.

¹⁷⁾ Estimerte verdier ut fra flere utenlandske og norske undersøkelser. Stor variasjon i sortsmateriale, svinn og lignende gjør tallet noe usikkert. Erfaring fra praksis tilsier at tallet er noenlunde riktig.

2.5.2 Råstofftilgang på lengre sikt

Da jordbruksarealet i Norge er nesten fullt utnyttet til matproduksjon og det er lite realistisk å øke arealet gjennom nydyrking, skal det til en betydelig omlegging av landbrukspolitikken før det kan bli aktuelt å ta i bruk store arealer til dyrking av vekster for energiproduksjon. Hvis vi fikk en slik omlegging måtte energimarkedet konkurrere med matmarkedet om ressursene. Vi tror dette er lite aktuelt i et 5-10 års perspektiv og tror at jordbrukt først og fremst må bidra med vekster som både kan gi energi og mat (oljevekster), ressurser som allerede blir produsert (halm), eller vekster som kan kombinere bioenergi produksjon og redusere miljøbelastningen fra jordbruket (gras og energiskog).

Halm fra kornproduksjon er den eneste ressursen med et volum av betydning som i nokså liten grad nyttes i dag. Det dyrkes korn på ca. 3 300 000 daa. Produksjonen av halm er gjerne 200-500 kg/daa, men mye blir værende igjen på jordet i form av gjenstående stubb og spill ved innhøsting. Gjennomsnittlig kan vi regne omkring 210 kg halm høstet pr. daa (dagens sorter og dagens fordeling av areal mellom kornartene våre). En god del halm brukes som dyrefôr. Noe er ønskelig å pløye ned igjen (strukturens svak jord). Trolig kan man kunne berge 400 000 – 450 000 tonn halm til bioenergi fra norske åkre årlig, med et energiinnhold på ca. 4 kWh pr. kg. Den enkleste måten å øke landbrukets produksjon av energi vil derfor være å bygge fjernvarmeverk som baseres på fyring med halm i områder med mye kornproduksjon, eller halmen kan brukes til 2. generasjon drivstoff. Norge har store avstander og relativt små driftsenheter. Dette betyr at en står overfor store utfordringer innen logistikk for å kunne få til en effektiv og innsamling av halm. Kostnaden til samling av halmen på jordet er 20-25 øre pr. kg. Transportkostnad fra jordet til kunde vil variere mye med transportavstand, volum og tekniske løsninger som velges.

For å kunne få til en mest mulig konkurransedyktig produksjon av oljevekster må avlingene heves, og det får vi bare til dersom vi kan dyrke høstoljevekster. Problem med disse under norske klimaforhold er dårlig overvintring, og vi trenger nye og mer vinterherdige sorter og ny kunnskap om dyrkingsteknikker som kan gi en årsikker avling. Får vi til dette kan dyrkingsarealet og den totale produksjonen økes betydelig. Dersom dyrkingssikkerheten blir akseptabel, og prisen gjør produksjonen mer interessant enn kornproduksjon, bør det være realistisk å kunne dyrke 80 000 - 100 000 daa høstoljevekster på sikt.

Grasarealer som i framtiden vil kunne gå ut av produksjon er trolig lite aktuelle til energiproduksjon fordi de enkelte jordene ligger spredt over hele landet og en vil få store kostnader med innsamling. I enkelte distrikter har en store problemer med erosjon og næringsstofflekkasje fra jordbruksareal til vann og vassdrag. Vegetasjonssoner i form av gras eller energiskog kan kanskje være effektive tiltak for å redusere disse problemene. Hvis ny forskning kan vise at energivekster er aktuelle i miljøkampen, vil en kunne få et nytt bruksområde for energivekster her i landet. Her trengs også ny kunnskap om aktuelle arter og dyrking av disse under de aktuelle driftsforhold.

Produksjon av biogass med basis i husdyrgjødsel er et nytt aktuelt område for norsk jordbruk. Her vil en i tillegg til energien også få en positiv miljøeffekt gjennom reduserte utslipp av metan. For effektiv produksjon av gass trenger en tilskudd av energirikt materiale som ensilasje av gras eller kornkjerner. Dersom en tenker seg at det blir bygd 100 biogassgårdsanlegg i Norge med 2000 m³ husdyrgjødsel, 400 tonn gras og 30 tonn korn per anlegg vil dette gi et totalt arealbehov på ca 10 000 dekar for hver av vekstene gras og korn. Dette bør det ikke være noe problem å skaffe. Hvert anlegg vil kunne produsere ca 100 000 m³ gass som tilsvarer 600 000 kWh energi.

For all produksjon av vekster til biodrivstoff formål vil det være vesentlig at tilskuddsordningene og markedsbeskyttelsen opprettholdes også ved energiproduksjon. Uten disse tiltakene vil ikke jordbruket kunne produsere energivekster. For at økonomien i

produksjon av energi fra jordbruksvekster skal være tilfredsstillende, er det også viktig at det etableres mottakere av restproduktene fra produksjon av olje, etanol eller gass. Disse produktene er ofte verdifulle som tilskudd til fôr eller gjødsel.

Det høye kostnadsnivået i norsk landbruk gjør det vanskelig å konkurrere med importerte råvarer. Større avlinger og rasjonell produksjon blir svært viktig for å øke konkurransevnen til norske råvare til biodrivstoffproduksjonen. For å få til dette trengs FoU innen dyrkings- og høsteteknikk, logistikk, aktuelle arter og sorter og forbedring av sortene gjennom planteforedling.

2.6 Biogass fra våtorganisk avfall¹⁸

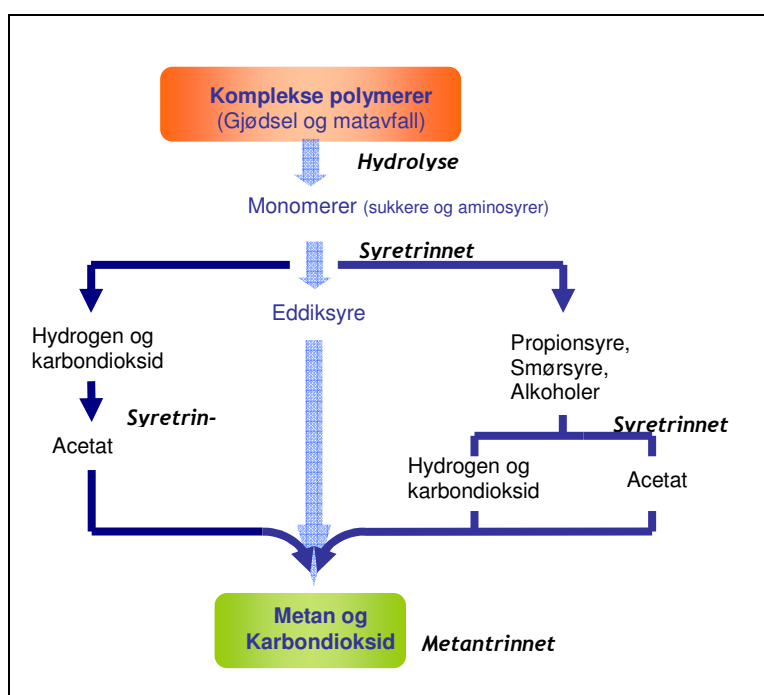
2.6.1 Om biogassprosessen

I et biogassanlegg omsettes nedbrytbart organisk materiale til biogass, som er en blanding av metan og karbondioksid, i tillegg dannes mindre mengder med hydrogensulfid og ammoniakk. Prosessen foregår anaerobt, det vil si uten tilgang på oksygen.

Når oksygen er tilstede vil aerobe organismer som kan benytte oksygen nedbryte organisk materiale til karbondioksid og vann ved vanlig respirasjon. Dersom oksygen mangler vil andre oksydasjonsmidler som nitrat, treverdige jern og sulfat, kunne benyttes av visse typer mikroorganismer. I tillegg til å skaffe energi ved respirasjon kan mikroorganismene skaffe seg energi ved å gjære organiske stoffer, det vil si å spalte dem i en stabil oksidert og en stabil redusert form. Under metandannelsen spaltes mindre organiske forbindelser, som for eksempel acetat til en oksidert form (karbondioksid CO_2) og en redusert form (metan CH_4).

Den anaerobe mikrobiologiske nedbrytningen er en sammensatt prosess hvor endeproduktene som skilles ut fra en bakterie utgjør substratet til en annen bakterie. Metanprosessen er sammensatt av tre trinn som gjerne omtales som hydrolysetrinnet, syretrinet og metantrinet. Dette er skissert under.

¹⁸ Dette og neste delkapittel baserer seg på et notat utarbeidet av Tormod Briseid, Bioforsk Jord og Miljø. 15.09.2007.



Figur 14. Et forenklet flytskjema for de biologiske prosessene i en biogassprosess.

Metan er den mest reduserte organiske forbindelsen og de bakteriene som gjærer organisk materiale til metan er svært følsomme for oksygen. Disse organismene finner vi således steder som er frie for oksygen, som i slam og sedimenter. pH er en annen viktig faktor. Metandannelsen skjer helst mellom pH 6,0 og 8,5 og er høyest ved nøytral pH. Likeledes er metandannelse følsom for høye konsentrasjoner av ammoniakk og enkelte organiske syrer (I. Angelidaki et al., 2003). Metandannelsen er en temperaturhøhengig prosess gjerne med et temperaturoptimum ved 25 - 40°C (mesofilt), men prosessen kan også drives termofilt (ved 55 - 65°C). Metanogesen er imidlertid også mulig under kjøligere betingelser.



Foto: Bioforsk

Til forskjell fra vanlig forbrenning så skiller biogassprosessen mellom det våte sluttproduktet (bioresten) som kan utnyttes som gjødsel, og den energirike biogassen. På denne måten så slipper man å fordampe vann når energien utnyttes.

Dette innebærer at biogassprosessen er svært godt egnet til å utnytte energien i våte substrater som husdyrgjødsel, slakteri- og matavfall (bilde til venstre), vekstrest fra landbruket, ødelagt fôr og energivekster som gras.

I tabellen til høyre er det satt opp energiinnholdet i noen typiske våte råstoffer. Man skal være oppmerksom på at verdiene vil være avhengig av tørrstoffinnholdet i råstoffet, sammensetningen, samt selve biogassprosessen, for eksempel temperatur og behandlingstid. Derfor er det store forskjeller i de tall man finner i litteraturen.

Rent generelt kan man si at husdyrgjødsel består av mat som allerede er fordøyet, dyrene har allerede hentet ut mye energi og energiinnholdet blir tilsvarende lavere. Energivækster som gras, og også frukt og grønnsakavfall har et høyere energiinnhold, mens det høyeste energiinnholdet finner vi i matavfall, og spesielt slakteriavfall og annet avfall med et høyt protein- og fettinnhold.

Substrat	kWh/tonn
Storfegjødsel ¹⁹	140
Svinegjødsel ¹⁹	180
Høsegjødsel	450
Gras ¹⁹	810
Frukt- og grønnsakavfall ¹⁹ ...	950
Matavfall fra husholdninger	1.700
Matavfall fra næring	2.500
Slakteriavfall	4.800
Rent karbohydrat/sukker ²⁰ ..	3.900
Proteiner ²⁰	4.900
Fett ²⁰	8.500

Bildet til høyre viser et lite gårdsbiogassanlegg på Hagavik gård i Skåne i Sverige. Biogasstanken har dobbelt membrantak hvor biogassen kan lagres. På venstre side sees ytre del av tankens røreverk.

Til høyre på bildet er en container som inneholder styringssystemer og generator for strømproduksjon. I forkant sees en blandingsbeholder for organisk materiale som skal tilføres anlegget.



Foto: Mats Edström, STI Sverige



Foto: Mjøsanlegget. GLØR

Bilde til venstre viser biogassanlegget ved Lillehammer. Anlegget behandler kildesortert matavfall og er dimensjonert til å behandle 14 000 tonn per år. Helt i forgrunnen sees den kulerunde lagringstanken for biogass, mens bilde domineres av den store biogass reaktortanken. Rett bak reaktortanken sees bygningen hvor matavfallet forbehandles, gassen omdannes til elektrisk energi, og der bioresten avvannes. Helt i bakkant sees den store mottakshallen for kildesortert papir etc. Til venstre sees ranker for kompostering av avvannet biorest.

¹⁹ Bioenergi – ny energi för jordbruket (2006), Jordbruksverket. Rapport 2006:1.

²⁰ Biogass – Energiproduksjon og avfallsbehandling (2002) Asplan Viak, ORIO rapport 0202

2.6.2 Våtorganisk avfall – mengder og bruk

Med våtorganisk avfall mener vi gjerne matavfall og ofte også park- og hageavfall. Av og til omfattes også avløps slam i dette begrepet. Det er imidlertid hensiktsmessig å skille mellom avløps slam og våtorganisk avfall, også i forhold til bruk og bransjeorganisasjoner.

I følge SSB sin siste statistikk (3. mars 2006), oppgis mengden til om lag 1 mill tonn per år. Tidligere har SSB oppgitt ca 1,3 mill tonn per år. I følge Håkon Skullerud i SSB, 2006) skyldes denne reduksjonen en ny beregningsmåte for næringsavfallet. Mengdene fra husholdningene er på 421 000 tonn, fra jordbruk, skogbruk og fiske 106 000 tonn (ikke medregnet det som dumpes til havs), 357 000 tonn fra annen industri og 80 000 tonn fra tjenestenæring. Vær oppmerksom på at tall for våtorganisk avfall oftest oppgis i tonn våtvekt (innveiet mengde).

2.6.3 Avfall fra husholdningene

Tall fra 2006 (SSB) oppgir at avfallet fra husholdningene er papp og papir (29%), matrester (23%), plast (10%), treavfall (8%), tekstiler (5%), metaller (10%), glass (3%), betong og tegl (0,2%), farlig avfall (0,6%) og annet (11%), deriblant bleier og bind og ikke definert finstoff. Vi skal være klar over at papp, papir, drikkekartong, plast, glass og metaller, samt tekstiler og farlig avfall sorteres ut i større og større grad, også i byene, og dette går til gjenvinning gjennom egne returselskaper. Dette innebærer at man sitter igjen med den våtorganiske fraksjonen, om lag 420 000 tonn (SSB, 21. juni 2006) tilsvarende om lag 125 000 tonn tørrstoff (ca 30%). Av tørrstoffet er ca. 80% brennbart (VS) og består i hovedsak av fett, sukker, stivelse og proteiner, cellulose og lignin (Berglund og Börjesson, 2003). Brennverdien i tørrstoffet er på 15 - 20 MJ/kg tilsvarende 525 - 700 GWh i 420 000 tonn med 30% TS.

Med deponiforbudet, så kan ikke lenger matavfall deponeres. På grunn av krav til hygiene kan det heller ikke benyttes som fôr. Det høye vanninnholdet reduserer tilgjengeligheten av denne energien ved forbrenning. Ved forbrenning av blandet avfall og restavfall fra husholdningene kommer en stor andel av energien fra plast samt bleier, bind og tekstiler med et høyt innhold av syntetisk materiale med fossil opprinnelse. Slikt avfall forbrennes i anlegg godkjent for avfallsforbrenning og er ikke nærmere behandlet her. Dersom avfallet forbrennes mister man næringssaltene, og den dannede asken må behandles som farlig avfall.

Dette er bakgrunnen for at mengden som går til biologisk behandling er økende. Biologisk behandling i statistikken omfatter både kompostering og biogassbehandling av avfallet. På 1990-tallet ble det bygget mange, og til dels dyre og store komposteringsanlegg. Fra om lag år 2000 innså man en del begrensninger ved kompostering av matavfall i storskala. Selve komposteringsprosessen gir visse utslipp av klimagasser, man får gjerne lokale luktproblemer og prosessene var relativt kostbare og til dels energikrevende.

Dette har medført at man de siste årene har fått etablert biogassanlegg som behandler matavfallet. Da får man dannet biogass (blanding av metan og karbondioksid i forholdet ca. 60 : 40%) som kan utnyttes, prosessen er lukket og lettere å kontrollere med hensyn til luktutslipp og hygiene, og bioresten kan benyttes som gjødsel i våt form eller som jordforbedringsmiddel i likhet med kompost i avvannet form.

2.6.4 Våtorganisk avfall fra storhusholdninger og butikker

Avfall fra storhusholdninger omfatter mat og matvareprodukter som oppstår i hoteller, restauranter, kantiner, institusjoner, cateringbedrifter og matvareforretninger. Det er anslått at det oppstår om lag 80 000 tonn av dette matavfallet hvert år tilsvarende om lag 130 GWh. Tidligere har 20 - 25 000 tonn av dette avfallet gått til produksjonen av dyrefôr, men dette er nå

blitt forbudt. En stadig større del av storhusholdningsavfall leveres derfor nå til biologiske behandlingsanlegg for våtorganisk avfall (Marthinsen, J og Bjørn, E., 2004). Matavfall av vegetabilsk opprinnelse, samt matavfall fra bakerier kan fortsatt benyttes som fôr. Det brukes om lag 2000 tonn frityrfett i Norge per år, og om lag 50% av dette samles inn og har til nå gått til fôr. Brennverdien i dette er om lag 8 GWh og vil være et egnet substrat for biogassbehandling.

Våtorganisk avfall fra storhusholdninger er svært godt egnet som substrat for biogassanlegg, og det eksporteres allerede en god del til danske og svenske biogassanlegg i dag. Her er rammebetingelsene for biogassproduksjon bedre enn i Norge, noe som gjør at verdien av dette avfallet er større i Danmark og Sverige enn i Norge. Avfall med et høyt innhold av fett og proteiner har et spesielt høyt biogasspotensiale.

Bruk av hygienisert våtorganisk avfall fra storhusholdninger kunne være et bidrag til mindre biogassanlegg som baserer seg på gjødsel, og som ville kunne øke lønnsomheten på grunn av det store biogasspotensialet i dette avfallet.

2.6.5 Melkeprodukter

Tine Meierier produserer om lag 730 000 tonn myseekvivalenter som biprodukter. Dette går i dag i hovedsak til fôr. Det organiske innholdet har et energiinnhold på om lag 160 GWh i form av biogass, og det kan være aktuelt for Tine å vurdere dette alternativet i framtiden (Christoffer Fremstad, 2007). I tillegg til Tine, har vi enkelte andre mindre meierier, for eksempel Gausdal Meieri og Synnøve Finden. Tallene for Norge vil således være noe høyere enn tall som kun er basert på Tine Meierier.

2.6.6 Slakteriavfall og kjøttbeinmel

I 2006 ble det produsert totalt 177.000 tonn slakteriavfall (Jan Rosland, 2007). Dette er fordelt på anslagsvis 20% bein, 10% blod og 70% bløtdeler og avfall fra hønse- og eggproduksjon. Fra dette produseres det om lag 44 000 tonn kjøttbeinmel og om lag 25.000 tonn fett. Norsk kjøttbeinmel har et tørrstoffinnhold på ca 95% og et proteininnhold på 48 – 52%, et fettinnhold på 10 – 12% og et askeinnhold på om lag 25% (Linjordet og Lystad, 2000). Energiinnholdet i 44 000 tonn tilsvarer om lag 175 GWh (Fossum, 1998). Kjøttbeinmel er inntil nylig blitt benyttet som grisefôr, men på grunn av det nye regelverket som ble innført i forbindelse med kugalskapepidemien, er det nå blitt forbudt.

Slakteriavfall kan etter hygienisering fortsatt benyttes som fôr til pelsdyr og kjæledyr, men ikke til "produksjonsdyr". Avfallet basert på SRM (om lag 8 – 9000 tonn fett) forbrennes mens annet fett går som fôr til gris og fjørfe. Bransjen ser for seg et potensialet for fettene som bruk til biodieselproduksjon. Kjøttbeinmel går til gjødsel og delvis til forbrenning. Man er "på jakt" etter gode bruksalternativer. Man skal være oppmerksom på at kjøttbeinmel er en verdifull N- og ikke minst P-kilde og framtidig bruk av kjøttbeinmel bør innebære at næringsstoffene utnyttes. Det utføres derfor en rekke gjødslingsforsøk med bruk av kjøttbeinmel. Dette kan også være aktuelt som en mindre tilsetning som gjødsel til økologisk landbruk. Bransjen ser også for seg at kjøttbeinmel på sikt skal kunne brukes som fôr til fiskeoppdrett. I følge SINTEF Energiforskning (Fossum 1998) vil det være mest hensiktsmessig å biogassbehandle kjøttbeinmel, mens forbrenning vil være mest aktuelt ved destruksjon av smittefarlig materiale.

Ut fra et energisynspunkt kunne det vært hensiktsmessig å ikke tørke slakteriavfallet til kjøttbeinmel, men benytte det direkte som substrat i biogassanlegg før tørking. Da spares energi

under tørking, man får energi i form av biogass og N og P kan benyttes som gjødsel. Slike løsninger bør vurderes nærmere. Destruksjonsfettet er godt egnet som substrat i biogassanlegg, men kan også danne utgangspunkt for produksjon av biodiesel.

2.6.7 Fiske

Biprodukter fra norske fiskerier og oppdrett består av innmat (lever, rogn, mager, slo, etc.), hoder, avskjær, utkastfisk, mm. Dette oppstår ved sløyning og hodekapping, samt ved videreforedling av fisken. Totalt utgjør biproduktene rundt 600.000 tonn pr. år - ca 20 % av all fisk som fangstes og oppdrettes i Norge. Storparten utnyttes i dag til fôrråstoffer som fiskemel, ensilasje og pelsdyrfôr, men over 140.000 tonn dumpes i havet (RUBIN, 2007).

På grunn av den nye EU-forordningen om bruk av animalske biprodukter vil ikke lenger selvdød fisk fra oppdrettsanlegg kunne benyttes til fôr. Dette innebærer at om lag 30 – 40.000 tonn selvdød fisk må behandles på annen måte (Sigrun Bekkevoll, 2007). Behandling i biogassanlegg er i denne sammenheng svært aktuelt. Dersom vi benytter det samme metanpotensialet på om lag 206 m³ per tonn selvdød fisk som for slakteriavfall (mykdeler) blir energipotensialet i form av biogass i 40.000 tonn om lag 80 GWh. I tillegg er det kjent at fiskeavfall skaper problemer flere steder langs kysten. Enkelte steder dumpes dette lokalt, noe som er til stor skade for miljøet. Dette avfallet som dumpes på denne måten er godt egnet som substrat for biogassproduksjon.

2.7 Annet

2.7.1 Slam fra næringsmiddelindustrien

Slam fra Bryggeriene (Ringnes og andre mindre bryggerier) utgjøres blant annet av mask (spiret bygg), bærme (overskuddsgjær), kiselgur, trub og humle. I Norge produseres det ca. 6000 tonn TS av spiret bygg (mask) per år og ca. 1000 tonn overskuddsgjær (bærme). Både mask, bærme, trub og humle går til fôr i dag (Solumgruppen, 2006). Dette er fraksjoner som ikke inneholder animalske biprodukter og påvirkes således ikke av den nye EU-forordningen om ABP, og vil fortsatt kunne gå til fôr.

Kiselgur (ca. 250 tonn våtvekt per år) utgjør et slam som inneholder mye silikater, og som benyttes i filtreringsanleggene til bryggeriene. Glødetapet i filtermassen, som ligger i området 20%, utgjøres for en stor del av gjær. (Solumgruppen, 2006).

Slam fra slakterier (Gilde og Prior, nå slått sammen til Nortura BA) må fra i år av behandles i henhold til den nye EU-forordningen om animalske biprodukter, med spesielle krav til hygiene. Hvordan dette slammene vil behandles i framtiden er ”i støpesjeen”, men mengdene er ikke veldig store. Hygienisert slam fra slakteriene er aktuelt for biogassbehandling.

2.7.2 Avløpsslam / kloakkslam

I Norge produseres det om lag 400 000 tonn avløpsslam fra kloakkrensingsanleggene per år. Dette slammene har et gjennomsnittlig tørrstoffinnhold på ca. 25%, noe som tilsvarer om lag 100 000 tonn tørrstoff per år (Kjell Terje Nedland, 2000). Basert på tallene til Gonzales, M.V: (2006) og (Solheim, Fjordside og Panter, 2003) kan vi anslå at dette tilsvarer en energimengde på om lag 320 GWh per år.

På grunn av utslipp av klimagasser ved deponering av organisk slam, er dette forbudt. Det er heller ikke populært å forbrenne avløpsslam i Norge. Bare forbrenningsanlegget i Bergen (BIR) har en slik konsesjon, men de har ikke benyttet den. I Europa brennes en del avløpsslam, f.eks. i Sveits hvor tilnærmet alt slammet forbrennes, men dette er å anse som en destruksjonsmetode, og ikke energiutnyttelse.

I Norge går om lag 2/3 av slammet til landbruket. Avløpsslam inneholder smittestoffer, og det er strenge restriksjoner for bruken i landbruket og som er regulert gjennom Gjødselevareforskriften. Det kan bl.a. ikke benyttes til gjødsling av beite, rotvekster, poteter frukt og bær, og det må være hygienisert og lukstabilisert før bruk. Hygienisering og stabilisering gjøres gjerne ved kalktilsetning, kompostering eller annen varmebehandling. Slam som benyttes i landbruket benyttes derfor nesten utelukkende til kornarealer.

Avløpsslammet som dannes i de store renseanleggene i Norge, for eksempel på VEAS, på Bekkelaget, på HIAS ved Hamar, på IVAR ved Stavanger, for å nevne noen, stabiliseres allerede gjennom en biogassprosess. Dette er allerede godt innarbeidet teknologi, og energien benyttes gjerne til el-produksjon og varme til drift av anleggene. Det bør vurderes om den produserte biogassen heller bør benyttes som biodrivstoff til bussdrift, noe som gjøres ved Frevar i Fredrikstad og som vurderes i Oslo.

2.7.3 Slam fra treforedlingsindustrien

Det produseres om lag 150 000 tonn slam tørrstoff fra treforedlingsindustrien i Norge per år. Det er mer enn fra samtlige kommunale kloakkrenseanlegg. Mengden vil reduseres ved innskrenkninger i papirindustrien, slik vi har sett tegn til de siste årene. Nå forbrennes tilnærmet alt dette treforedlingslammet hos treforedlingsfabrikkene sammen med bark og annet treavfall i anlegg som utnytter energien. Hos enkelte bedrifter, for eksempel hos Borregaard, stabiliseres slammet først gjennom en biogassprosess og hvor produsert biogass benyttes i industriprosessen til erstatning for olje.

I hvilken grad selve forbrenning av slammet til slutt gir et energitilskudd vil være avhengig av vanninnholdet. Treforedlingslammet kan være vanskelig å avvanne og å forbrenne på en optimal måte. Dette kan resultere i en askefraksjon som får et så høyt organisk innhold at det i framtiden, ved innføringen av deponiforbudet, ikke kan deponeres uten en spesiell godkjennelse.

2.7.4 Husdyrgjødsel

Den samlede produksjonen av husdyrgjødsel i Norge er på 12 – 14 millioner m³. Siden storfe er på beite i snitt om lag 4 måneder per år er tilgjengelig mengde anslått til 9,4 mill m³, fordelt på 7,4 m³ fra storfe, 1,6 m³ fra gris og 0,4 m³ fra fjørfe (Willelmsen et al. 2001). Gjødselen har et lavt tørrstoffinnhold, og dersom man skal utnytte energien, må dette gjøres gjennom en biogassprosess. Man får i størrelsesorden 15 – 25 m³ biogass per m³ fra storfegjødsel, 25 – 35 m³ fra gris og om lag 40 – 50 m³ fra fjørfe. Totalt tilsvarer dette et energiproduksjon i form av biogass på 1300 GWh per år (Willelmsen et al., 2001).

Innføring av biogass i landbruket – klimaeffekter, økonomi og politiske føringer

En utfordring er at mange av fordelene ved innføring av biogass ikke kommer den enkelte landbruker til gode, og derfor ikke er med å styrke den foretaksøkonomiske lønnsomheten. Dette gjelder reduksjonen av klimagassutslippene, resirkuleringen av næringssalter, sparing av lagerressursene av P og hindre lukt ved spredning, samt at produksjon av desentralisert energi er med å avlaste el-nettet, samt transport av drivstoff på veiene. Den enkelte bonde får bare nytte

av energiproduksjonen, og i Norge er det foreløpig ikke tilrettelagte støtteordninger, samt at vi har en variabel og ofte lav energipris. Andre land i Europa har langt bedre støtteordninger for biogassproduksjon i landbruket.

På et gårdsbruk hvor man lagrer husdyrgjødsel er klimautslippene i forbindelse med gjødselhåndteringen store. Dette gjelder både utslipp av metan og lystgass. Dersom et husdyrbruk som produserer om lag 2500 tonn gjødsel i året innfører et biogassanlegg, så vil klimagassutslippene reduseres med om lag 100 tonn CO₂ ekvivalenter per år, eller med noe mer enn 50% (Morken et al. 2005). Dette tilsvarer svært omtrentelig et potensiale på en reduksjon i størrelsesorden på 400 000 tonn CO₂ ekvivalenter per år dersom all husdyrgjødsel behandles, korrigert for beitesesongen. Dersom man anslår en kvotepris på kr 200 per tonn CO₂ ekvivalenter, tilsvarer dette 80 millioner "klimakroner" per år. Dette er et beløp som burde kunne rettferdiggjøre både etableringsstøtte og driftsstøtte for denne typen anlegg.

Husdyrgjødsel fra sau og geit er foreløpig ikke tatt med i denne oversikten. Dette skyldes at disse ofte har en lang beitesesong, og at de ofte er knyttet til mindre gårdsbruk hvor innføring av biogass er mindre aktuelt. Gjødsel fra pelsdyr, samt fra hest er heller ikke foreløpig medregnet i denne oversikten.

Både SFTs tiltaksanalyse for 2010 og 2020 "Reduksjon av klimautslipp i Norge", og Klimautvalgets rapport "Et klimavennlig Norge" fra 2006, framhever begge at det bør innføres biogassanlegg ved norske gårdsbruk. Begge rapportene innser at det foreløpig ikke er økonomisk gunstig for bøndene, men mener at det bør innføres støtte- og garantiordninger som sikrer denne typen tiltak økonomisk. SFT's rapport anmerker at anleggenes økonomi kan styrkes dersom de også behandler matavfall fra lokalsamfunnet.

Vi vil kommentere at dette er en mulighet, men vi ser at det nå etableres en del større biogass behandlingsanlegg for matavfall, og disse ønsker å ta i mot avfall, også fra mindre steder og til en konkurransedyktig pris. Dersom gårdsbiogassanleggene blir avhengig av markedsforholdene for kommunalt matavfall, vil de kunne gå en usikker framtid i møte.

Et annet alternativ er at gårdsbruk leverer sin husdyrgjødsel til de kommunale anleggene og får den blandete bioresten i retur. Dette er en interessant mulighet, men reiser en god del viktige spørsmål knyttet til kvaliteten på kildesortert matavfall, samt transport, lagring, ansvarsforhold og økonomiske fordelingsnøkler. Et slikt anlegg planlegges eksempelvis i Rogaland. I Oslo vurderes en modell hvor husdyrfattig landbruk tar i mot bioresten fra kildesortert kommunalt matavfall. Dette reiser mange av de samme problemstillingene, men den klima- og ressurbesparende effekten anslås som betydelig.

Bruk av biorest / råtnerest / fiberrest som gjødsel

Bioforsk Jord og Miljø, tidligere Jordforsk, gjennomførte i 2004 en litteraturstudie om bruk av biorest som gjødsel og som gir nyttig bakgrunnsinformasjon om dette tema (Anne Bøen et al., 2004), og deler av dette kapitlet er hentet fra denne rapporten. I selve biogass prosessen brytes lett nedbrytbart organisk materiale ned til metan og karbondioksid. Dette innebærer at gjødselen får en mere flytende struktur som gjør den lettere å spre som våtgjødsel.

De stabile organiske stoffene som er igjen i bioresten er også relativt stabile etter at de spres som gjødsel. Bioresten vil altså ha samme evne til å bygge opp det organiske materialet i jordsmonnet, og hindre utarming, på samme måte som ved direkte spredning av husdyrgjødsel.

Det at lett nedbrytbart materiale er omsatt vil medføre en noe mindre nedbrytning og et lavere oksygenforbruk etter spredning. Dette vil i prinsippet medføre lavere utslipp av lystgass som er en sterk klimagass. Her er det imidlertid mye mangel på kunnskap, og det bør drives videre forskning innen dette området.



Figuren viser spredning av biorest.

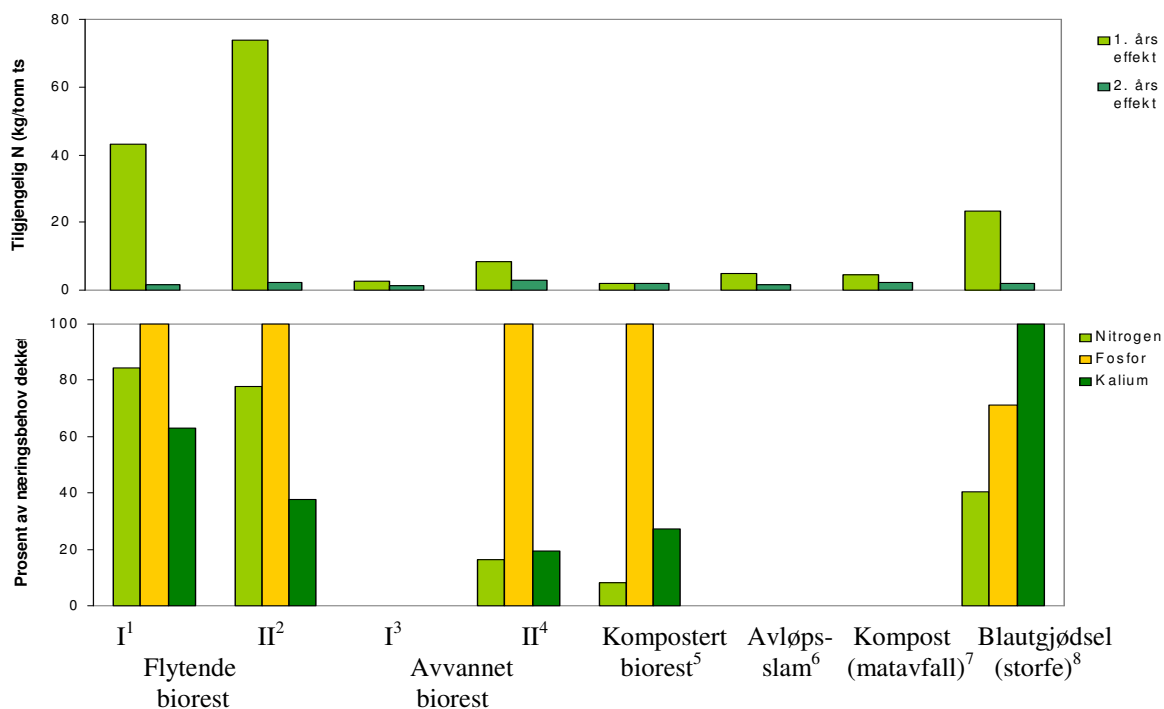
Foto: Helena Åkerholm, STI Sverige

Under biogassprosessen blir nitrogen omdannet til plantetilgjengelig ammonium. Fosfor og andre næringssalter som kalium, magnesium og mikroelementer forblir i bioresten. Ved å benytte bioresten som gjødsel så får man resirkulert alle næringssaltene.

På neste side vises et stolpediagram over hvor mye plantetilgjengelig nitrogen du finner per tonn tørrstoff i en biorest etter biogassproduksjon, sammenlignet med blautgjødsel fra storfe, 1. og 2. vekstsesong. Det fremgår at bioresten langt på vei ligner blautgjødsel, men har til dels et større innhold av plantetilgjengelig nitrogen. Verdiene kan variere en del.

I det nedre søylediagrammet ser vi at flytende biorest relativt sett har et høyere fosforinnhold enn blautgjødsel, men et noe lavere kaliuminnhold.

Dersom man ikke har tilgjengelig spredeareal for bioresten i rimelig nærhet, kan bioresten avvannes og eksempelvis komposteres. Fosfor følger stort sett fast stoff (avvannet biorest), mens mesteparten av nitrogenet i form av ammonium og vannløslige næringssalter som kalium, følger vannfasen. Dette er en løsning som gjøres på en del biogassanlegg som behandler kildesortert matavfall. Det er imidlertid en suboptimal løsning sett fra et gjødslings- og ressursynspunkt.



Figur 15 Søylediagrammene viser gjødselvirkingen ved bruk av flytende biorest, avvannet biorest, kompostert biorest og blautgjødsel. Øverste diagram viser mengden tilgjengelig nitrogen første og annen vekstsesong. Nederste diagram viser prosent av næringsbehov dekket for N, P og K, når ett av næringsstoffene er tilført i den mengden det er behov for

Kilde: Bøen et al., 2004.

1 Biogassanlegg, Uppsala kommune, Sverige. Uppsala kommun (2003)

2 Filborna Biogjødsel, opplysninger fra NSR AB, Sverige

3 Sellikdalen Renseanlegg, Kongsberg (Knap og Norgaard, 2004)

4 GLØR, Lillehammer (Knap og Norgaard, 2004)

5 GLØR, Lillehammer (Knap og Norgaard, 2004)

6 Lystad et al (2004)

7 Median av kompost fra 21 komposteringsanlegg (Asdal et al, 2002)

8 Planteforsk, gjødslingshåndbok

Erstatning av nitrogen, fosfor og kalium fra kunstgjødsl

Produksjon av kunstgjødsl innebærer et stort forbruk av energi (ca. 1 kg olje / kg N, Arne Grønlund 2007). Eklind et al. (1997) har gjort en kjemisk karakterisering av kildesortert matavfall. Nitrogeninnholdet er i størrelsesorden 2% av TS, mens fosforinnholdet ligger på ca. 0,4%. Kaliuminnholdet ligger på ca. 0,8%.

Til sammenligning så kan N-innholdet i gjødsl fra husdyr være om lag 2 – 4 ganger høyere (4 – 8% av TS) og med et P-innhold som er 2 – 5 ganger høyere (0,8 – 2,0%), men med enkelte markante avvik, f.eks. hestegjødsel med et P-innhold på bare 0,4% mens gjødsl fra pelsdyr kan ha et P-innhold på hele 4%. Det kan være store variasjoner (Planteforsk, 2005).

Hvis vi antar at vi har ca 600 000 tonn våtorganisk avfall (kildesortert matavfall fra husholdningene, fra butikker og storhusholdninger og slakteriavfall, og vi antar et tørrstoff på ca 30%, kan vi anta at vi har 200 000 tonn tørrstoff og et N-innhold på 4000 tonn per år. Ved en anslått N-pris på kr 8 per kg, er verdien av nitrogenet i matavfallet på 32 millioner kroner per år, veldig omtrentlig anslått.

Husdyrgjødsel blir allerede nå benyttet som gjødsl i landbruket, og både N, P og K blir således allerede nå benyttet. Biogassbehandling av gjødsla sikrer mindre tap av N til atmosfæren, og

mindre utslipp av ammoniakk og lystgass fra jordsmonnet, men foreløpig er det mangel på hvor stor betydning dette vil ha. Her er det behov for økt kunnskap, basert på norske undersøkelser. I prinsippet vil et redusert forbruk av kunstgjødsel også innebære et redusert CO₂ utslipp knyttet til kunstgjødselproduksjon, selv om dette ikke vil trekkes inn i det enkelte gårdsbruks klimaregnskap.

2.7.5 Oppsummering

- Brennværdien i tørrstoffet i matavfall fra husholdningene og fra storhusholdningene er på om lag 730 GWh, mens energien i tørrstoffet fra næringsmiddelindustrien er i størrelsesorden på 320 GWh, totalt 1050 GWh. Mye av dette er i dag ikke utnyttet til energi. Ved å hente ut energien i form av biogass, vil energiutbytte bli noe lavere enn den teoretiske brennværdien, men man kan da utnytte næringsstoffene som gjødsel. Ved forbrenning reduseres energiutbytte fordi vann må fordampes, og den produserte asken må behandles som farlig avfall.
- Organisk avfall fra meierier, bryggerier og bakerier går i dag til fôr. Dette gjelder også mye organisk avfall i form av frukt og grønnsaker.
- Avløpsslam og organisk slam fra treforedlingsindustrien utnyttes allerede i dag til energi, i form av biogass eller brensel.
- Det er et potensiale for uttak av energi i form av biogass fra husdyrgjødsel på om lag 1300 GWh. Dette potensialet er ikke hentet ut i dag. Ved å utnytte energien i husdyrgjødsel vil vi i tillegg senke klimagassutslippene ved dagens gjødselhåndtering. I tillegg får vi mindre lokale luktulempere og gjødsla får bedre spreddeegenskaper. Innledende forsøksresultater tyder på at produktkvaliteten bedres sammenlignet med ved bruk av kunstgjødsel.
- En samordnet behandling av husdyrgjødsel og matavfall i felles biogassanlegg åpner for store besparelser og ressursmessige og miljømessige fordeler. Løsningen reiser imidlertid en god del viktige spørsmål knyttet til kvaliteten på kildesortert matavfall, samt transport, lagring, ansvarsforhold og økonomiske fordelingsnøkler. Dette er utfordringer som det er viktig at man begynner å arbeide med så raskt som mulig slik at vi får en samordnet utvikling i landbruket og i kommunene.

3 Kostnader ved økt tilgang av trebasert bioenergi

Forrige kapittel gjennomgikk potensialet for biomasse til energiformål. Kostnadene knyttet til jordbruksvekster, avfall, slam og annet råstoff som potensielt kan benyttes til bioenergiformål er beskrevet der og vil ikke bli nærmere berørt i det følgende. Gjennomgangen har imidlertid vist at det er en begrenset tilgang på denne type biobrensel i forhold til det behov som vil oppstå med en betydelig økning i innenlandsk bioenergiforbruk. En stor del av økt biobrenseltilgang må derfor komme fra trebasert biobrensel.

Som gjennomgangen foran har vist blir det meste av uttaket av råstoff fra norske skoger allerede anvendt, enten som industriråstoff eller brensel. Skal brenselandelen av dette øke ytterligere, det være seg fra biproduktene fra trelast-/trevareindustrien eller tømmer, må energisektoren enkelt sagt kunne utkonkurrere industrien på pris (det vil si minst betale det industrien betaler i dag). I tillegg er det betydelige ressurser i skogen i form av uutnyttet balansekvantum og avvirkningsrester (GROT). Dette er råstoff som på et vis er ledige for utnyttning til bioenergiformål, men fordrer da priser som minimum dekker kostnadene ved uttak, bearbeiding og transport, men som også vil kreve et grunneierbidrag, dvs betaling til skogeier.

For å nærme oss spørsmålet om hva som skal til for å utløse økt tilgang på trebasert brensel vil vi i det følgende først se på relevante faktiske kostnader ved økt uttak av skogsvirke, herunder transport og logistikk før vi studerer mer inngående utviklingen i kvantum og priser på ulike tømmerstoffer, hva som bestemmer tilgangen på skogsvirke og hvordan dette kan økes. I dette blir også forholdet til internasjonal handel sentralt.

3.1 Transport og logistikk for skogsflis

Skogsflis kan opparbeides fra alle treslag enten som stammevirke (massevirke), heltrær eller GROT (greiner, topper og bult). Stubber etter slutt- og tynningshogster kan også benyttes til skogsflis. Stammevirke kan opparbeides og transporteres med det ordinære driftsapparatet av hogstmaskiner, lassbærere og tømmerbiler. Utnyttelse av GROT, heltrær og stubber krever derimot spesialutstyr som finnes i mange forskjellige varianter og kombinasjoner avhengig av om det skal flises ute i skogen, på velteplass eller ved industritomt. Felles for disse driftssystemene er at enhetskostnadene er større enn for de tradisjonelle rundvirkesystemene og at driftsmarginene er små med dagens betalingsvillighet i markedet. Derfor er lønnsomheten ved å utnytte biobrensel fra skogen svært følsom med hensyn til infrastruktur og rammevilkår.

3.1.1 Hogstaktivitet og terrengforhold

Kostnadene ved transport og uttak er avhengig av terrengforholdene. Spesielt viktig er terrenghelning og avstand til bilveg. Her er det store regionale forskjeller.

I kystfylkene (fra Aust-Agder til Troms) står to tredeler av stående kubikkmasse i det som kan regnes som hogstmoden skog (hogstklasse IV og V) i terrenghelning mer enn 20%. Videre er nesten en tredel av hogstmoden skog i helningsklassen over 40%, som i hovedsak regnes som taubaneterreng og følgelig gir et kostbart uttak. På Østlandet står på den annen side 61% av gammelskogen i den laveste helningsklassen, mens bare 12% står i helning over 40%.

Samtidig som det er mye bratt og vanskelig terreng i kystfylkene står mye av kubikkmassen i hogstklasse IV og V forholdsvis langt fra eksisterende veinett. I driftsveilengdeklassene 500-1000 m og over 1000 m står henholdsvis 27% og 29% av gammelskogen. På Østlandet står nær 60% av gammelskogen nærmere enn 500 m fra nærmeste bilvei, mens 17% av kubikkmassen har driftsveilengder over 1000 m.

3.1.2 Drifts- og transportkostnader av skogsflis

Kostnadsberegningene for produksjon av skogsflis er basert på tidligere og pågående prosjekt ved Skog og landskap. I disse prosjektene er det foretatt produksjonsstudier av flere typer hogst- og utkjøringsteknologier.

Hogst

Hogstmaskinens produktivitet er svært avhengig av trestørrelsen²¹. For opparbeidelse av heltrær med klippeaggregat med størrelser på 10-100 liter (dvs. 0,01-0,1 m³) varierer driftskostnadene fra 30-340 kr/fm³, tilsvarende 1,5-17 øre/kWh. Ved en trestørrelse på 50 liter ligger klippekostnadene på omtrent 65 kr/fm³ og 3,3 øre/kWh. For opparbeidelse av rundvirke med hogstmaskin med trestørrelser på 100-1000 liter varierer driftskostnadene fra 17-77 kr/fm³, tilsvarende 0,8-3,9 øre/kWh. Ved en trestørrelse på 300 liter ligger hogstkostnadene på omtrent 28 kr/fm³ og 1,4 øre/kWh. En 10 % økning i timepris vil føre til en økning i hogstkostnaden med 35 %.

Terrengtransport

Kostnadene for terrengtransport er mest følsomt for transportavstand og utkjøringsforholdene. Tidligere undersøkelser viser at lassbærers kjørehastighet i terrenget varierer fra 4 km/t i lett terreng til 1 km/t i vanskelig terreng.

For utkjøring av heltrær og GROT vil utkjøringskostnadene under gode terrengforhold variere fra 47 kr/fm³ ved en terrengtransportavstand på 100 meter til 117 kr/fm³ ved en avstand på 1500 meter²², dvs. fra 2,3 øre/kWh til 5,8 øre/kWh. Med samme transportavstander under vanskelige terrengforhold utgjør kostnadene henholdsvis 62 kr/fm³ (3,1 øre/kWh) og 342 kr/fm³ (17,1 øre/kWh). Dersom det forutsettes en gjennomsnittlig terrengtransportavstand på 500 meter blir kostnadene 67 kr/fm³ (3,3 øre/kWh) under lette terrengforhold og 142 kr/fm³ (7,1 øre/kWh) under vanskelige transportforhold.

For utkjøring av rundvirke vil utkjøringskostnadene under gode terrengforhold variere fra 22 kr/fm³ ved en terrengtransportavstand på 100 meter til 55 kr/fm³ ved en avstand på 1500 meter. Omregnet til energikostnad utgjør dette fra 1,1 øre/kWh (100 m) til 2,7 øre/kWh (1500 m). Med samme transportavstander under vanskelige terrengforhold utgjør kostnadene henholdsvis 29 kr/fm³ (1,4 øre/kWh) og 161 kr/fm³ (8,0 øre/kWh). Dersom det forutsettes en gjennomsnittlig

²¹ Beregningene tar utgangspunkt i en timepris per effektiv time (E₀-time) på 1000 kr og en gjennomsnittlig brennverdi på 2000 kWh/fm³

²² I beregningene tas det utgangspunkt i at lassbærerne har en timepris på 800 kr/E₀-time og en gjennomsnittlig lastekapasitet med GROT og heltrær på 8 fm³. For rundvirketransporten forutsettes gjennomsnittlass på 17 fm³

terrengtransportavstand på 500 meter blir kostnadene 31 kr/fm³ (1,6 øre/kWh) under lette terrengforhold og 67 kr/fm³ (3,3 øre/kWh) under vanskelige transportforhold.

Timeprisene og lassbærernes lastekapasitet er også viktige faktorer med hensyn til enhetskostnadene.

Flising og veitransport

Kostnadene for flising er avhengig av om det flises GROT eller heltrær. For veitransporten av skogsflis på lastebil er transportavstanden og lasstørrelsene avgjørende for kostnadsnivået. For både flising og lastebiltransporten anslås det at gjennomsnittskostnadene for hver av dem ligger på omtrent 70 kr/fm³ (3,5 øre/kWh).

Total fliskostnad levert industritomt

Totalkostnadene for levering av skogsflis til industritomt er beregnet for heltrær, GROT og rundvirke. I resultatene ovenfor forutsettes det samme laste- og flisekapasitet for heltrær og GROT. Resultat fra tidsstudier viser at lassbærerne har en noe høyere kapasitet på transport av heltrær i forhold til GROT. Tilsvarende har flishoggerne litt høyere produktivitet på heltrær i forhold til GROT. På grunn av dette forutsettes det at lassbærerne og flishoggerne gjennomsnittlig har 10 % høyere kapasitet når de transporterer og flishogger heltrær i forhold til GROT. Flishogging av rundvirke gir generelt en høyere produktivitet enn flishogging av GROT og heltrær.

Tabell 8: Totalkostnaden for opparbeiding og transport av flis fra heltrær under lett, middels og vanskelige driftsforhold.

Driftsforhold	Heltrær					
	Lett ¹		Middels ²		Vanskelig ³	
	kr/fm ³	øre/kWh	kr/fm ³	øre/kWh	kr/fm ³	Øre/kWh
Hogst	47	2,3	65	3,3	167	8,4
Utkjøring	34	1,7	82	4,1	282	14,1
Flising	50	2,5	75	3,8	100	5,0
Lastebiltransport	50	2,5	75	3,8	100	5,0
Sum	181	9,0	297	15,0	649	32,5

¹ Trestr.: 80 liter. Avstand: 100 m. Terrengshastighet: 4 km/t. Arbeidsforhold for flising: Lett. Veitransport: 30 km

² Trestr.: 50 liter. Avstand: 400 m. Terrengshastighet: 2 km/t. Arbeidsforhold for flising: Middels. Veitransport: 60 km

³ Trestr.: 20 liter. Avstand: 1200 m. Terrengshastighet: 1 km/t. Arbeidsforhold for flising: Vanskelig. Veitransport: 90 km

Tabell 9: Totalkostnaden for opparbeiding og transport av flis fra hogstavfall under lett, middels og vanskelige driftsforhold.

Driftsforhold	GROT					
	Lett ¹		Middels ²		Vanskelig ³	
	kr/fm ³	øre/kWh	kr/fm ³	øre/kWh	kr/fm ³	Øre/kWh
Utkjøring	52	2,6	91	4,5	313	15,6
Flising	55	2,8	83	4,1	110	5,5
Lastebiltransport	50	2,5	75	3,8	100	5,0
Sum	157	7,9	249	12,4	523	26,1

¹ Avstand: 100 m. Terrengshastighet: 4 km/t. Arbeidsforhold for flising: Lett. Veitransport: 30 km

² Avstand: 400 m. Terrengshastighet: 2 km/t. Arbeidsforhold for flising: Middels. Veitransport: 60 km

³ Avstand: 1200 m. Terrengshastighet: 1 km/t. Arbeidsforhold for flising: Vanskelig. Veitransport: 90 km

Tabell 10: Totalkostnaden for opparbeiding og transport av flis fra rundvirke under lett, middels og vanskelige driftsforhold.

Driftsforhold	Rundvirke					
	Lett ¹		Middels ²		Vanskelig ³	
	kr/fm ³	øre/kWh	kr/fm ³	øre/kWh	kr/fm ³	Øre/kWh
Hogst	22	1,0	35	1,8	58	2,9
Utkjøring	22	1,1	38	1,9	133	6,6
Flising	20	1,0	40	2,0	60	3,0
Lastebiltransport	40	2,0	60	3,0	80	4,0
Sum	104	5,1	173	8,7	331	16,5

¹ Trestr.: 600 liter. Avstand: 100 m. Terrengshastighet: 4 km/t. Arbeidsforhold for flising: Lett. Veitransport: 30 km

² Trestr.: 300 liter. Avstand: 400 m. Terrengshastighet: 2 km/t. Arbeidsforhold for flising: Middels. Veitransport: 60 km

³ Trestr.: 150 liter. Avstand: 1200 m. Terrengshastighet: 1 km/t. Arbeidsforhold for flising: Vanskelig. Veitransport: 90 km

3.2 Tømmerpriser, tømmertilbud og tømmermarkedets fungeringsmåte

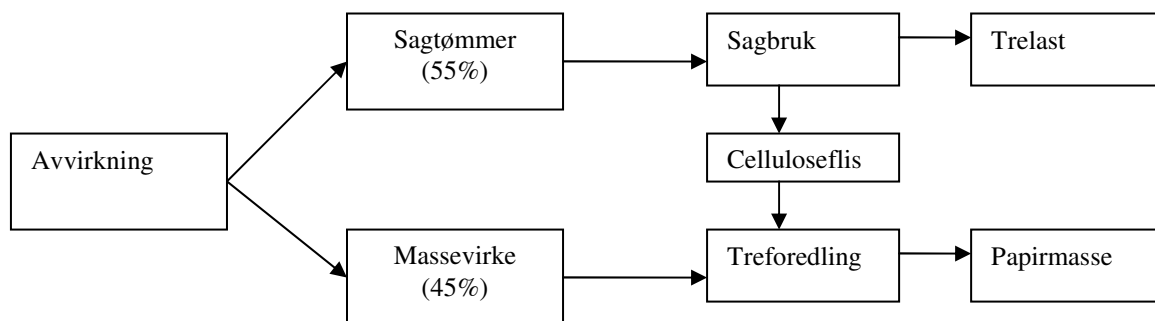
En økning av leveranser av biobrensel fra skogen må altså enten komme i form av uutnyttet tilvekst (dvs ny avvirkning), uutnyttede avvirkningsrester (GROT) fra eksisterende og eventuell ny avvirkning, eller i form av trevirke som benyttes til andre formål i dag. For å få økt uttak av biomasse fra skogen gjennom avvirkning kreves det at eierne av ressursen motiveres til økt tilbud. Dette krever en bredere gjennomgang av tømmermarkedets funksjonsmåte.

3.2.1 Priser og prisdannelsen

Hogst av tømmer kan betegnes som en "sammenkoblet produksjon", det vil si at man som regel ikke kan produsere bare ett sortiment. Tradisjonelt har den mest kvistfrie og rette delen av stokken (typisk nær roten) gått til trelastindustrien som såkalt sagtømmer (skurtømmer) og vært best betalt, mens det tømmeret som ikke tilfredsstillers kvalitetskravene for trelast har gått til papirmasseproduksjon i treforedlingsindustrien som såkalt massevirke (sliptømmer) og vært noe lavere betalt. Utover dette finnes spesialsortimenter som er enda bedre betalt enn sagtømmer, samt sortimenter som ikke tilfredsstillers kravene til massevirke, for eksempel på grunn av råte eller ferskhet, som har lavere verdi. Sagtømmer er et perfekt substitutt til massevirke i papirproduksjonen, mens det samme bare til en begrenset grad er tilfelle den andre veien. Bildet kan kompliseres ytterligere ved at skogeiere, alt etter prisene på det ene eller det andre sortimentet, kan velge å hogge tømmer på de steder hvor et spesifikt sortiment er dominerende. For eksempel øker gjerne tynningshogst i unge bestand (med mye massevirke) når forskjellen på prisene på massevirke og sagtømmer er lav.

Produksjonen er imidlertid ikke bare sammenkoblet gjennom at tømmer fra samme tre leveres til ulike formål og verdikjeder, de ulike verdikjedene er også delvis sammenkoblet. Et av biproduktene av produksjon av trelast (som altså bruker sagtømmer) er såkalt celluloseflis som tradisjonelt har gått til treforedlingsindustrien. Dette betyr at prisene på ulike tømmer-sortimenter ikke bare er avhengig av markedsutviklingen for den industrigren som det leveres til siden økonomien i trelastindustrien for eksempel er avhengig av betalingsvilligheten for celluloseflis i treforedlingsindustrien. Sammenhengene mellom sortimenter og treslag er viktige å forstå siden priser og prisdannelse på virke til ett type produkt som har en egen etterspørsel, vil slå inn på priser og prisdannelse på virke til et annet type produkt. Typisk vil altså etterspørselen etter papir kunne ha betydning for prisene på sagtømmer. Nyere tømmermarkedsanalyser tar derfor hensyn til at det er en gjensidig påvirkning mellom ulike typer sortimenter og treslag. Baardsen (1998) fant for eksempel at sagtømmer av gran og furu var nære substitutter (sagbrukene kan

relativt enkelt skifte mellom gran og furu), mens gran massevirke og sagtømmer var komplementære (leverer man sagtømmer må man som regel også levere massevirke).



Figur 16. Koblinger mellom sortimenter og verdikjeder

Tømmer og skogprodukter er å betegne som frihandelsvarer innen EØS-området, og de står således ikke ovenfor det samme tollregimet som for eksempel landbruksprodukter, og slike produkter handles fritt over landegrensene. Det betyr at prisdannelsen også i Norge påvirkes av tilbuds- og etterspørselsforhold internasjonalt. Størdal og Nyrud (2003) konkluderte for eksempel med at innenlandske priser og priser på eksportert og importert tømmer var integrerte, og at innenlands prisdannelse var påvirket av det svenske sagtømmermarkedet.

Internasjonal handel med tømmer har lange tradisjoner i Norge og er derfor en viktig del av tømmermarkedet. Spesielt viktig er grensehandelen med Sverige hvor eksport balanserer importen, men tømmer hentes også fra andre land og verdensdeler. Norsk treforedlingsindustri har lenge vært avhengig av importert virke, blant annet kortfibret Eukalyptus (som har spesifikke kvalitetsegenskaper) fra Sør-Amerika, men også gran massevirke fra Baltikum og Russland. Av disse grunnene vil prognostisert økende etterspørsel etter tømmer og fiber internasjonalt ha betydning for utviklingen i Norge. I Europa ser man økt etterspørsel etter fiber som en følge blant annet fra en voksende bioenergisektor, mens også som en konsekvens av økt innenlandsk konsum i Øst-Europa som følge av bedret levestandard og eksporttariffer på tømmer fra Russland.

Det meste av stammevirket som avvirket har altså en alternativ verdi i dag. Prisene på rundvirke til industrielle formål har økt de siste årene. Spesielt markant økningen har det vært på prisene på skurtømmer (sagtømmer) som har hatt en økning på ca. 100 kr fra 2004. Som det vises til nedenfor vil det bli en ytterligere prisøkning også på massevirke til treforedlingsindustrien.

Tabell 11. Gjennomsnittspriser for ulike sortiment tømmer, levert bilveg ved skog.

	2004*		2005*		2006		1.halvår 2007	
	kr/m ³	øre/kWh	kr/m ³	øre/kWh	kr/m ³	øre/kWh	kr/m ³	øre/kWh
I alt	305	15.2	318	15.9	313	15.7	360	18.0
Gran skurtømmer	385	21.9	403	22.9	415	23.6	476	27.0
Gran sams skurtømmer og massevirke	313	15.4	326	16.1	329	16.2	344	17.0
Gran massevirke	220	12.5	232	13.2	220	12.5	237	13.5
Furu skurtømmer	363	20.6	376	21.4	399	22.7	466	26.5
Furu sams skurtømmer og massevirke	282	16.0	299	17.0	333	18.9	343	19.5
Furu massevirke	174	9.9	189	10.7	189	10.7	209	11.9
Lauvtre skurtømmer	384	16.6	413	17.9	435	18.8	451	19.5
Lauvtre sams skurtømmer og massevirke		0.0		0.0	297	12.9	207	9.0
Lauvtre massevirke	214	9.3	201	8.7	195	8.4	241	10.4

Kilde: Statistisk sentralbyrå

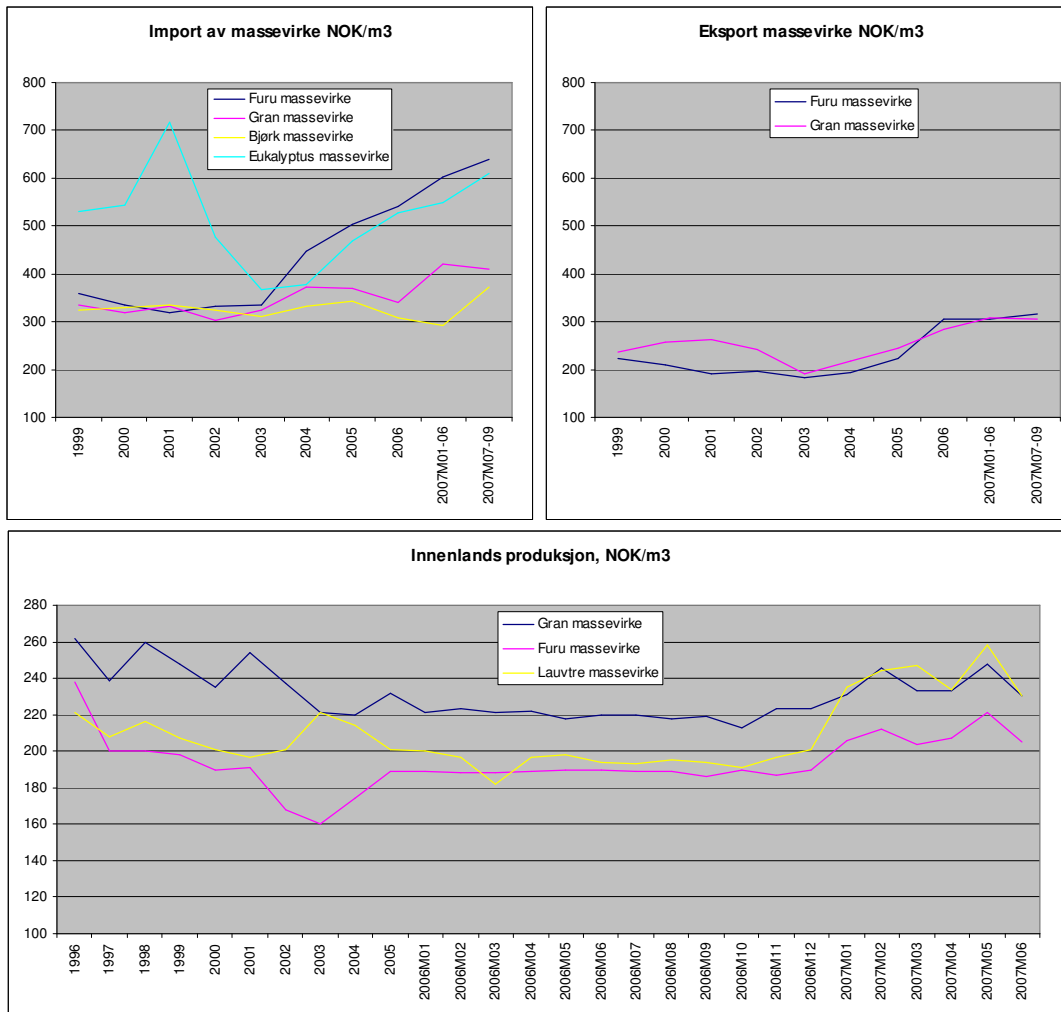
* Tallene er beregnet for å tilpasses sortimentsinndeling for 2006 og 2007

Grunnen til økningen i prisene på de fleste sortiment det siste året, er først og fremst en følge av høykonjunkturer i bygge- og anleggsbransjen, men også pga økt konkurranse om enkelte såkalte lavkvalitetssortimenter.

Prisene som er framforhandlet for andre halvår 2007 er på et nivå som ligger 100-150 kroner per m³ over nivået året før for sagtømmer (550-600 kr/m³ for gran og 500-550 kroner for furu), samt at prisene for såkalt energivirke og tørrgran (virke som ikke tilfredsstiller kravene til massevirke) er i området 200-220 kr/ m³, dvs rundt 10 øre/kWh levert skogsbilveg. Massevirkeprisene ligger i området 220 kr/m³ for furu og 250 kr/m³ for gran. Alle prisene er levert bilveg, dvs at frakt og logistikkostnader kommer i tillegg på pris levert industritomt.

De ulike sortimentene tømmer har spesielle egenskaper som gjør de egnet til en type produksjon, men dårligere til en annen. For stammeved til energiproduksjon er imidlertid treslag og sortimenter nære substitutter, og det er eventuelt forskjeller i brennverdi og askeinnhold som gjør at det ene foretrekkes framfor det andre. Til bruk i energiformål vil altså det virke som har lavest alternativverdi i dag, det vil si massevirke og virke med lavere kvaliteter som tørrgran og energivirke, være mest aktuelt. Det er imidlertid viktig å presisere at priser oppnådd i dag er priser klarert uten eventuell økt etterspørsel fra energiprodusenter. Avhengig av markedsutviklingen for skogprodukter internasjonalt, og følgelig de avledete priser på tømmer, vil altså dagens priser bare representere et laveste anslag på de priser som energiprodusentene kan forvente å få kjøpt virke til.

Som nevnt har prisene på tømmer de siste årene steget betraktelig for de fleste sortimenter. Denne utviklingen er gjengitt i figur 17:



Figur 17. Oppnådde gjennomsnittspriser innenlands, eksport og innenlands på massevirke av ulike treslag

Kilde: Statistisk sentralbyrå

De innenlandske prisene på massevirke sank fram til om lag 2003/2004, flatet deretter ut, for siden å stige markant fra slutten av 2006. Den samme utviklingen finner vi på importert og eksportert virke. Her er det noen merkelige utslag for spesielt import av furu massevirke som kan skyldes feil i statistikken, men for øvrig er både nivå og utvikling noenlunde i tråd med det som markedsaktørene opplyser. Det betyr importpriser på bartreslag (gran og furu) for tredje kvartal 2007 i størrelsesorden 400 kr /m³ og eksportpriser på om lag 300 kr/m³. (Forskjellen i priser mellom import, eksport og innenlands kan i hovedsak forklares med hvor prisene er notert og således tilskrives transportkostnader og eller kvalitetsforskjeller). Med priser på 400 kr/m³ levert industritomt snakker vi altså om ca 20 øre/kWh og det før flisings- og eventuelt tørkekostnader.

Hvilken retning prisutviklingen går videre er vanskelig å si noe sikkert om, men det er trolig at prisene vil holde seg høye gitt en fortsatt høy aktivitet i bygge- og anleggsbransjen. Økt innenlandsk forbruk i Øst-Europa vil også bidra til å holde prisene oppe. Videre vil en stadig økt etterspørsel etter massevirke til energiformål, som man blant annet ser tydelig i Sverige, føre til prispress. I mer langsiktige prognoser for framtidig tilbud og etterspørsel etter tømmer og skogprodukter som er referert i Vennesland et al. (2006) er konklusjonene oppsummert som følger: Etterspørselen etter trevirke i Europa vil fortsette å vokse, avvirkningsnivået vil stige, men fortsatt være lavere enn netto tilvekst og at prisprognosene er usikre, men innenfor

variasjonen de siste tjue årene. Ressursene er altså tilgjengelig, men hvilken pris som oppnås og til hvilke formål er usikkert og blant annet avhengig av framveksten av bioenergisektoren internasjonalt og av økende krav til bærekraftig og miljøriktig uttak av tømmer.

3.2.2 Tømmermarkedets fungeringsmåte

Norsk skogbruk kjennetegnes ved at mesteparten av skogarealet eies av private, såkalt ikke-industrielle eiere, tradisjonelt i kombinasjon med jordbruk. Strukturen på norsk skogbruk er således forskjellig fra det svenske hvor de såkalte "bolagsskogene", dvs industriell skog, har en langt større andel. I økende grad finnes skogeiere som enten bor utenfor skogeiendommen eller har lønnsinntekt fra kilder utenfor eiendommen. Flestparten av eiendommene er av en slik størrelse at det ikke avvirket hvert år. Av totalt 112.000 skogeiendommer, var ca. ¼ aktive i den forstand at de hadde positiv næringsinntekt fra skogbruket i 2005 (SSB 2007). I stadig mindre grad er det skogeieren selv som står for hogst og framkjøring og mesteparten av det tømmer som leveres i dag avvirket maskinelt av innleide hogstentreprenører. En økt avvirkning som følge av leveranser til bioenergiformål er derfor avhengig av et effektivt hogstentreprenørapparat med kapasitet til å ta unna denne økningen.

På grunn av at norsk skogbruk kjennetegnes av mange små skogeiendommer som avvirker relativt sjeldent spiller skogeiersamvirket en vesentlig rolle i tømmermarkedet. Om lag ¾ av det tømmer som årlig avvirket omsettes gjennom et av de regionale skogeierandelslagene. Mesteparten av det resterende omsettes gjennom andre organisasjoner som står for videresalg til industrien. Svært lite tømmer selges direkte fra enkeltskogeiere til industrien. Grunnen til dette er at det kreves et relativt omfattende apparat for å koordinere og kjøpe inn tømmer fra mange små leverandører, samt at det også kreves at skogeierne oppfyller visse minimumskrav knyttet til miljømessig forvaltning av skogarealet (miljøsertifisering) som sikres gjennom bruk av for eksempel skogeierandelslagenes apparat.

Prisene framforhandles regionalt mellom industrien og de enkelte skogeierandelslag (eller andre førstehåndskjøpere av tømmer). Prisperiodene er relativt lange, i hovedsak ett år av gangen, men i noen tilfeller kortere. Prisdannelsen er et resultat av et typisk forhandlingsmarked og det er altså ikke noe etablert "spotmarked" for tømmer.

Siden tømmer er kostbart å frakte vil dette regionalisere markedene. I tillegg er, av historiske årsaker, de regionale markedene svært konsentrerte. Det er store regionale variasjoner, men enkelte av skogeierandelslagene har tilnærmet monopol for innkjøp av tømmer i sine regioner (Størdal 2004). Til tross for dette har de begrenset mulighet til å utøve monopolmakt verken ovenfor industrien eller ovenfor skogeierne. Dette er tilfelle fordi importert tømmer, og eventuelt tilbud fra andre leverandører, vil være et viktig korrektiv i markedet og fordi andelslagene ikke har kontroll over tilbudskurven – det er de enkelte skogeierne som tar beslutning om hogst basert blant annet på gjeldende priser. Tvert imot finner industrien at de verdsetter arbeidet skogeierandelslagene gjør med å koordinere innkjøpene fra mange små og spredte skogeiere som en profesjonell forhandlingsmotpart og at skogeierandelslagene – og de øvrige større innkjøpsorganisasjonene – ser til at de forpliktelsene som er i forbindelse med miljøsertifisering av skogsdriften blir utført. Det har også vært hevdet, på den annen side, at industrien selv har kunnet utøve kjøpermonopol eller tilnærmet dette (monopsoni/oligopsoni) siden denne blir stadig mer konsentrert og at skogeierne er avhengig av å selge til disse. Spesielt gjelder dette treforedlingsindustrien, hvor kjøperne av massevirke i realiteten består av en til to større kjøpere. Studier som har analysert konkurransesituasjonen i tømmermarkedet (Størdal og Baardsen 2002, Størdal og Nyrod 2003) har imidlertid funnet at markedene både for sagtømmer og massevirke fungerer rimelig effektivt siden det finnes flere muligheter for markedskorrektiver både på kjøper- og selgersiden. At mulighetene til markedsmakt for begge

sider varierer mellom år og regioner er imidlertid ikke uvanlig i forhandlingsmarkeder og spesielt ha sin årsak i asymmetrisk informasjon.

Oppsummert kan man anta at monopolmodeller ikke er beskrivende for tømmermarkedet og at det således ikke er vesentlige dødvectstap utover det man kan forvente i forhandlingsmarkeder. Det er således å forvente at endret etterspørsel vil få ”normale” konsekvenser for markedslukeveksten. En eventuell økt etterspørsel etter trevirke til bioenergiformål vil føre til økt etterspørsel etter fiber og alt etter elastisiteten til henholdsvis tilbuds- og etterspørselskurvene for de enkelte sortiment føre til en prisøkning. Dette blir drøftet mer i detalj i avsnittet om konkurranse om råstoffet.

3.2.3 Hvordan øke utbudet av råstoff fra skogen?

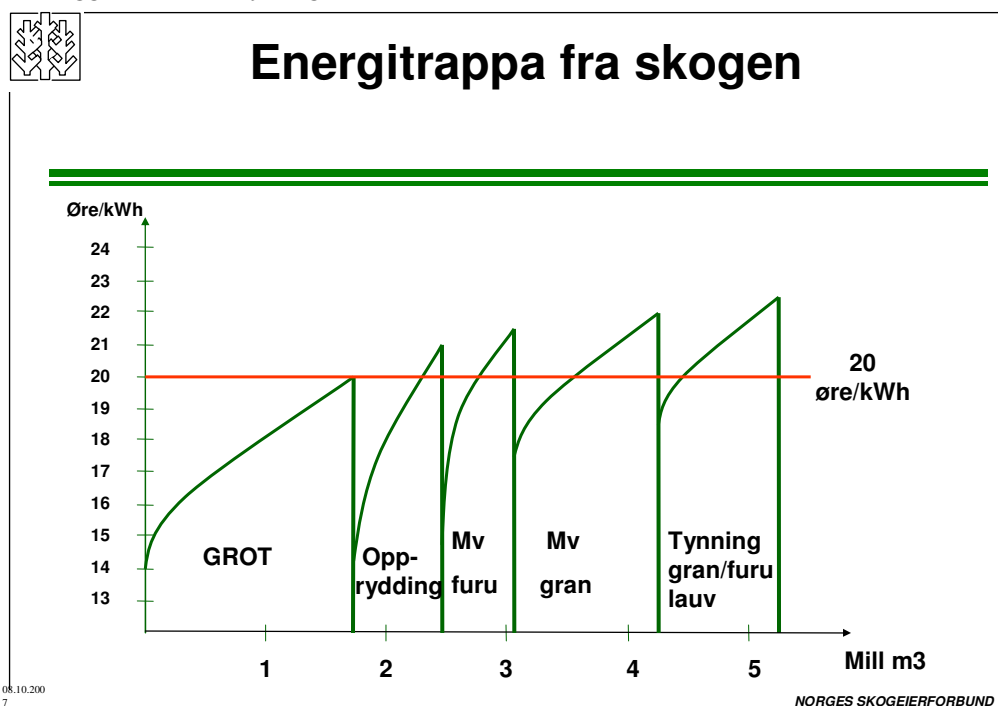
Hva som bestemmer tilgangen på skogsvirke og hvordan dette kan økes er hovedspørsmål i en videre drøfting av mulighetene for tilgang til trebasert råstoff til bioenergiproduksjon. Ovenfor har vi beskrevet at prisdannelsen skjer i et forhandlingsmarked mellom kjøper og selger (som i hovedsak er skogeierorganisasjoner) og at korrektivene til markedene blant annet er muligheten for import og eksport. Som nevnt vil imidlertid økt utbud av trevirke være avhengig av at beslutningstakerne, det vil si skogeierne, tar beslutninger om hogst. Tilbudet fra skogeiere er imidlertid vanskelig å modellere på vanlig vis og dette har derfor vært gjenstand for mangfoldige analyser både i Norge og utenlands gjennom de siste tiårene.

En oppsummering av tidligere studier knyttet til tilbudsrelasjoner for tømmer og skogprodukter er gitt i Vennesland et al. (2006). Grunnen til at tilbudet av skogsvirke er spesielt interessant og vanskelig å modellere er at skogeiere (private, såkalt ikke-industrielle) har vist å ikke bare ha rent profittmaksimerende atferd, men at elementer fra nyttefunksjonen også har betydning – dvs at ulike målsettinger med å eie og drive skog, alder, erfaring mv. kan ha betydning for hvorvidt det hogges eller ikke. Det betyr at tilpasningen kan være annerledes enn rene bedriftsøkonomiske tilpasninger som i hovedtrekk vil kjennetegne aktører videre i verdikjeden. I særlig grad har analyser internasjonalt pekt på den økende interessen for å eie og drive skog ut fra ikke-økonomiske målsettinger – for eksempel ved at stående skog i seg selv har en egenverdi eller ved at skogeieendommen har en verdi for friluftsliv, jakt og fiske mv. Med økende levestandard og der inntekten fra skogbruk marginaliseres i forhold til annen inntekt, vil andre verdier fra skog bli viktigere for stadig flere eiere. Dette er forhold som bidrar til at ulike kategorier skogeier vil respondere forskjellig på prissignaler.

Til tross for at andre variable har betydning har empiriske studier av norske skogeiere konkludert med at det likevel er økonomiske relasjoner som er viktigst med hensyn til hogstbeslutningen. Bortsett fra at tømmerpris er funnet signifikant å påvirke nivået på avvikning er det en viss spredning i tidligere studier hvor stor denne er. Priselastisiteten, det vil si hvor stor relativ endring i hogst som skjer som følge av en endring i pris, varierer mellom 0,5 og 1,2, dog med et tyngdepunkt i nærheten av 1. Bruker vi dette kan vi således si at en prosent endring i tømmerprisen i gjennomsnitt fører til en prosent endring i avvikningsnivået

Norges skogeierforbund har prøvd å kvantifisere hvilke mengder av ulike sortiment som blir tilgjengelig til ulike priser på brensel. Som det framgår vil det trolig ikke bli utløst noe særlig mengde før ved 15 øre/kWh. For 20 øre/kWh får man utløst mesteparten. Viktig er også at Skogeierforbundet ikke anser at bedre sortiment enn massevirke kan være aktuelt til energiformål. Det er viktig å presisere at energitrappe ble laget i 2003 og er å betrakte som en prinsippkisse. Prisene på alt virke har siden da økt betraktelig og prisene til ulikt kvantum er derfor for lave i forhold til dagens situasjon.

Ut fra Skogeierbundets anslag vil det være tilgjengelig drøye 1,5 TWh GROT, og ca 0,5 TWh oppryddingsvirke til en pris under 20 øre/kWh med 2003 priser på virket. Med dagens priser vil dette ligge relativt betydelig over dette.



Figur 18. Energitrappa fra skogen.

Kilde: Norges skogeierforbund

Beregningene over er i utgangspunktet tekniske i det at de antar at dersom kostnadene ved utdrift dekkes vil biomassen være tilgjengelig.

For å utløse ny avvirkning vil dette kreve at skogeiere sitter igjen med større netto enn de gjør med dagens avvirkning. Det betyr at gjennomsnittsprisen på virket må være høyere enn det er i dag eller at gjennomsnittskostnadene ved uttak blir lavere gjennom for eksempel mer effektive driftssystemer. Skogeiers netto kan øke ved at GROT også tas ut av skogen fordi dette gir større volum levert, men det forutsetter også at uttak av GROT gis et grunneierbidrag. Grunnen til det er at det finnes usikkerhet med miljømessige effekter av uttak av GROT, samt at det er lite trolig at tilbydere vil akseptere ingen betaling for et råstoff som aktører senere i verdikjeden tjener på å ta i bruk. Størrelsen på et grunneierbidrag eller betaling for GROT til skogeier er usikker, men skogeierandelslag oppgir en betaling på 40 kr pr. fm³, eller 2 øre/kWh, som et minimum dersom det skal kunne drives fram kvanta av betydning.

Dersom en bruker tankegangen bak energitrappa til Norges Skogeierforbund så går det an, med utgangspunkt i reelle kommunevise priser på ulike sortiment, å konstruere en kurve over hvor store kvanta som vil være tilgjengelig til ulik pris. Følgende forutsetninger er lagt inn:

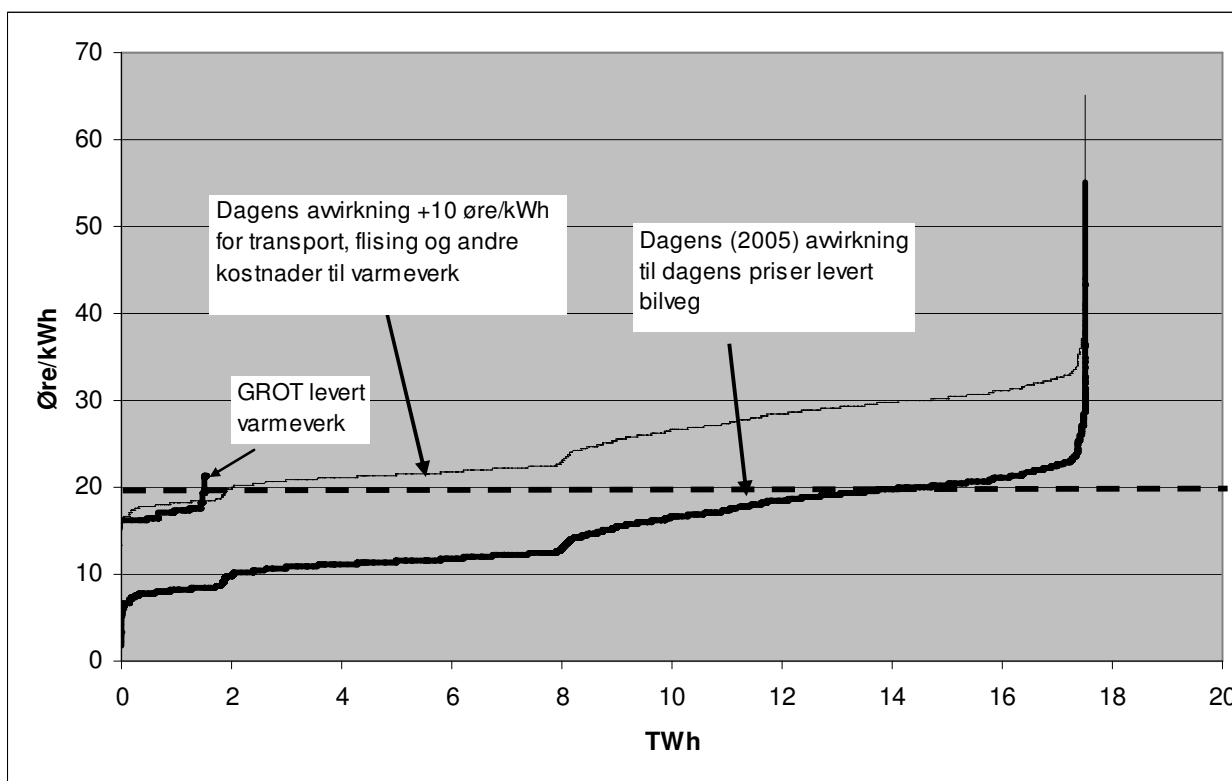
- Det er brukt reelle gjennomsnittspriser og kvantum på ulike sortiment fordelt på kommune for 2005
- Kvantumet er bare industrivirke og det er ikke tatt hensyn til mengder av ved eller mengder og priser på importert virke
- Treslag er justert for brennverdi.
- Bark er beregnet separat som et påslag på 10 % på volum av industrivirket og lagt inn med halve brennverdien ift stammeved

- Transport, flising mv er lagt inn med 10 øre/kWh som er i nærheten av de midlere verdier i avsnittet om transport og logistikk

GROT-kvantum er beregnet separat og på fylkesnivå. Her er følgende forutsetninger brukt:

- Beregnet på grunnlag av reelle kvantum og i henhold til anslått mermasse på ulike treslag. I henhold til opplysninger fra aktører, anslås 1/3 av groten fra samlet sluttavvirkning som mulig å ta ut.
- Det er tatt utgangspunkt i reelle driftskostnader for sluttavvirkning beregnet av Statistisk Sentralbyrå og ut fra dette beregnet en drifts- og framdriftskostnad for GROT i henhold til opplysninger fra aktører
- Treslag er justert for brennverdi, men noe høyere enn for rått virke da det er forutsatt 40 % fuktighet som følge av ett års lagring i skogen.

Med dette utgangspunktet har vi laget en figur over tilgjengelige kvanta gitt 2005-priser på tømmer (som nevnt har prisen økt 100-150 kr/m³ eller 5-7 øre/kWh siden da og som kommer som påslag på den kurven som er beregnet).



Figur 19. Beregnet energipris på eksisterende avvirkning til industriformål samt mengder og priser på GROT av denne avvirkningen.

Som det framgår av figuren vil det være i størrelsesorden et kvantum tilgjengelig på om lag 2 TWh av stammevirke og om lag 1,5 TWh GROT til en pris under 20 øre/kWh med de gjeldende forutsetninger. Det er viktig å merke seg at dette gjelder for 2005 priser og at det har vært en markant økning i prisene siden da. Det er også slik at kurvene viser priser som er oppnådd. Dersom virket skal gå til bioenergiformål må man anta at prisene må øke relativt mye utover eksisterende prisnivå.

Trømborg et al. (2007) har analysert virkninger på tømmerprisene av økte energipriser og følgelig økt etterspørsel etter trebasert biobrensel. De fant at en økning i energiprisen fra 50

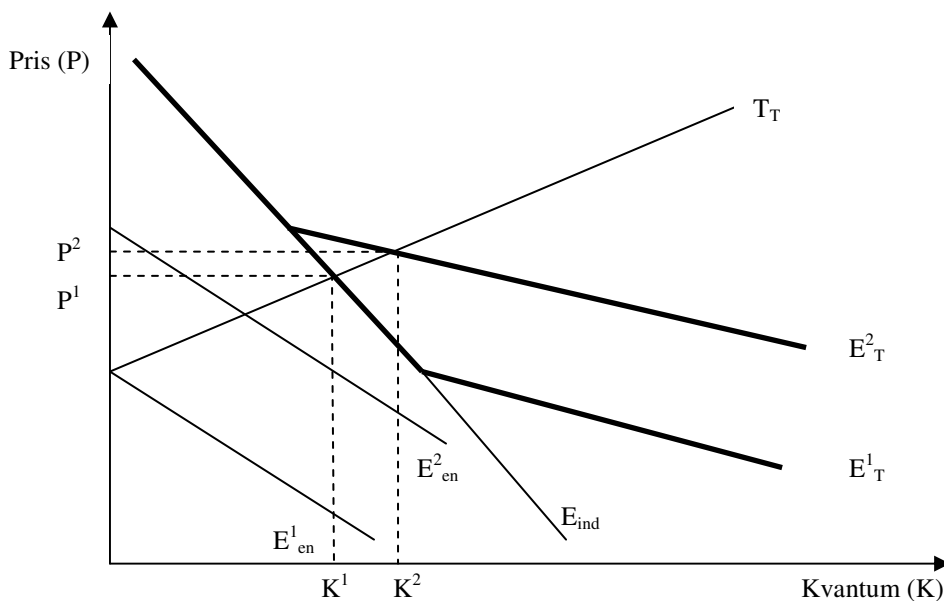
øre/kWh til 70 øre/kWh vil føre til en økning på 25 % i tømmerkvantumet, først og fremst furu og lauv massevirke (Det er også her etterspørselen er minst i Norge – og differansen mellom tilvekst og uttak størst i dag), som følge av økning i massevirkeprisene på 20-30 % . De peker imidlertid også på at økt bruk av avvirkningsrester som GROT vil bidra til å dempe presset på tømmerprisene.

3.3 Råstoffkonkurransen

Økt produksjon av bioenergi vil medføre etterspørsel etter råstoff som har alternativ anvendelse i dag. Dette vil gi økt råstoffkonkurransen og ha en rekke konsekvenser som økt pris og aktivitet hos leverandører av råstoff til bioenergi, i første rekke trelastindustri og skogbruk; økt pris og redusert aktivitet hos tradisjonelle kjøpere av trevirke som plateindustri, treforedling mv.

Effektene av dette avhenger av elastisitetene (dvs hvor mye kvantum som blir tilgjengelig som følge av en prisendring) i tilbudet av de respektive råstoffkategorier og i etterspørselen fra henholdsvis industri- og energisiden. Et tilleggsmoment er at flere av råstoffmarkedene, spesielt for sagbrukenes biprodukter, har vært preget av lite elastisk tilbud og muligheter for markedsrett fra kjøperne (monopsoni/kjøpermonopol) siden disse har vært få og store. Selv om kjøpermakten er begrenset av mulighetene for import/eksport, noe som synliggjøres i utviklingen i prisnivået i forhold til nære substitutter, vil økt etterspørsel etter råstoff som brensel kunne gi en større prisøkning og fortrenkning av tidligere anvendelser enn hva tilfellet er i markeder med flere etterspørrere.

Graden, og effekten av råstoffkonkurransen avhenger av betalingsvilligheten til energiproducentene i forhold til tradisjonell industri. Figuren nedenfor som er inspirert av SLU (2004) illustrerer hvordan bedret betalingsvillighet påvirker priser og omsatt kvantum i et gitt råstoffmarked.



Figur 20. Effekter på markedsklaringen på råstoff som følge av økt konkurranse fra energiproducenter.

Markedsklareringen skjer i skjæringspunktet mellom samlet tilbud (T_T) og etterspørsel (E_T). Samlet etterspørsel er lik summen av energiprodusentenes etterspørsel (E_{en}) og tradisjonell industris etterspørsel (E_{ind}). I perioden 1 er energiprodusentenes etterspørsel lavere enn tilbyderens marginalkostnadskurve (som definerer tilbudskurven). Følgelig er markedsklareringen definert av tradisjonell industris etterspørsel og vi får tilpasningen på pris= P^1 og på kvantum= K^1 . Så kan man anta at det skjer noe med betalingsvilligheten til energiprodusentene i periode 2 (for eksempel bedre energipriser eller subsidier) som gjør at deres etterspørsel får et skift. Dette vil også påvirke total etterspørsel som endres og vi får en ny markedsklarering, P^2 og K^2 som begge er høyere enn opprinnelig tilpasning.

Det ovennevnte er en enkel tilnærming til hvordan økt etterspørsel fra energiprodusenter vil forrykke markedsklareringen. Dersom tilpasningen i utgangspunktet er et kjøpermonopol (monopsoni) vil effekten av en ny etterspørter være enda mer dramatisk når det gjelder pris og kvantum.

Videre vil effekten på pris og kvantum være avhengig av elastisiteten, noe som vil være forskjellig mellom de ulike råstoffmarkedene. Trelastindustriens biprodukter kan for eksempel sies å være en relativt fast andel i forhold til produksjonen av hovedproduktene (som for eksempel trelast) og tilbudet vil således på kort sikt være relativt uelastisk, dvs at kvantumet omsatt endres lite som følge av prisendringer. Imidlertid vil høyere pris på biproduktene føre til en bedre totaløkonomi som i tur vil gi økt produksjon og følgelig økt utbud av biprodukter slik at en viss elastisitet vil det være på noe lengre sikt. For massevirke (dvs tømmer som ikke går til trelastproduksjon) er sannsynligvis tilbudet noe mer elastisk siden skogeiere i større grad har mulighet til å optimere produksjonen etter prisforholdene mellom de ulike sortimenter.

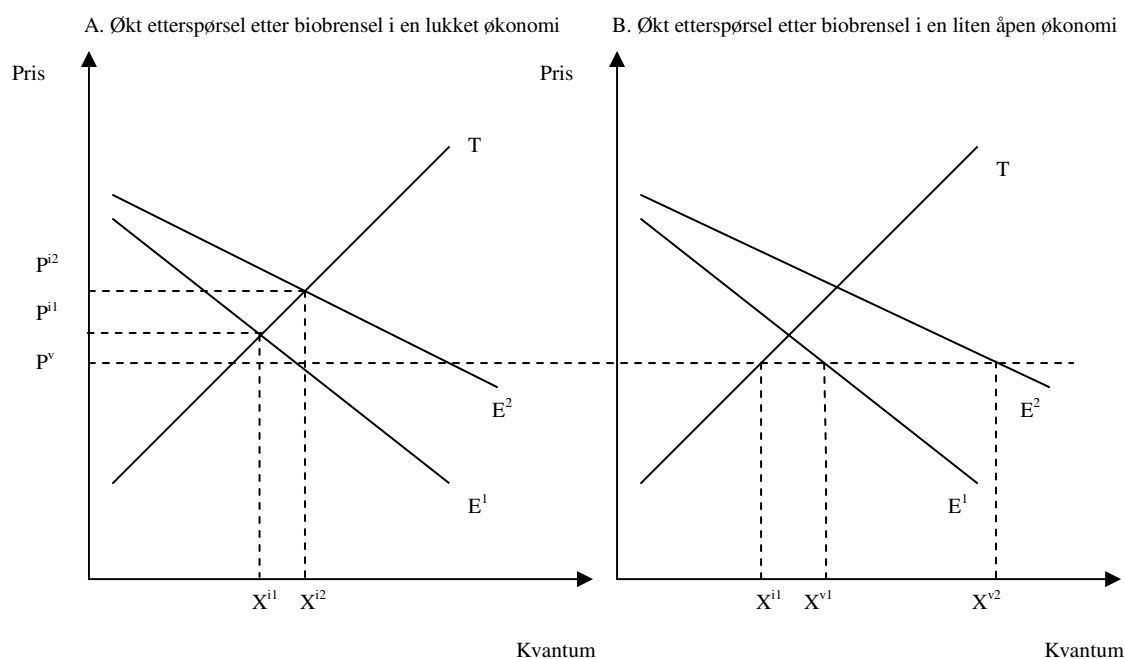
Samlet sett vil effekten av et uelastisk tilbud føre til relativt høyere prisøkninger på råstoffet som følge av økt konkurranse enn hva tilfellet vil være på råstoff med mer elastisk tilbud. Ut fra et slikt resonnement kan man hevde at økt konkurranse fra energisektoren vil ha større effekt på prisdannelsen på industriens biprodukter enn det vil ha for prisdannelsen på massevirke.

Et hovedspørsmål med hensyn til næringsmessige konsekvenser er dog knyttet til i hvilken grad økt innenlandsk etterspørsel etter biobrensel vil føre til økt innenlandsk produksjon eller økt import. Dette er mest relevant når det gjelder tilgangen på råstoff og foredlet brensel, siden selve varmeproduksjonen nødvendigvis skjer lokalt.

Et mulig scenario er at økt etterspørsel etter biobrensel utelukkende vil føre til økt brenselimport. Dette kan bli resultatet hvis:

- Innenlandsk tilbud er relativt uelastisk, dvs. at det skal svært store prisøkninger til for å utløse vesentlig økt avvirkning.
- Norge kan importere ubegrensede kvanta til gitte priser på verdensmarkedet og at disse ikke, eller i liten grad, påvirkes av norsk etterspørsel.

Som vist i Figur 21 vil i så fall vil de næringsmessige konsekvenser bli små (med unntak av foretrentningen i annen energiproduksjon). De næringspolitiske argumentene for bioenergisatsingen vil da i stor grad bortfalle, selv om de miljø- og energipolitiske hensyn fortsatt ivaretas. På den annen side vil det i dette tilfellet ha stor betydning om virkemiddelbruken rettes mot tilbudssiden eller etterspørselssiden.



Figur 21. Virkninger av en etterspørselsøkning etter biobrensel i hhv en lukket (a) og en liten, åpen, økonomi (b)

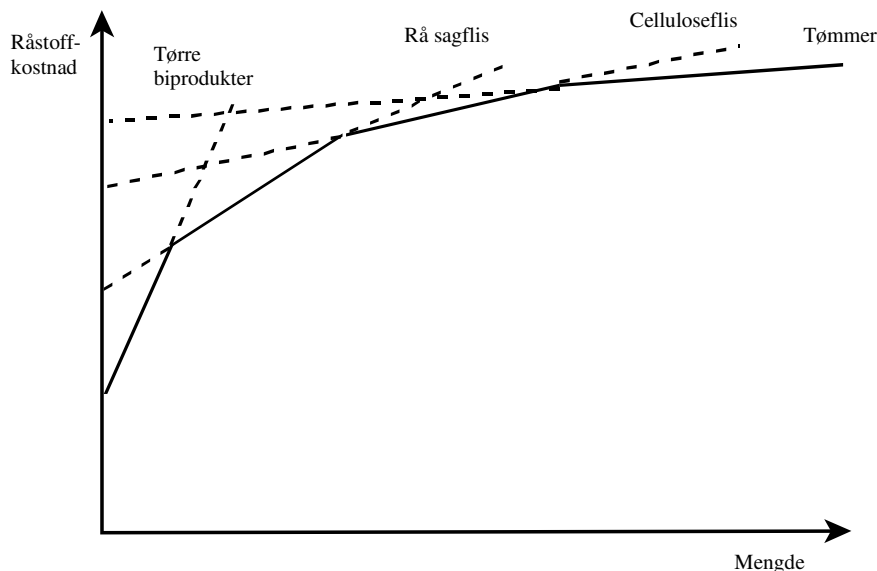
* I tilfelle (a) vil enhver etterspørselsendring slå direkte inn på endret innenlandsk etterspørsel, og følgelig også endrede priser. I tilfelle (b) vil innenlandsk tilbud være avhengig av verdensmarkedsprisen P^v . Økt etterspørsel etter biobrensel vil føre til økt import $X^{v2} - X^{v1}$.

I dag importeres store kvanta tømmer til skogindustrien og man kan derfor kunne gå ut i fra at det er tilfelle (b) i Figur 21, med andre ord at innenlandsk industri er ”overdimensjonert” i forhold til innenlandsk utbud. Et annet spørsmål er om industrien, bl.a. på grunn av transportkostnader, har muligheten til å prisdiskriminere innenlandsk virke, slik at dette betales lavere enn importert. Som tidligere drøftet, og understøttet av studier av markedet, er det ikke belegg for å hevde dette, selv om prisene på importert virke kan synes å være noe i overkant av det virke som omsettes innenlands. En av årsakene til at det kan være forskjeller på import og innenlandsk virke er behovet for å kjøpe marginalkvanta for å opprettholde produksjonen i perioder eventuelt også for å redusere risikoen for å ikke få tilstrekkelig med råstoff til enhver tid. På bakgrunn av dette kan det antas at økt etterspørsel etter biobrensel i form av råstoff fra skogen vil føre til økte priser, men at dette må harmoneres med de prisene som finnes i verdensmarkedet.

I realiteten er det mange markeder for ulike former for bioenergi, både med hensyn til ulike typer etterspørere og med hensyn til ulike råstoffkategorier og foredlingsgrader på energibæreren. Dette er nærmere berørt tidligere.

Som det også er beskrevet, og som vi kommer nærmere tilbake til, eksisterer det i dag en alternativ anvendelse for de fleste trebaserte råstoffkategorier, for eksempel innen plateindustri og treforedling. Flere av råstoffkategoriene (som biprodukter fra sagbruk mv) har lavere priser enn tømmer fra skogen, men har også begrenset tilgang og relativt uelastisk tilbud. For plateindustri og treforedling har dermed prisene på disse produktene økt betydelig de senere år og nærmet seg tømmerprisene i takt med økende etterspørsel og flere etterspørere etter biproduktene. Økt konkurranse om de mest gunstige fraksjonene av biprodukter fra trelastindustrien er som nevnt prisdrivende slik at det på et eller annet tidspunkt vil være billigst å likevel ta i bruk en i utgangspunkt mindre gunstig fraksjon. Jo mindre det finnes av en

fraksjon, og jo større konkurranse det er om råstoffet, jo raskere endres prisen som følge av økt etterspørsel. Dette synliggjøres i figur 22:



Figur 22. En illustrasjon av hvordan økt kostnad på råstoff til bioenergiproduksjon fører til etterspørsel etter nye råstoffraksjoner.

Ved fortsatt økende etterspørsel av disse råstoffkategoriene i form av trebasert biobrensel kan det påregnes en tilnærmet lik fiberpris, regnet i tørrvekt (dvs etter tørkekostnader) for mange råstoffkategorier og at markedet vil klareres i form av de avledete massevirkeprisene.

3.3.1 Råstoff med alternativ anvendelse av i dag og som det forventes konkurranse om

Som tidligere beskrevet er trebasert biobrensel å betegne som en knapp ressurs i økonomiske termer. Det vil si at nesten alt kvantum har en alternativ anvendelse og således en positiv alternativverdi. Det betyr også at det er blitt bygd opp en industri rundt bruken av slikt råstoff som i større eller mindre grad vil merke konkurransen om råstoffet, både i form av høyere priser, men også i form av mindre tilgang av de mest gunstige råstoffraksjonene (dvs i utgangspunktet de billigste). Graden av konsekvenser for de ulike industrinæringene vil avhenge av hvor avhengig de er av råstoffet, hvor stor andel de står for av totalkostnadene, og i siste omgang evnen til å bære eventuelt økte priser på råstoffet som følge av økt konkurranse. For trebasert biobrensel er det følgende typer råstoffraksjoner/-kategorier som er gitt spesiell oppmerksomhet:

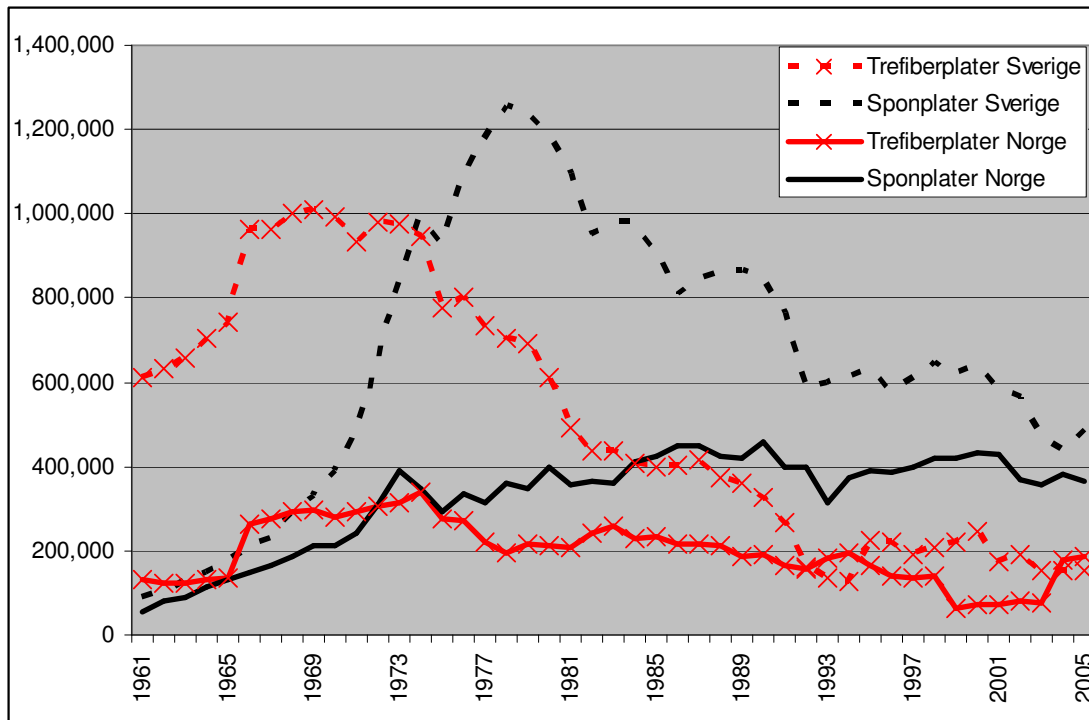
- tørre fraksjoner biprodukter fra trelast-/trevareindustrien;
- rå sagflis fra trelastindustrien;
- celluloseflis fra trelastindustrien; og
- massevirke og lavkvalitetstømmer fra skogbruket.

Tørre fraksjoner biprodukter	I tillegg til energiproduksjon finnes det tre konkurrenter for de tørre fraksjonene i dag: <ul style="list-style-type: none"> - høybetalingssegmenter (strø til landbruket) - egen energi - sponplateindustrien Bioenergi er ikke konkurransedyktig nok til å ta over kvanta fra høybetalingssegmenter. Uansett dreier dette seg om små mengder samlet sett, slik at vi i det følgende kan se bort fra dette. Fordelen med leveranser til plateindustrien er at det avtales langsiktige leveranseavtaler som gir en sikker avsetning på produktene. Inntrykket fra samtaler med bransjeaktører er at tilgangen på tørt brensel, ut over de bruksområder som finnes i dag, er begrenset og vil uansett være i form av mindre kvanta fra spredt lokaliserte leverandører
Rå sagflis	Rå sagflis leveres i dag i stor utstrekning til sponplateprodusenter, trefiberproduksjon, dels som strø i landbruket, men også i noen grad til egne fyrkjeler. Av de to trefiberprodusentene er det kun Huntonit i Vennesla som bruker sagflis i produksjonen. Konkurransen på rå sagflis vil avhenge av hva som skjer med sponplateproduksjonen. Et moment som er blitt trukket fram er viktigheten av å se tørre fraksjoner (eks. kutterspon) og rå sagflis i sammenheng. Sponplateindustriene er avtaker av begge fraksjoner og en eventuell ny mottaker, for eksempel pelletsproduksjon, vil bli satt krav til å kunne motta både tørt og rått råstoff for å kunne konkurrere på lik linje
Celluloseflis	Av tømmerstokken inn på sagbruk står celluloseflis for 1/3 av tømmervolumet forbrukt, eller 70 % av trelastvolumet som produseres. Gode avsetningsforhold og gode priser er derfor avgjørende for sagbrukenes økonomi. Avtakerne for celluloseflis er først og fremst treforedlingsindustrien (hovedsakelig Norske skog og Södra Cell), men også i noen grad trefiberplateprodusentene Hunton og Huntonit samt at sponplateprodusentene også nyttiggjør celluloseflis.
Massevirke og lavkvalitetstømmer	Massevirke og lavkvalitetstømmer som for eksempel såkalt energivirke og tørrgran har treforedlingsindustrien, trefiberplateprodusenter, energiprodusenter og i noen grad sponplateindustrien som avtakere. Spesielt når det gjelder furu tømmer har det vært til tider problemer med avsetningsforholdene i og med at det nå bare er fabrikken på Tofte som tar i mot slikt tømmer av vesentlig grad. For øvrig er man henvist til trefiberplater og eller eksport av tømmer til Sverige. Massevirke av furu har da også en langt lavere pris enn hva tilfellet er for massevirke av gran. Lang transport og følgelig press på massevirkeprisene har ført til økt interesse om alternativ utnyttelse av dette virket fra skogeiersiden. Dette er en av grunnene til etablering av pelletsfabrikken i Hallingdal samt en planlagt fabrikk i Meråker, Nord-Trøndelag. Skogeiersamvirket er tungt inne i begge disse prosessene.

3.3.2 Konsekvenser av økt råstoffkonkurransen for sponplate-/trefiberplateindustri

Etter at produksjonen ved Forestia Agnes fabrikk ved Stavern ble nedlagt høsten 2002 er størsteparten av norsk sponplateproduksjon konsentrert om Forestias anlegg på Braskereidfoss (Glåmdalen), Kvam (Gudbrandsdalen) og Grubhei (Mo i Rana, Nordland som produserer Rantibjelken). Anlegget på Braskereidfoss har klart størst kapasitet og kan sies å være bærebjelken i norsk sponplateproduksjon. Forestia AS, er et datterselskap til Byggma-konsernet som også eier Hunonit AS (tidl. Norsk Wallboard) i Vennesla, Vest-Agder, som er en av trefiberplateprodusentene ved siden av Hunton AS på Gjøvik i Oppland. Etter at Hunton Fibers produksjonsanlegg ved Larvik ble nedlagt i 2002 ble produksjonskapasiteten overført til Hunttons anlegg på Gjøvik. Trefiberproduksjon er, i likhet med sponplateproduksjon, også en stor mottaker av sag- og celluloseflis samt lavkvalitetstømmer.

Utover ovennevnte produksjonskapasitet finnes sponplateprodusenten Arbor Hattfjelldal som bruker en kombinasjon av bjørk og gran – hvorav mye rundvirke, samt at Midt-Troms Treindustri skal igangsette produksjon på den tidligere sponplatefabrikken i Sørreisa i Troms.



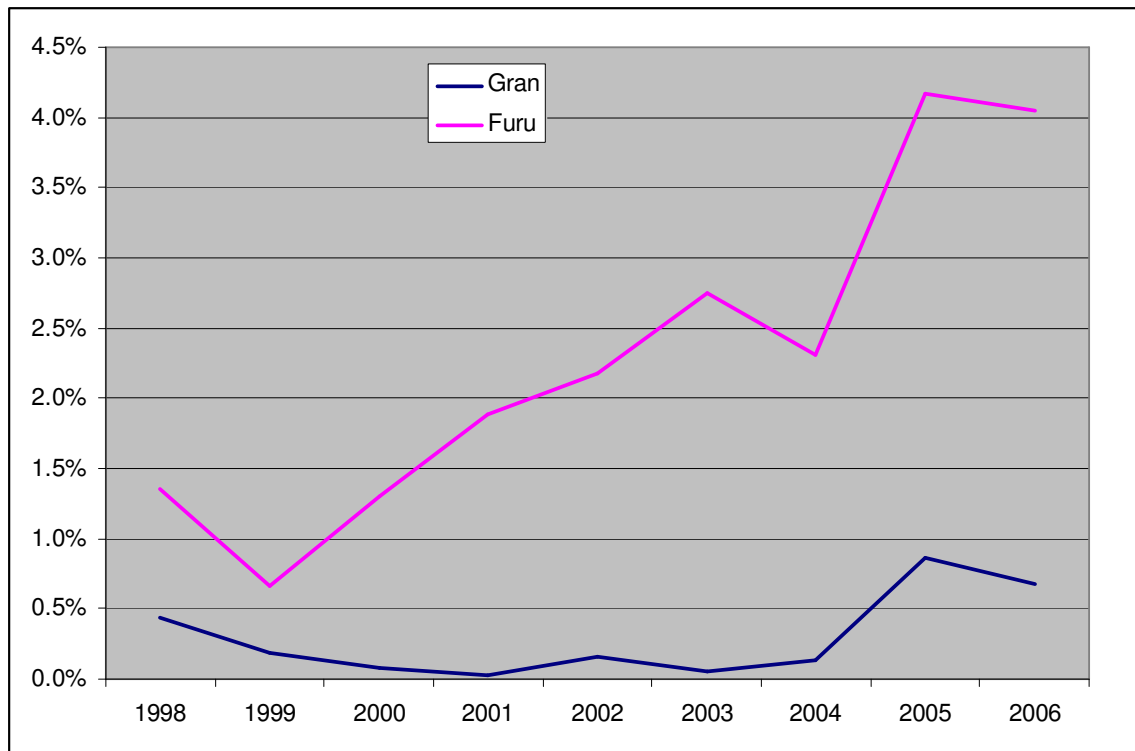
Figur 23. Utvikling av produksjon av sponplater og trefiberplater i Norge og Sverige 1961-2005.
Kilde: ØF på grunnlag av FAOSTAT.

Sverige har som nevnt en lengre erfaring med bruk av bioenergi og da også med hvordan konkurranse om råstoffet vil kunne slå ut på omstrukturering av industrien. Som det framgår av figur 23 har produksjonen av plater i Sverige, etter en topp rundt 1980 falt betraktelig og ligger nå på et nivå om lag som norsk produksjon. Tar man hensyn til at både avvirking og trelastproduksjon i Sverige er langt høyere enn hva tilfellet er i Norge, er altså produksjonen relativt sett her langt lavere.

Svenske studier har pekt på at reduksjon i svensk plateproduksjon er en konsekvens av større konkurranse om råstoffet som har ført til høyere priser. I 1990 ble nesten halvparten av tilgjengelig sagflis og kutterspon levert til plateindustrien. Fram til 2001 er dette redusert til en knapp femdel (Wetterlund 2007). Noe av årsaken er økt trelastproduksjon, men mye har også skjedd på bekostning av plateindustrien. Som en følge av nedleggelse av plateindustrien, er Sverige i dag en nettoimportør av både trefiber- og sponplater.

Norge, som har en langt mer beskjeden bioenergiproduksjon basert på trevirke, har ikke hatt samme utvikling. Spesielt sponplateproduksjonen har til tross for en viss omstrukturering vært stabil de siste 30 årene. Hvorvidt strukturendringene i plateindustrien har kommet til en ende er et åpent spørsmål som avhenger i stor grad av de markedsmessige forholdene. Med høyt tempo i byggebransjen vil det være stor etterspørsel etter byggevarer og høye priser som igjen vil virke i retning av å opprettholde økonomi i denne industrien.

Fall i aktiviteten i byggebransjen, og eventuelle behov for nyinvesteringer kan være en utfordring for sponplateindustrien dersom prisene på råstoff skulle øke som følge av økt konkurranse. Deler av trelastindustrien, og skogbruket, har uttalt en bekymring for nedleggelse av platefabrikker uten at det kommer en erstatter som kan sørge for avsetning av flis og lavkvalitetsvirke fra skogbruket. Flere har også hevdet at det er et avhengighetsforhold mellom tørr flis, rå flis og lavkvalitetsvirke. Det vil si at man ikke kan forvente å få kjøpt en av fraksjonene (til dagens pris) uten også å være kjøper for de andre.



Figur 24. Andel av leveranser til plateindustrien av totale leveranser av industrielt rundvirke av henholdsvis gran og furu 1998-2006.

Kilde: ØF på grunnlag av SSB

Økt etterspørsel etter biobrensel, også etter trelastindustriens biprodukter, kan imidlertid forventes å øke prisene på flis og redusere plateindustriens tilgang. Utviklingen har gått i retning av at plateindustrien i større grad bruker rundvirke og celluloseflis som følge av konkurransen om sagflis. Plateindustrien må da i stadig større grad benytte et råstoff med høyere pris. Som Figur 24 viser har spesielt andelen av furutømmer levert til plateindustrien økt relativt betraktelig de siste ti årene fra et nivå i underkant av 1,5% i 1998 til vel 4% i 2006.

Evnen industrien har til å møte høyere råstoffpriser avhenger av muligheten for å effektivisere produksjonen (dvs produsere til en lavere enhetskostnad), ta ut høyere priser i sluttmarkedet eller kunne levere andre produkter i en sammenkoblet produksjon²³. Trømborg et al. (2007) som har analysert effekter på ulike industrinæringer av økte energipriser fant at produksjonen av sponplater ville gå ned 12 % i 2015 dersom varmeprisen stiger fra 50 til 70 øre/kWh²⁴.

3.3.3 Konsekvenser av økt råstoffkonkurransen for treforedlingsindustrien

Etter omfattende restruktureringer de siste tiårene er mesteparten av produksjonskapasiteten i treforedlingsindustrien samlet rundt Oslofjorden og i Trøndelag. Den største innenlandske produsenten er Norske Skog som har anlegg i Skogn i Nord-Trøndelag, Follum i Buskerud og Saugbrugs i Østfold. Men også Södra Cell, Borregaard, Peterson samt noen andre mindre produsenter har anlegg i de samme områdene. Industrien er svært internasjonalt orientert og eksporterer 90 % av produsert kvantum. Følgelig er industrien utsatt for valutasvingninger og særnorsk kostnadsvekst.

²³ Sponplatefabrikken på Kvam planlegger for eksempel leveranser av ferdig varme

²⁴ I modellen ligger det imidlertid inne en del forutsetninger om produksjonen som godt kan endres.

I høst har det vært flere oppslag i næringslivspresen om presset økonomi i treforedlingsindustrien – ikke bare i Norge, men også internasjonalt. Blant annet drøftes fusjoner internasjonalt og nedlegging av kapasitet. Dette kan, men trenger ikke nødvendigvis, få betydning for avsetningsforholdene for norsk råstoff.

Norsk treforedlingsindustrien avtar mesteparten av innenlandsk produksjon av massevirke av gran. Grunnen til dette er at norsk treforedlingsindustri i hovedsak har basert sin produksjon på treholdig trykkipapir (spesielt avisipapir) som nyttiggjør gran som råstoff. Ulike treslag har i papirproduksjon ulik kvalitet. Furu nyttes hovedsakelig til celluloseproduksjon (som igjen er et råstoff i produksjon av finere papirtyper). Innenlandske avtakere av massevirke av furu er i dag hovedsakelig Södra Cell Tofte og Peterson i Moss. På grunn av liten innenlandsk etterspørsel har flere skogeierforeninger på Østlandet økt sin eksport av massevirke av furu til Sverige.

Utover innenlandske leveranser av tømmer har det vært importert relativt store kvanta massevirke av gran og eukalyptus (sistnevnte har spesielle kvalitetsegenskaper til bruk i celluloseproduksjon). I tillegg er treforedlingsindustrien hovedavtakeren av celluloseflis fra sagbrukene.

Tabell 12. Utenrikshandel med trevirke til treforedlingsindustrien, m³.

	2003	2004	2005	2006
<u>Import</u>				
44012101 Treflis el trespon av bartrær til produksjon av papirmasse el sponplater	869523	1100108	1100564	781034
44032005 Massevirke av furu	75406	18281	67137	136558
44032006 Massevirke av gran el andre bartrær unnt furu	1525575	1605121	1691247	1369757
44039902 Massevirke av bjørk	5874	11400	5690	5048
44039903 Massevirke av eukalyptus	491889	515150	638323	517463
Sum virkesimport	2968267	3250060	3502961	2809860
<u>Eksport</u>				
44012101 Treflis el trespon av bartrær til produksjon av papirmasse el sponplater	124514	106187	89528	22827
44032005 Massevirke av furu	156464	152666	175401	357239
44032006 Massevirke av gran el andre bartrær unnt furu	85121	56589	83616	113569
44039902 Massevirke av bjørk	935	2101	4931	550
44039903 Massevirke av eukalyptus	0	0	0	0
Sum virkeseksport	367034	317543	353476	494185

Kilde ØF på grunnlag av SSB utenrikshandel

Som det framgår av tabell 12 er det vesentlig mer import enn eksport av potensielt råstoff til treforedlingsindustrien, selv når man ser bort fra import av eukalyptus. Ser man på enkeltsortiment finner man imidlertid at eksporten av massevirke av furu er om lag dobbelt så stor som importen, mens det er betydelig import av gran. Denne strukturen på import/eksport vil kunne ha betydning for konkurransen om råstoff til innlandsk papirmasse-/papirproduksjon.

For det første viser tallene at en eventuell reduksjon i innenlandsk produksjonskapasitet ikke nødvendigvis trenger å bety lavere avsetning for norsk rundvirke i og med at importandelen er såpass høy. For det andre er det eksportoverskudd av det sortimentet som er lavest priset og følgelig mest interessant for energiproduksjon. Det kan altså være rom for både kapasitetsreduksjoner i treforedlingsindustrien og økning i bruk av rundvirke i form av furu massevirke uten at dette får vesentlige utslag for strukturen på tømmermarkedet. Ser man til Sverige er konkurranse om massevirke merkbart (Wetterlund 2007) noe som delvis også skyldes innføring av grønne elsertifikat (til CHP) og følgelig økt betalingsvillighet fra energiprodusentene som ligger på nivået på massevirke. Dette er også sagt å være en viktig årsak til at prisene på massevirke har steget det siste året. I følge aktører har

treforedlingsindustrien som et forsøk på å holde prisene på råstoff nede gått ned på kvalitetskravene på massevirke (for eksempel tolereres kortere lengder, mer krok og mer råde). Et viktig moment i diskusjonen er at for energiprodusenter betales råvarekostnader til sist av varmekonsumentene (for eksempel husholdningene), mens masse- og papirprisene settes av verdensmarkedet. Økte innenlandske råvarekostnader kan derfor ikke hentes inn gjennom økte konsumentpriser. Dette kan i tur akselerere en eventuell videre restrukturering av industrien. Et annet perspektiv er selvsagt at prisene på fiber internasjonalt stiger som igjen vil slå inn på økte priser også på papirmasse og papir.

Trømborg et al. (2007) peker på at massevirke av gran pga prisnivået i liten grad er aktuelt som råstoff for bioenergi i Norge i dag. Imidlertid prognostiserer de en svekket lønnsomhet i celluloseproduksjon og en nedgang i produksjonen på 4% dersom energiprisen øker fra 50 til 70 øre/kWh.

3.3.4 Konsekvenser av økt råstoffkonkurranse for trelast-/trevareindustri

I likhet med treforedlingsindustrien har trelastindustrien vært gjennom en periode med restrukturering. De to største bedriftene er Moelven og Bergene Holm og står for store deler av produsert kvantum spesielt på Øst- og Sørlandet. Industrien har økt sin betalingsvillighet for sagtømmer som følge av høykonjunktur i byggemarkedet. Mesteparten av produsert kvantum leveres for innenlandsk konsum, men ca 30 % eksporteres.

Siden trelastindustrien nyttiggjør et bedre betalt råstoff vil etterspørselen og betalingsvilligheten for virke til energiformål måtte økes betraktelig før dette vil gi seg utslag i konkurranse om sagtømmer. Erfaringer fra Sverige tilsier også at det er få indikasjoner på at råstoffkonkurransen har nådd sagtømmer, selv om det hevdes i enkeltstående tilfeller å være tilfelle. Uansett kan man regne med at det er snakk om marginalkvanta.

For trelast-/trevareindustrien vil derfor en økt etterspørsel etter trevirke til energiformål og følgelig økt råstoffkonkurranse om bl.a. biprodukter stort sett føre til positive konsekvenser. Økte priser på biprodukter vil gi bedre lønnsomhet og således grunnlag for nyinvesteringer og kapasitetsøkninger. Siden næringen er en av de mest distriktbaserte næringer med sysselsetting i de fleste av landets kommuner kan dette også ha en distriktspolitisk side, ved muligheten for å opprettholde arbeidsplasser her. Graden av dette avhenger selvfølgelig av mange forhold, bl.a. hvor store prisøkningene på biprodukter blir.

Det er hevdet at en eventuell økt avvirkning som følge av vekst i bioenergimarkedet i stor grad avhenger av at trelastindustrien er i stand til å ta unna det ekstra volum av sagtømmer som da blir tilgjengelig siden verdien av sagtømmeret uansett vil overgå prisnivået både på massevirke og på energivirke. Utfordringene er altså å dimensjonere uttak av virke til energiformål med det behov som annen innenlandsk foredling har. Sagt på en annen måte: Dersom etterspørselen etter energivirke med relativt lav betalingsvillighet fører til økt tilbud av sagtømmer slik at prisene på dette synker, vil gjennomsnittsprisen på tømmerstokken ikke øke, men kanskje også synke alt etter elastisitetene på de ulike sortimentene. Dette vil igjen medføre uendret (lavere) totaltilbud fra skogbruket. En trelastindustri som har kapasitet og som har en stor betalingsvillighet kan altså være i en nøkkelrolle i en eventuell økning av trevirke som råstoff til bioenergiproduksjon.

3.4 Oppsummering

En økning av leveranser av biobrensel fra skogen må altså enten komme i form av uutnyttet tilvekst (dvs ny avvirkning), uutnyttede avvirkningsrester (GROT) fra eksisterende og eventuell ny avvirkning, eller at trevirke som benyttes til andre formål i dag inngår i bioenergiproduksjon, bl.a. biprodukter fra trelast-/trevareindustrien og massevirke som i dag leveres til treforedlingsindustrien.

En økning av uttaket i skogen vil måtte sannsynligvis medføre høyere driftskostnader gitt dagens teknologi i og med at unyttet tilvekst ligger i terreng som er vanskelig tilgjengelig. Det er regionale forskjeller. I kyststrøkene, hvor det forventes en stor økning i nyttbar tilvekst framover, ligger mesteparten av hogstmoden skog i bratt terreng og forholdsvis langt fra bilveg. Innlandsfylkene er noe bedre stilt, men også her er vesentlige deler av hogstmoden skog i bratt terreng og med lang driftsveglengde. Dette vil ha betydning for kostnaden for uttak. Beregninger viser at uttakskostnadene varierer fra 9-33 øre/kWh for heltreflis, 8-26 øre/kWh for GROT og 5-17 øre/kWh for rundvirke.

Ulike sortimenter av tømmer er nært sammenkoblet, til tross for et relativt vidt spekter av anvendelsesområder. Dette betyr at prisdannelsen for ett tømmer Sortiment ikke kan sees uavhengig av et annet. Prisene har de siste årene steget relativt mye delvis på grunn av høykonjunktur i byggebransjen, men også som følge av økt etterspørsel etter fiber internasjonalt. Det norske tømmermarkedet er et forhandlingsmarked, men påvirket og korrigert av internasjonale priser. Selv om strukturen kunne tilsi at monopolmodeller skal anvendes vil en standard markedsmodell av flere årsaker være beskrivende for markedet. Det betyr at en eventuell endret etterspørsel etter trevirke (som følge av økt etterspørsel etter biobrensel) vil ha normale konsekvenser for markedslivevekten. Imidlertid kan et økende fokus på andre verdier i skogen, som følge av økt levestandard, være en begrensende faktor for tilbudet av tømmer fra enkeltskogeiere.

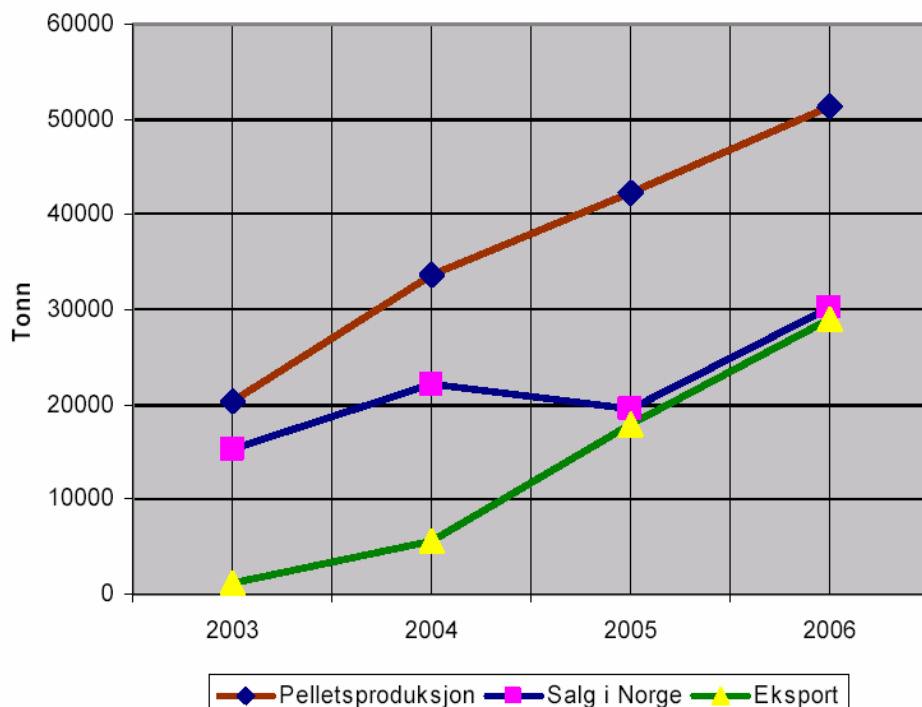
Tatt dagens prisnivå i betraktning og med gitte driftskostnader vil det være lite trolig med et vesentlig økt utbud av trevirke til energiformål for noe særlig under 18-20 øre/kWh med dagens rammebetingelser.

Økt konkurranse om trevirke som følge av økt etterspørsel etter biobrensel vil kunne ha negative konsekvenser for andre industrinæringer. Plateindustrien har tradisjonelt vært mottaker av flis og spon fra trelast-/trevareindustrien. Med økt konkurranse kan, avhengig av industriens evne til å møte eventuelle økte råstoffkostnader, plateindustrien kunne få en utvikling som i Sverige med nedbygging av kapasitet. Treforedlingsindustrien som er mottaker av massevirke og celluloseflis kan på samme måte kunne oppleve økt konkurranse om råstoffet. Imidlertid importeres det i dag store kvanta både massevirke og celluloseflis som kan, avhengig av prisnivået og kvaliteter, substitueres med innenlandsk råstoff. Trelastindustrien, som en av de mest distriktsbaserte næringer i Norge, vil sannsynligvis få positive effekter av en bioenergisatsing. Industrien kan også vise seg å ha en nøkkelrolle i forhold til å øke uttaket fra skogen i og med at de er avtaker av det virket som har høyest verdi.

4 Produksjon og handel med trepellets

4.1 Innledning

Pellets produseres både av rundvirke og sagbruksflis og benyttes både i varmesentraler og til punktoppvarming ved hjelp av pelletskaminer. Det er i følge Norsk Bioenergiforening, Nobio, 11 produsenter av pellets i Norge. Produksjonen var i 2006 på 51.340 tonn noe som er en økning på 21 prosent bare siden 2005 og hele 153 prosent siden 2003.



Figur 25. Produksjon, salg og eksport av pellets i Norge, Tonn

Kilde: Nobio, Markedsrapport for perioden 2003-2005

Prisen på pellets avhenger i stor grad av hvorvidt det leveres i småsekk, storsekk eller bulk. Tabellen nedenfor viser priser fra fabrikk avhengig av innpakning. Eventuelt leverandørpåslag og transportkostnader kom i tillegg.

Tabell 13. Pelletspriser fra fabrikk, ekskl. mva

	2004		2005		2006	
	Kroner/tonn	Øre/kWh	Kroner/tonn	Øre/kWh	Kroner/tonn	Øre/kWh
Småsekk	1530	31,9	1517	31,5	1721	35,9
Storsekk	1306	27,2	1307	27,2	1462	30,5
Bulk	1144	23,8	1123	23,4	1315	27,4

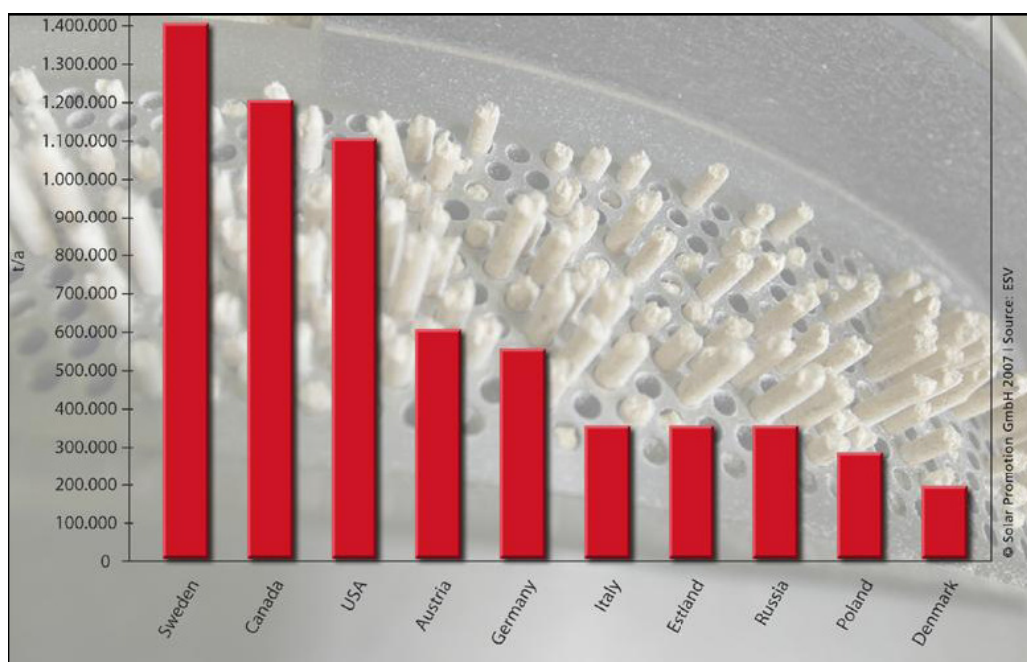
Kilde: Nobio, Markedsrapport for 2006

Bulklevert pellets konkurrerer i utgangspunktet i samme marked som elektrisitet og olje i elkjelmarkedet, men pelletsprisene vil også avhenge av betalingsvillighet for råvarer i trelastmarkedet. Sponplateindustrien er eksempel på en virksomhet som direkte konkurrerer med pelletsproduksjon.

Det internasjonale markedet for biobrensler er i sterkt vekst og vil spille en stadig viktigere rolle i forsyning, avsetning og prisene på pellets og andre biobrensler i det norske markedet. Tilgang på alternative markeder og forsyningslinjer er dessuten viktig når man vurderer investeringer i produksjon, kraft og varmeproduksjon i Norge.

Internasjonalt er Sverige og Canada de største aktørene. Dernest finner vi Østerrike og Tyskland. Drivkreftene har vært svært forskjellig i disse landene. Mens veksten i svensk produksjon av biopellets er drevet fram av omleggingen vekk fra olje til fornybar energi og programmene for nedleggning og erstatning av kjernekraftverkene har utviklingen i Canada vært drevet fram av nye eksportmuligheter for trevirke. I Sverige har innføringen av grønne sertifikatsystemer blitt en ny sterk drivkraft i etterspørselen av pellets og annen biomasse til industriell kraftvarme og kraftvarme i fjernvarmenettene.

Både de baltiske statene og Russland er i dag storeksportører til de nordiske landene og forventes å bli større eksportører også av biopellets ved siden av sin eksport av salg og massevirke til Norden og Europa.



Figur 26. Pelletsproduksjon i utvalgte land, Tonn 2006

Kilde: Global wood pellets markets and industry IEA July 2007

Canada produserte om lag 1 200 000 ton pellets i 2006 hvorav 700000 tonn ble eksportert til Europa via Rotterdam og benyttet i europeiske kraftvarmeanlegg. Russlands har med sine enorme arealer med skog potensial til å bli et av de største eksportørene av biopellets i verden. Noen store produsenter som Brazil, Argentina, Chile og New Zealand forbereder nå infrastrukturen med sikte på produksjon og eksport av biopellets.

I Europa kan man ellers merke seg at Sverige og Nederland er de store forbrukerne, mens Finland med sine store skogsindustri i liten grad produserer og eksporterer pellets. Dette har sammenheng med at Finland i stor grad bruker skogsavfall og sagflis internt i varme og kraftvarmeproduksjon i skogsindustrien. Finland forbereder imidlertid omlegging av politikken med sikte på økt forbruk av andre biobrensler enn torv i den alminnelige energiforsyningen.

4.2 Prisdannelsen i det internasjonale pelletsmarkedet.

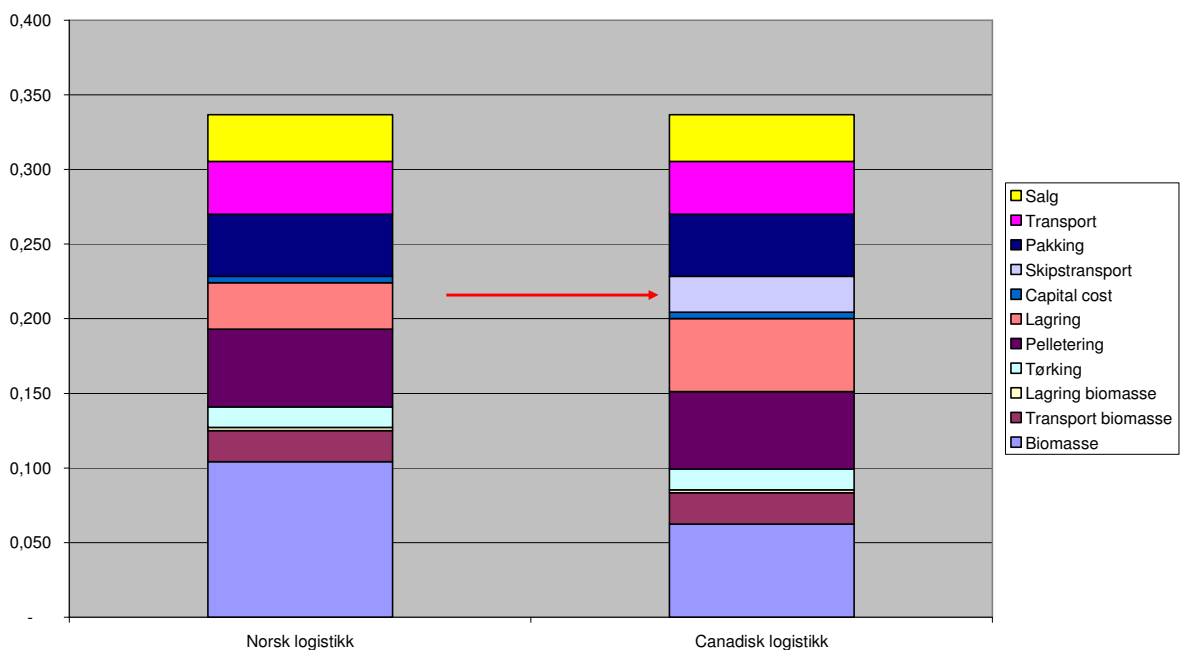
Internasjonal handel oppstår når prisforskjellene i de regionale markedene blir tilstrekkelig store til å dekke transportkostnadene mellom markedene. Transportkostnadene er dels avhengig av vekt, men i hovedsak volum. Det er også betydelige skalafordeler knyttet til transport. Transportkostnadene og graden av internasjonalisering vil derfor vokse i takt med omsatt volum av pellets.

Pellets er biobrenselproduktet med størst markedspotensial. Pellets er mest standardisert, har høyest energitetthet og egner seg derfor best for internasjonal handel. Energiinnholdet pr. løskubikkmeter (altså det aktuelle målet for fraktvolum) for pellets er 4 ganger høyere pellets enn for skogsflis. Fraktkostnadene gjør det derfor mindre aktuelt å frakte store volumer med flis over lengre distanser. Pellets har i lengre tid vært en internasjonal handelsvare og større volumer fraktes nå med store bulkskip både internt i Norden og Baltikum. Men store volumer fraktes også med bulkskip fra Canada til Sverige. Årsaken til denne utviklingen er at internasjonal skipsfart, tross de for tiden høye ratene, er relativt rimelig.



Figur 27. Bulktransport av pellets
Kilde: Swaan, 2006

For å illustrere fraktkostnadenes betydning for internasjonal handel har vi anslått kostnadene for bulktransport med en såkalt 60.000 tonner fra Canada til Oslo som er et aktuelt lokaliseringssted for et kraftvarmeanlegg basert på biopellets. Regnestykket er gjort med utgangspunkt i ratene for petroleumstankere av samme størrelsesorden. Mens kostnadene for oljetransport på denne distansen kan beregnes til 0,7 øre kWh, kan kostnadene for transport av pellets beregnes til ca 2,5 øre kWh pluss diverse kostnader til havneavgift, lasting, lossing og lagring. Til sammenligning vil trailertransport med vogntog som samlet tar ca 26 tonn pellets fra f. eks Rena til Oslo koste 2,8 øre/kWh. Kostnadene for jernbanetransport er om lag det halve av trailertransport, men er kun mulig mellom større byer som Oslo, Bergen, Trondheim. Med andre ord er det ikke dyrere med transport fra Canada enn transport fra det Indre Østlandet til Oslo når det er behov for store volumer. Figuren under viser kostnadene for skipstransport i forhold til typiske logistikkostnader for produksjon og frakt av pellets i Norge. Figuren illustrer noen sentrale poeng; Skipstransport over lengre distanser utgjør relativt sett svært lite av de totale kostnadene. Store skipslaster krever imidlertid at det er utviklet et marked med betydelig omsetningsvolum i Norge ellers vil lagerkostnadene ved importhavnene bli meget høye og raskt gjøre import uaktuelt for det norske markedet. Med mindre det etableres større varme- og kraftvarmeanlegg f.eks i Oslo-fjordområdet, vil import stort sett konkurrere med volumer som i stor grad vil være lokal produsert, levert og forbrent rundt om i f.eks Østlandsområdet. Snakker man derimot om å nå målet på 14 TWh, og halvparten dekkes av pellets, innebærer dette et forbruk på ca. 1,5 millioner tonn pellets som igjen tilsvarer 25 skipslaster a 60.000 tonn eller nærmere en skipslast hver annen uke. Volumet tilsvarer en gjerdedel av den forventede kanadiske produksjonen av pellets i 2010.



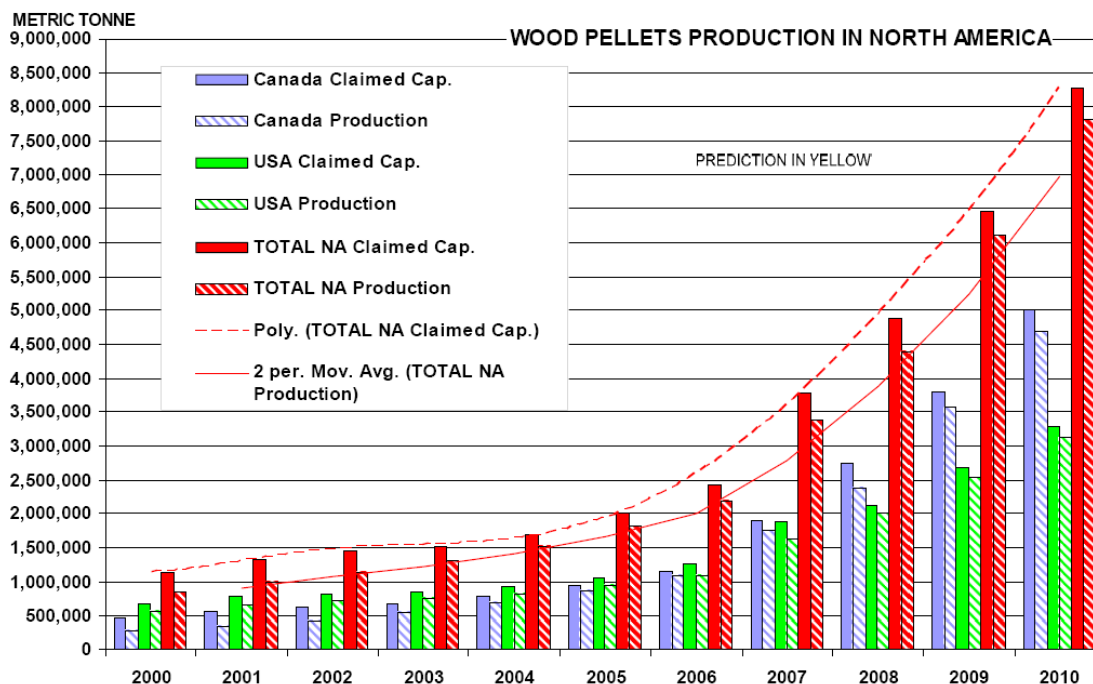
Figur 28. Pelletsforsyning fra Norge og Canada. Kostnadssammenlikning, kr/kWh

For å dekke mindre volumer er storskala import neppe aktuelt. Men import kan være et aktuelt alternativ dersom det etableres et kraftvarmeanlegg i tilknytning til fjernvarme i Oslo-regionen eller andre byer ved kysten. Tilsvarende mønstre finner man allerede i Sverige og Danmark og dessuten andre europeiske byer hvor Canada-import benyttes til å forsyne de største kraftvarmeanleggene ved kysten.

4.3 Utviklingen i sentrale land

Canada

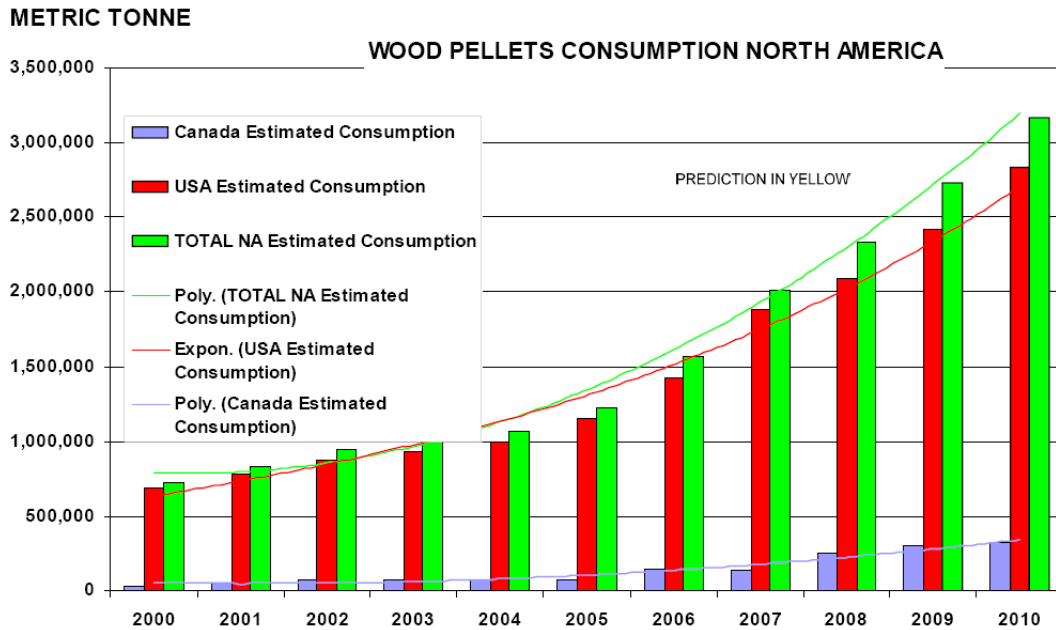
I følge canadiske søsterorganisasjonen til Nobio, Wood Pellet Association of Canada, kan man forvente en kraftig vekst i produksjonen av biopellets, først og fremst fordi man har beordret hogst av større arealer med barkbilleangrepet skog. Mens Canada produserte ca 1 millioner tonn pellets i 2006 forventes produksjonen å vokse til nesten 5 millioner tonn i 2010. Det innenlandske canadiske forbruket var i 2006 beskjedne 150.000 tonn og forventes å nå 350.000 tonn i 2010.



Figur 29. Utviklingstrekk og prognoser for pelletsproduksjon i Nord-Amerika

Kilde: Swaan, 2006

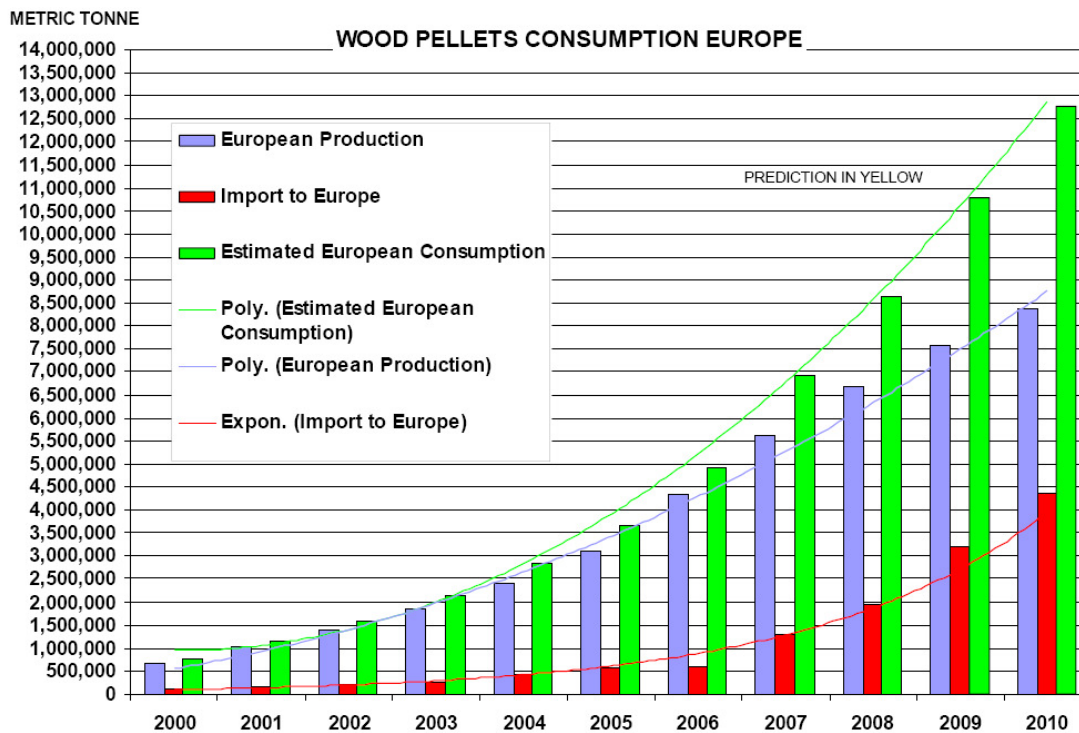
Med andre ord forventes eksporten av canadisk biopellets å vokse til rundt 4,5 millioner tonn i løpet av de nærmeste tre årene. Utviklingen vil få stor betydning for prisdannelsen på pellets i det nord-europeiske markedet. En for sterkt vekst i den canadiske eksporten vil kunne føre til prispress på biopellets i Europa.



Figur 30. Utviklingstrekk og prognoser for pelletsforbruket i Nord-Amerika
Kilde: Swaan, 2006

Europeisk forbruksutvikling

Det europeiske forbruket vokser raskere enn produksjonen av biobrensler. Det Canadiske eksportoverskuddet forventes om lag å være på samme nivå som det europeiske importbehovet. Det europeiske importbehovet vil også bli dekket av økende russisk og baltisk eksport.



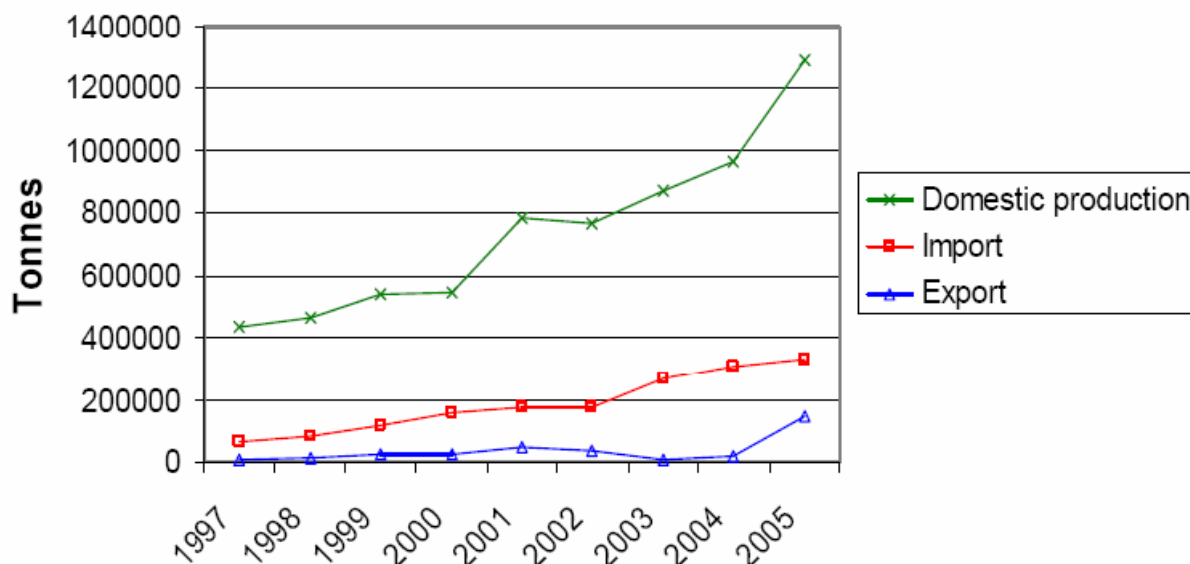
Figur 31. Utviklingstrekk og prognoser for pelletsforbruket i Europa
Kilde: Swaan, 2006

Utviklingen i Sverige

I 2005 importerte Sverige om lag 330.000 tonn pellets, for det meste fra Canada. Noe ble også importert fra de baltiske statene, Polen og Nederland. Importen økte med 26000 tonn i 2006. Sverige er også eksportør av pellets.

Ca 60% av pelletsforbruket i Sverige går til kraftvarme og kjeler tilknyttet fjernvarmeanleggene. De siste årene er det særlig eneboligmarkedet som har vist den sterkeste veksten i forbruket. Fra 2000 til 2005 vokste forbruket i dette segmentet fra 100.000 til 600.000 tonn, som tilsvarer en forbruksøkning fra 0,48 til 2,9 TWh. Fra 2005 til 2006 vokste det svenske forbruket med 14%. Den sterkeste veksten i det svenske markedet skjer nå i markedet for mellomstore kjeler dvs fra 25 kWh til 2 MW. Dette samsvarer med kjelene i større næringsbygg og mindre lokale varmenett.

Svenske bulkpriser på biopellets økte fra ca. 0,13 SEK/kWh i 1990 til ca. 0,21 SEK/kWh i 2005 og ytterligere til et nivå på om lag 0,25 SEK/kWh. Det europeiske markedet preges for øvrig av en rekke lokale flaskehals og prisene kan derfor variere ganske sterkt mellom regionale markeder. Høye innenlandske frakt og logistikkostnader er en viktig årsak til dette.

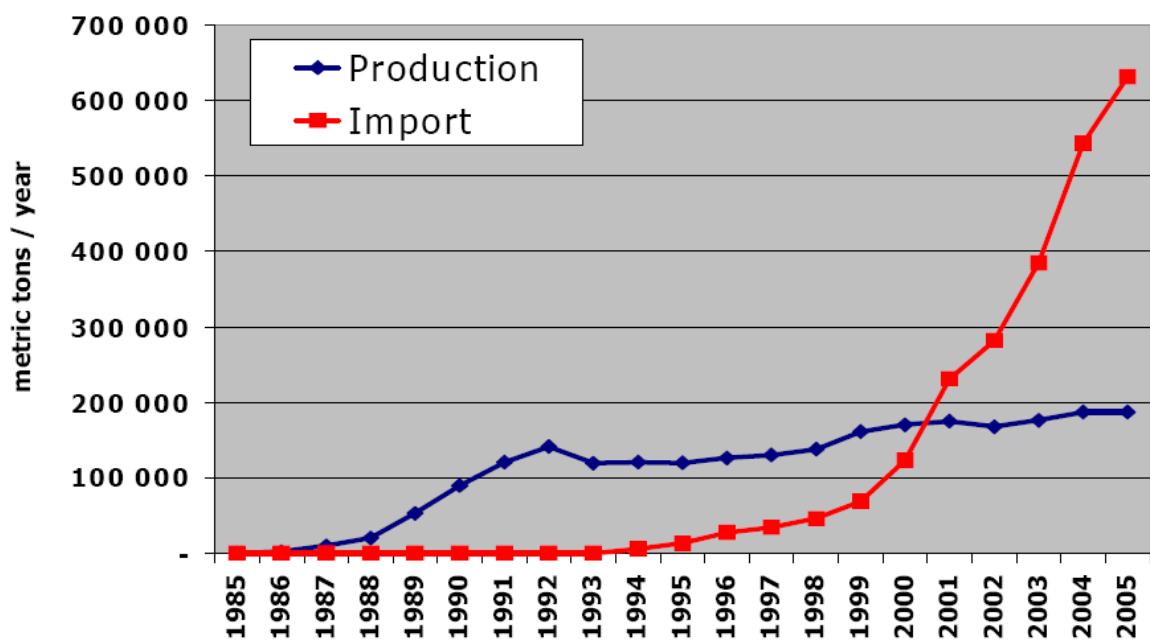


Figur 32. Utviklingen i Svensk forbruk, import og eksport av biopellets

Kilde: Global wood pellets markets and industry IEA July 2007

Utviklingen i Danmark

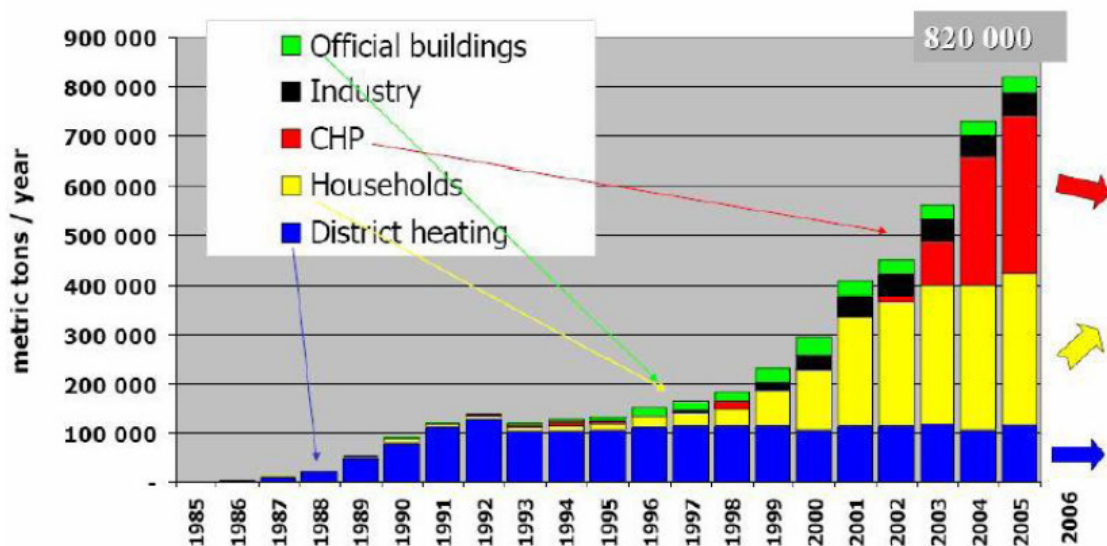
Det danske forbruket av biopellets har vokst med 600.000 i løpet av en 6 års. De siste årene har veksten vært størst i CHP-anlegg. Veksten i forbruket skjer i hovedsak på basis av pelletsimport som det framgår av figuren under. Avedøreverket som forsyner Købehavn med fjernvarme er den største forbrukeren av importert pellets. De største tilbydere til det danske markedet er Baltikum, Polen, Sverige, Canada og Finland.



Figur 33. Utviklingen i dansk forbruk og import av biopellets

Kilde: Global wood pellets markets and industry IEA July 2007 – basert på Jonas Dahl

Figuren over og under viser kildene til veksten i det danske forbruket av biopellets som for tiden i hovedsak er basert på importert av pellets. Forbruket startet opp i slutten av 1980 da biobrenslere begynte å erstatte kull i de større varmsentralene i fjernvarmenettene.



Figur 34. Utviklingen i dansk pelletsforbruk etter anvendelse

Kilde: Global wood pellets markets and industry IEA July 2007 – basert på Jonas Dahl

I 1990-årene startet forbruket opp i de private husholdningene, mens kraftvarme nå er den viktigste drivkraften. Avedøreverket alene forbruker 250.000 tonn pellets i året. Amagerverket forventes i 2009 å legge om til en blanding av skogspellets, ca 40000 tonn, og halmpellets ca 110 000 tonn årlig.

Utviklingen i Finland

- 80% av en pelletsproduksjon på 360.000 ble eksportert til Sverige og Danmark
- Produksjonskapasiteten 450.000 tonn
- Innenlands forbruk 100.000 tonn
- Vapo selskapet produserer 850.000 tonn i Finland, Sverige, Estonia og Polen

5 Potensialer og kostnader i stasjonær oppvarming

5.1 Innledning

Som det fremgikk av kapittel 1 hadde Norge i 2006 et totalt energiforbruk på 222 TWh hvorav det stasjonære sluttforbruk (dvs eksklusive transportsektorene) i følge SSBs foreløpige energibalanse utgjorde 587 PJ eller 163 TWh. Av dette sto biobrensel i form av ved, avlut og avfall for 12 TWh samt at sluttforbruket av fjernvarme (hvor biobrensel, først og fremst avfall, er en viktig innsatsfaktor) utgjorde 2,5 TWh.

Mesteparten av sluttforbruket av biobrensel er knyttet til trebrensel i husholdninger (ved), samt forbrenning av biprodukter i treforedlings- og trelast/trevareindustrien (avlut, flis og bark).

Forbruket av gasser og petroleumsprodukter var henholdsvis 17 og 19 TWh og sto samlet for ca 20% av det stasjonære energiforbruket. Kraftforbruket var 110 TWh eller 64%. Den høye kraftandelen skyldes et høyt forbruk innen industrien, særlig den kraftkrevende hvor ca 30 TWh går til aluminium, jern, stål, ferrolegeringer, papir og masseproduksjon. Kraftforbruket til øvrig industri er ca 20 TWh.

Kraftforbruket innen husholdning og tjenesteyting var ca. 75 TWh hvorav ca halvparten gikk til oppvarmingsformål, romoppvarming og tappevann, innen bolig og næringsbygg. Ytterligere ca. 10 TWh gikk til oppvarming av industribygg.

De siste årenes utvikling i energiforbruket er særlig preget av en markant økning i forbruket av naturgass. Samlet utgjør naturgass, gass gjort flytende (LPG) og andre gasser nå 9,5% av den stasjonære energiforsyningen. Dette har særlig funnet sted innen industrien. Fra 1995 til 2005 økte industriens forbruk av naturgass fra 0,8 til nær 9 TWh. Forbruket av naturgass er særlig knyttet til kjemisk industri som også omfatter petroleumsforedlingsanlegg på land.

Innen husholdning og tjenesteytende har det vært en gradvis økning i forbruket av biomasse, mens forbruket av mellomdestillater har vært forholdsvis konstant med en liten økning i forbindelse med de høye kraftprisene i 2002/2003 og en nedgang fram til 2005. Denne perioden har vært preget av stigende oljepriser, men også forholdsvis høye kraftpriser, (med unntak av 2007).

Den høye el-andelen både i den totale energiforsyningen og andelen som går til oppvarmingen av boliger og næringsbygg er et særstykke i internasjonal sammenheng. Dette skyldes både historiske og strukturelle forhold. Gjennom historien har Norge hatt rikelig tilgang på rimelig elektrisitet. Dette la grunnlaget for oppbyggingen av en omfattende kraftkrevende industri. Men rimelig kraft har også ført til at elektrisitet har framstått som særst gunstig til oppvarmingen av boliger og mindre næringsbygg.

I forhold til de andre nordiske land og de fleste land i Europa er Norge dessuten i større grad et spredtbygde land hvor det i mange sammenhenger kan være kostbart og etablere flere parallelle systemer for ledningsbåren energi, dvs. kraft, gass, fjernvarme og fjernkjøling som man kan se i andre nordiske land og Europa. Spredt bebyggelse gjør det også mer kostbart å distribuere ikke rørbunden energi som petroleumsprodukter, biobrensler, CNG og LNG. Når elektrisitet først har fått et solid fotfeste i oppvarmingen kan det ta lang tid, være mer kostbart og kreve kraftigere virkemidler for vesentlig å endre sammensetningen i energiforsyningen til oppvarming.

Men forutsetningene for og konkurransevnen til de ulike energibærere og energiløsninger vil variere både mellom regionene og mellom tettbygde og spredtbygde områder. Dessuten vil konkurranseforholdet naturlig nok som nevnt være avhengig av hvilke forsyningslinjer og infrastruktur som allerede er etablert i et område.

Grovt sett kan man si at bioenergi i dag har et komparativt fortrinn i eneboliger og spredtbygde områder i form av pelletskaminer og vedovner, i større kjelanlegg i større bolig og næringsbygg og varmesentralene i mindre fjernvarmenett hvor det ikke er muligheter for spillvarme, varme fra avfallsforbrenning eller varmepumper.

I områder hvor det er etablert gassforsyning vil mulighetene for anvendelse av biobrensler til oppvarming være mer begrenset med mindre det innføres strenge restriksjoner på gassbruk som følge av krav til rask og kraftig reduksjon av CO₂.

På grunn av råstofftilgangen er bioenergi spesielt gunstig i Østlandsområdet. Vestlandet har gjennomgående et mildere klima og er derfor spesielt egnet for rimelige luft til luft varmepumper, mens årsvirkningsgraden faller kraftig i det indre Østlandsområdet. Vann til vann varmepumper har komparative fortrinn i større bygg med tilgang på sjø, elver og grunnforhold som gjør det rimelig å etablere energibrønner.

Innen biobrensler vil de forskjellige sortimentene ha komparative fortrinn i de ulike segmentene av energimarkedet. Ved som er den absolutt største biobaserte energibæreren i Norge, har foreløpig fortrinn i eneboliger med åpne løsninger uten vannbåren varme, mens pellets har et fortrinn hvor det stilles større krav til automatikk.

Innenfor anvendelsen av bioenergi står man overfor en rekke teknologiske utfordringer knyttet forsyning, lagring, forbrenning, og distribusjonen av energiproduktene varme og eventuelt damp. Enkelte teknologiske endringer kan være av mer triviell natur, men kan utløse store potensialer. Eksempler på dette kan f.eks være enkle systemer for varmluftdistribusjon i eksisterende bolighus som i vesentlig grad øker den effektive nytten av varmeproduksjonen fra punktkilder.

I motsatt ende finner man den teknologiske utviklingen som er nødvendig for å utnytte biobrenslets eksergi, dvs evnen til kraftproduksjon. Gassifisering av biobrensler er et slikt eksempel som krever kostbare forskningsprogrammer og hvor resultatene kan tenkes å komme langt ut i tid.

For raskere å kunne realisere store markedspotensialer for bioenergi kan det derfor være hensiktsmessig å styre bruken av forsknings- og utviklingsmidler på basis av slike potensialer, kostnader og nyttevurderinger. Det kan samtidig reises innvendinger mot en for sterk styring fordi forskningsresultater ikke rent sjeldent kommer overraskende og fra vinkler og personer styrende myndigheter ikke kunne forvente.

5.2 Etterspørselen etter biobrensler

Den framtidige bruken av biobrensler i Norge er avhengig av den samlede etterspørselen etter energi til

- rom og tappevann i henholdsvis boligsegmentet, nærings- og industribyggsegmentet
- fjernvarme
- kraftproduksjon, kraftvarme og
- etterspørselen etter damp og prosessvarme til industrielle formål ,

Energi etterspørselen i disse segmentene utgjør den ytre rammen eller det tekniske potensialet for etterspørselen og anvendelsen av biobrensler.

Hvor raskt og i hvilken grad bioenergi kan penetrere de ulike markedssegmentene, er avhengig av

- oppvarmingssystemene i eksisterende bygningsmasse
- kostnader og muligheter for konvertering av eksisterende oppvarmingssystemer
- tilveksten av ny bygningsmasse
- fremveksten av fjernvarme og fordelingen av energibærere her.
- prisutviklingen, avgifter, tilskudd og virkemidler brukt overfor biobrensler og de andre energibærerne.
- individuelle preferanser

Fremveksten av fjernvarme og eventuelle gassnett er knyttet opp mot den geografiske tettheten av varmebehovet.

Innen produksjon av damp til kraft og prosessvarme er potensialet nærmest uendelig siden kraftproduksjon i Norge er knyttet sammen med kraftmarkedet i Norden og Nord-Europa gjennom utenlandsforbindelser og utenlandskabler og biobrensler kan erstatte dagens bruk både av olje-, gass,- og kull.

Markedspotensialet vil også være avhengig av den generelle utvikling i energibehovet som følge av økonomiske vekst, teknologisk utvikling, demografi og flyttemønster.

Når man skal bedømme potensialet og fastsette eventuelle mål er det viktig å ta hensyn til tidsdimensjonen. På kort sikt er mulighetene for utskifting (substitusjon) avhengig av at bygningsmassen har flere oppvarmingsmuligheter, kraftanleggenes og fjernvarmesentralenes kapasitet til å ta flere typer brensler og den tilsvarende fleksibilitet innen industriens produksjon av prosessvarme og varmtvann. På mellomlang sikt er etterspørselen avhengig av mulighetene til å modifisere eksisterende løsninger gjennom skifte av eksisterende brennere, kjelanlegg, kaminer etc. På lenger sikt har man i forbindelse med nyinvesteringer i bygningsmasse, varmesentraler og kraftanlegg større muligheter til å skifte energibærere og utnytte biobrenslets konkurransefortrinn.

5.2.1 Konkurransesfalten

I bygningsmassen står man overfor en forholdsvis kompleks konkurranseflate. Her har man valget mellom

- Punktoppvarming gjennom
 - el- og panelovner
 - kaminer basert på ved, biopellets, parafin, LPG og naturgass

- varmpumper
- Sentralfyring med kjel og vannbåren varme basert på
 - Biobrenslene ved, flis og pellets
 - Flytende og rørbunden gass
 - Oljeprodukter
 - Elektrisitet, prioritert og utprioritert
- Fjernvarme/nærvarme som igjen har varmesentraler kan baseres på de samme kjeler og energibærere som sentralfyrer. Men i tillegg vil fjernvarmeanleggene kunne utnytte
 - Spillvarme fra industri og kraftproduksjon (kraftvarme)
 - Varme fra avfallsforbrenning

I fjernvarmeanleggene flyttes i prinsippet varmesentralene ut av bygningene slik at de kan betjene en større bygningsmasse. På den måten oppnås stordriftsfordeler og spesialiseringsgevinster i produksjon av grunnlast og topplast.

- Innen produksjon av kraft vil biobrenslene konkurrere både mot andre fornybare energikilder som
 - vind, vann, bølge, solceller osv.
 - og kraftproduksjon basert på fossile energikilder som kull, olje og naturgass, med og uten rensesanlegg.
- Innen produksjon av prosessvarme og damp til kraftproduksjon konkurrerer biobrenslene med
 - olje, kull og gass
 - uprioritert elektrisitet.

Ved siden av prisen på energibærerne vil konkurranseevnen til biobrenslene være avhengig av

- transportkostnader for energibærer fra produksjonskilde til forbrukere
- kapitalkostnadene til kjelanlegg, kaminer etc
- kapitalkostnader for varmedistribusjon gjennom gulvarme, panelovner, ventilasjonsanlegg.

Som man ser står man overfor en svært kompleks konkurranseflate. Som tidligere nevnt vil den optimale løsningen for et konkret bygg være avhengig av klimaforhold, bygningens utforming og energieffektivitet, brukernes preferanser osv.

Endelig vil etterspørselen etter biobrenslene være avhengig av virkemidlene som benyttes både overfor biobrenslene og andre energibærere, både økonomiske virkemidler og virkemidler som direkte regulerer produksjon og anvendelse.

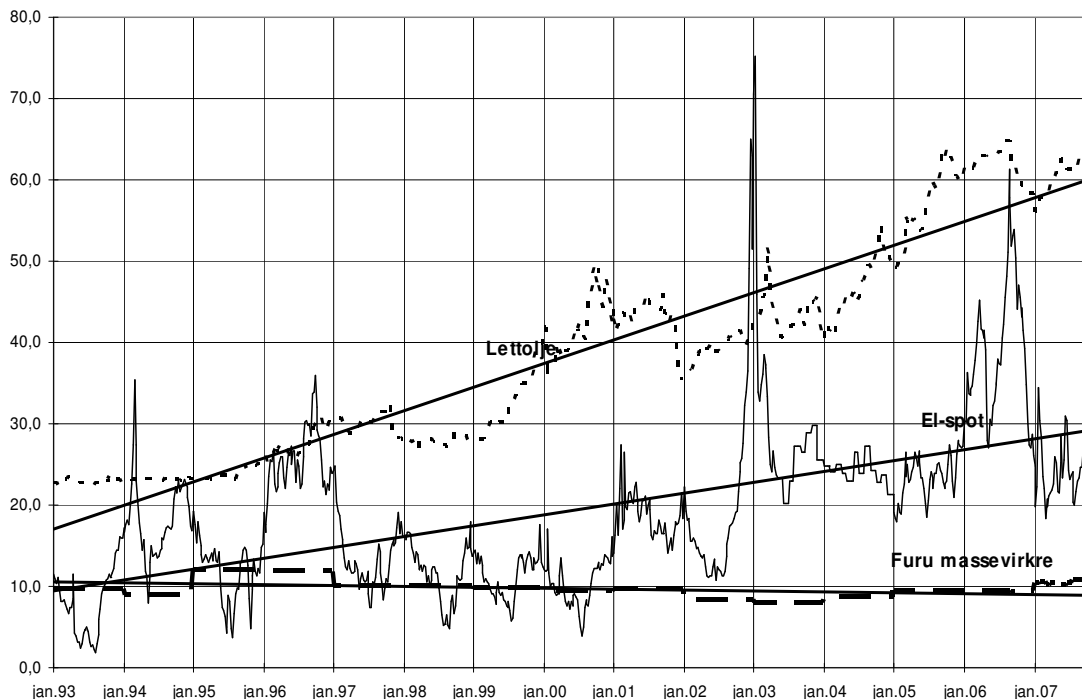
De er derfor ikke helt enkelt å modellere etterspørselen etter biobrenslene og hvordan man kan nå målene gjennom ulike virkemidler. I det følgende belyses en del sentrale faktorer av stor betydning for etterspørselen etter biobrenslene.

5.2.2 Energiprisenes utvikling

Utviklingen i olje-, gass og elektrisitetsprisene er viktig for etterspørselen etter biobrenslene, og vil være avgjørende for styrken på eventuelle virkemidler som skal til for å nå forskjellige mål om bruk av biobrenslene. Høye olje- gass og elektrisitetspriser øker kostnadene for konkurrerende oppvarming og fremme bruken av biobrenslene.

Det har i så måte vært en interessant utvikling i spotprisen på elektrisitet og prisen på lett fyringsolje sammenliknet med prisen på furu massevirke de siste 14 åra. Disse prisene må

korrigeres for en rekke forhold for kunne gi informasjon om hvilken energibærer som er billigst til enhver tid. Men den viser den tydelige prisøkningen som har vært på olje og elektrisitet sammenliknet med furu massevirke (som illustrasjon på biobrenselprisen) de seinere åra og som forklarer den økte kommersielle interessen for bioenergi.



Figur 35. Prisutvikling og trendlinjer for lettolje, el-spot og furu massevirke. Øre/kWh 1993-2007

Kilde: Østlandsforskning på grunnlag av Nordpool, Norsk petroleumsinstitutt og SSB

Utviklingen i prisen på råolje bestemmer prisen på parafin og fyringsoljer. I Europa i dag eksisterer det dessuten fortsatt en sterk sammenheng mellom fyringsoljer (mellomdestillater) og gassprisene. Siden gasskraft utgjør det marginale krafttilbudet i Nord-Europa har det vært en sterk korrelasjon mellom gassprisene og kraftprisene.

Dermed påvirker utviklingen i råoljeprisene en rekke av rammebetingelsene som har betydning for biobrenslens konkurransevne og etterspørsel i framtiden. De siste årene har råoljeprisen økt fra 20 USD til 80 USD/fatet. Endringer i geopolitiske forhold, ikke minst i Midt-Østen kan føre til at prisen igjen faller til 30 USD/fatet, mens sterk vekst i både Kina og India kombinert med restriktiv utvinning i Midt-Østen også kan føre til vesentlig høyere priser. 140 USD/fatet er mulig som et høyt oljeprisscenario.

Høye oljepriser kan føre til økende dekobling mellom gass og oljepriser siden oljeproduktene vil prises helt ut av varmemarkedene. På den annen side kan olje og gass bli nærmere substitutter i transportsektoren og dermed fortsatt bidra til en nær sammenheng mellom olje- og gassprisene.

Distribusjonskostnader energibærerne

Kostnadene med transport og distribusjon av energibærerne fra ilandføring, raffinerier og kraftstasjoner er stort sett avhengig av andre kostnader enn energikostnadene og vil ligge mer fast over tid. I enkelte deler av landet vil imidlertid de såkalte nettapene være store, opptil 20%. Dermed vil nettleien her være avhengig av energiprisenes utvikling. Gjennomsnittlig nettap er ca 6-7%. Tapene i forbindelse med rørtransport av gass og biltransport av ulike brenslere ligger i størrelsesorden 3%. Internasjonal skipstransport av energi krever lite energi i transportleddet.

Transport og distribusjonskostnadene fram til brukerne varierer for enkelte energibærere mye med geografisk beliggenhet og med størrelsen på brukeren. Generelt øker distribusjonskostnadene kraftig fra storbrukere til husholdningene og fra sentrale til gravgrendte strøk.

Forskjellene mellom storbrukere og husholdninger, spredt og gravgrendt øker mer med rørbunden energi som gass og fjernvarme enn for skips og veitransport av energi. Mens rørtransport av gass fra Kårstø til kontinentet koster 1,5 til 2 øre kWh, vil rørtransport av gass levert enebolig i Oslo-regionen kanskje koste 25 øre kWh og industriell storbruker i Grenlandsområdet i størrelsesorden 5-7 øre/kWh dersom et rørsystem etableres. Transportkostnadene for biopellets kan også variere mellom 2 og 25 øre kWh hvor det laveste anslaget gjelder store brukere nær en pelletsfabrikk og det høyeste anslaget leveranse av pellets i sekk til husholdninger f.eks i Akershus.

Ledningsbunden energi og planleggingsproblemet.

For gass og fjernvarme og i noen grad elektrisitet er kostnadene avhengig av tettheten i energibruken og volum pr. meter rør/ledning. For gass og fjernvarme gjelder det derfor å oppnå en høy penetreringsrate blant de store brukerne innen sentrums- og tettbygde områder. Etablering av gassforsyning i et sentrumsområde blir til hinder for etablering av fjernvarme som igjen kan være basert på biobrensler. Tilsvarende kan konvertering av eksisterende oljekjeler til biokjeler i større næringsbygg reduserer lønnsomheten av fjernvarme i et område. I utformingen av virkemidlene bør man derfor vurdere områdeinndeling av virkemidlene. Dette er kjent fra f.eks Danmark, hvor man har avsatt soner til fjernvarme, gass og elektrisk oppvarming. Disse sonene kan f.eks fastsettes med utgangspunkt i lokale energiplaner som klargjør kostnader og potensialer for fjernvarme kontra individuelle løsninger for boliger og næringsbygg. Her må man imidlertid veie informasjonsproblemet og fleksibilitetstap opp mot mulige koordineringsgevinster

5.2.3 Klimapolitikken

Klimapolitikken er den andre viktige faktoren som kommer til å påvirke markedene for bioenergi. Bruken av bioenergi påvirkes gjennom

- prisen på CO₂-kvoter når disse slår igjennom i kraftmarkedet og sluttbrukerprisene på gass og petroleumsprodukter.
- avgifter på klimagasser og prisøkningen på konkurrentene til biobrensler
- ulike virkemidler som direkte støtter fornybar energi generelt eller bioenergi spesielt. Innføringen av det grønne sertifikatsystemet er eksempel på et meget kraftig virkende virkemiddel i Sverige som har subsidiert biobasert kraftproduksjon med rundt 20 øre/kWh. Til sammenligning er den forventede kostnaden med rensing og deponering av CO₂ fra et gasskraftverk beregnet til ca. 15 øre/kWh. En rekke andre virkemidler som f.eks elavgift vil også kunne påvirkes av den underliggende klimapolitikken.

Klimapolitikken påvirkes for tiden av tre viktige faktorer. Flere tegn tyder på at utviklingen går raskere enn det FNs vitenskapelige klimapanel IPPC tidligere har lagt til grunn. Derfor kreves meget sterke tiltak på et tidlig tidspunkt dersom man skal ”unngå en farlig menneskeskapt utvikling av klimaet”. Den nødvendige styrken på tiltakene er økt som følge av mangelen på effektive internasjonale avtaler som har påskyndet de globale reduksjonene. Men gjennom klimakonvensjonen og mekanismene i Kyoto-protokollen foreligger et avtaleverk og en infrastruktur som vil kunne føre til rask mobilisering av tiltak på bred front i alle land som tilslutter seg protokollene under konvensjonene. Deltagelsen fra Kina, India og USA er her avgjørende for at politikken skal få virkning. I et optimistisk- scenario med tilstrekkelig ambisiøs og effektiv internasjonal klimapolitikk kan prisen på CO₂-utslipp anslås til 300

NOK/tonn i henhold til den mye omtalte Sternrapporten og beregninger utført av EU. Dette prisnivået er for øvrig i samsvar med simulerte priser i en INSA-modell som ble utarbeidet i et større EBL-prosjekt. Kostnadene vil trolig være vesentlig høyere med ineffektive kvote eller avgiftssystemer.

Stort innslag av gratiskvoter fører ikke til en like smidig overgang fra kull til mindre CO₂-holdige energibærere og kvotesystemets begrensede omfang kan medføre at de faktiske marginale reduksjonskostnadene vil ligge høyere. Til illustrasjonsformål er det derfor lagt til grunn et scenario på 300 NOK og 500 NOK pr. kWh. Kvoteprisen i EU-systemet for Kyotoperioden er for tiden i størrelsesorden 180 NOK/tonn.

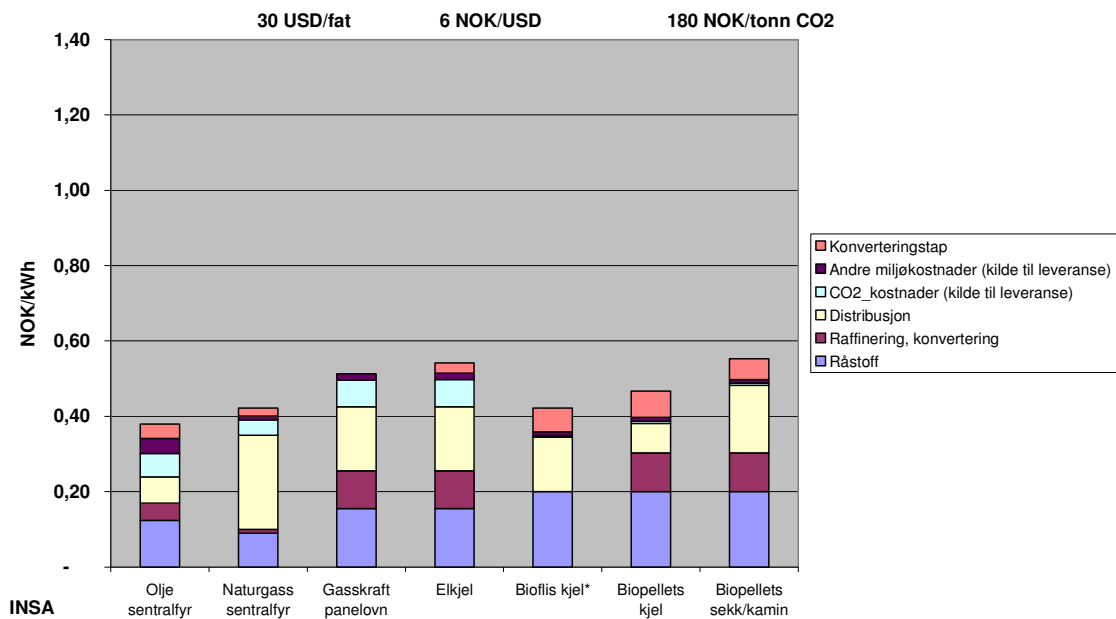
Klimakonvensjonens målsettinger er også blitt operasjonalisert til at man skal begrense gjennomsnittlig temperaturøkning til 2 grader over førindustrielt nivå. Dette vil kreve at globale utslipp stabiliseres senest 2015 og deretter reduseres med mellom 50% og 80% fram til 2050. For å sikre tilstrekkelig med internasjonale reduksjoner kan det på den bakgrunn argumenteres for at kvoteprisen vil ligge i størrelsesorden 700 NOK/tonn som er samsvar med beregnede kostnader knyttet til storskala rensing og deponering av CO₂ fra gass og kullkraftverk. Man bør derfor også vurdere hvilke andre tiltak som det vil være lønnsomt å gjennomføre i energimarkedet innenfor denne kostnadsrammen.

Variasjonen i ovennevnte kvotepriser gir en variasjon i kraftprisene tilsvarende 0 til 25 øre kWh dersom gasskraft utgjør det marginale tilbudet i kraftmarkedet.

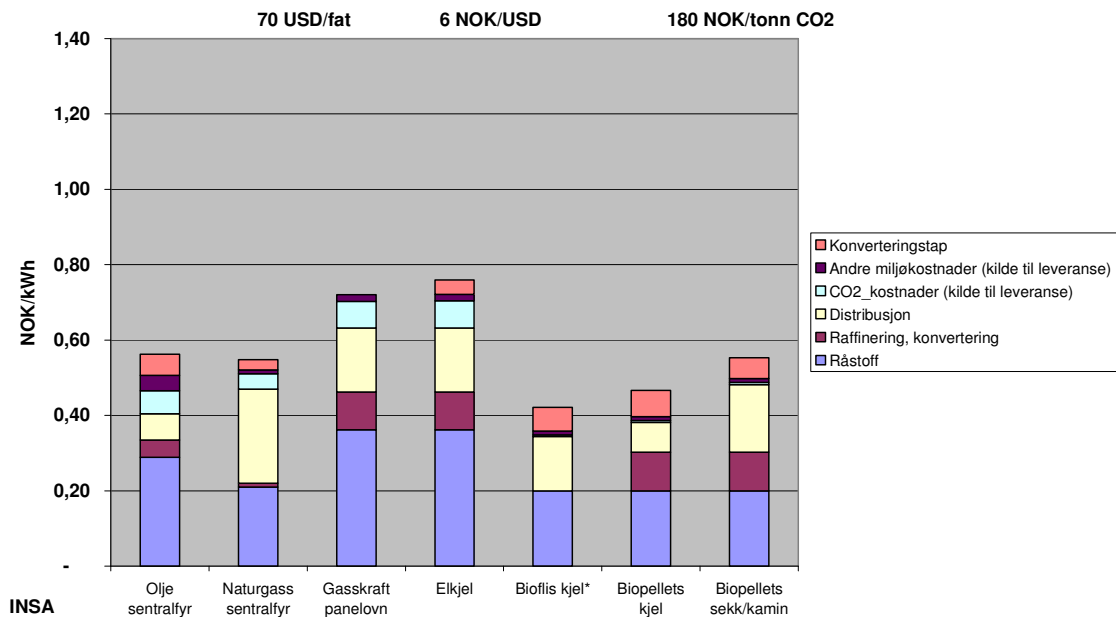
5.2.4 Energikostnader oppvarming – Eneboliger

Disse utviklingsscenariene i olje og CO₂-prisene får store konsekvenser for prisene på el og olje til oppvarming i bygningsmassen og dermed lønnsomheten av å realisere potensialene for bioenergi i de ulike markedssegmentene. Figurene under viser hvordan tre forskjellige scenarier , henholdsvis 1) oljepris 30 USD/fat, kostnader ved CO₂-utslipp 180 NOK /tonn CO₂ 2) 70 USD/fat 180 NOK/tonn CO₂, og 3) 70 USD/fat 700 NOK/tonn CO₂ slår inn i de variable kostnadene ved ulike oppvarmingsløsninger.

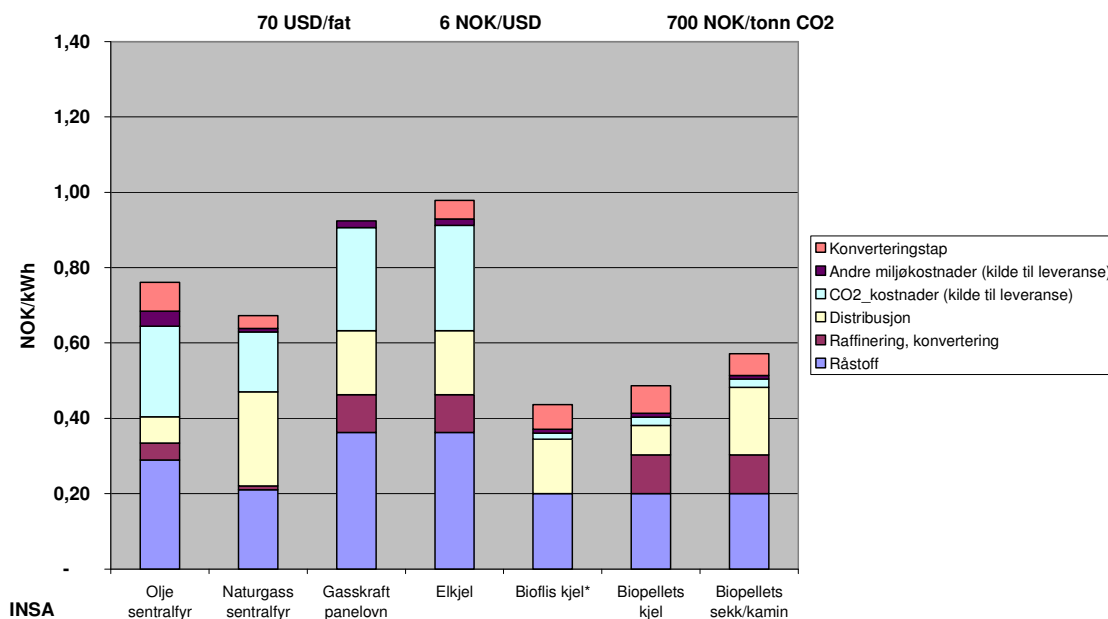
Figurene viser de aktuelle samfunnsøkonomiske kostnadene, dvs at avgifter for CO₂ og andre miljøkostnader er lagt inn i stedet for de aktuelle el-avgifter og CO₂-avgifter som også er fiskalt motivert. Kostnadene er eks moms. Som følge av disse tre scenariene får man følgende konsekvenser for oljepriser, gass og elpriser levert en enebolig med typisk geografisk beliggenhet i Norge.



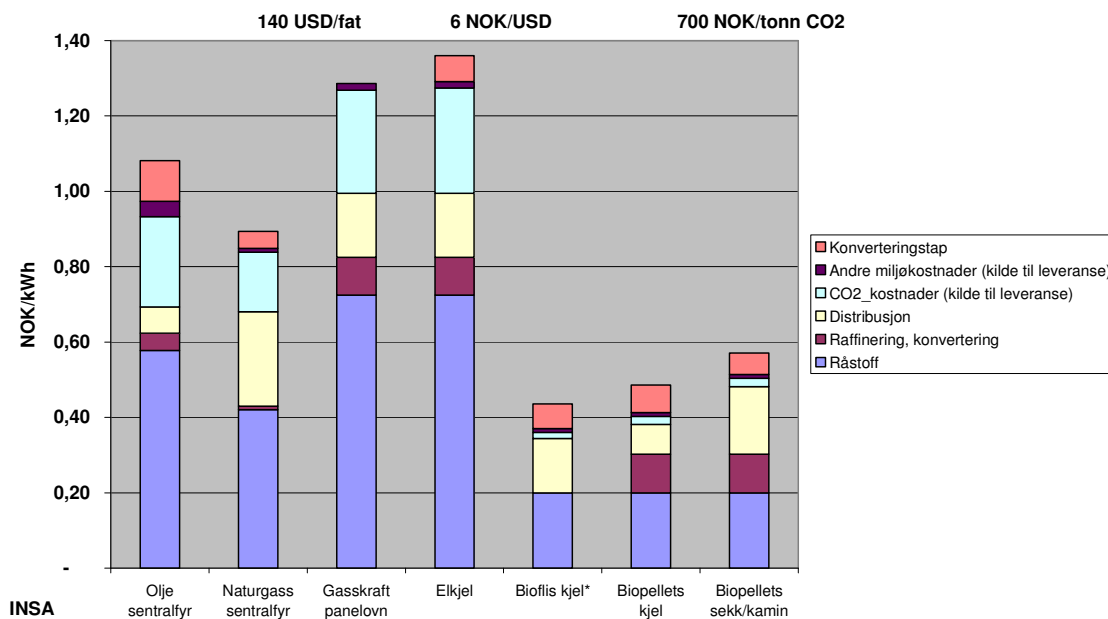
Figur 36: Energikostnader levert typisk enebolig 150 m², gjennomsnittlig brukstid 2000 timer, med oljepris på 30 USD/fat, CO₂-kostnad på 180 NOK/tonn, inkludert andre beregnede miljøavgifter, men ikke særavgifter (dvs. elavgifter, mineraloljeavgifter som overstiger miljøkostnadene).



Figur 37: Energikostnader levert typisk enebolig 150 m², gjennomsnittlig brukstid 2000 timer, med oljepris på 70 USD/fat, CO₂-kostnad på 180 NOK/tonn, inkludert andre beregnede miljøavgifter, men ikke særavgifter (dvs. elavgifter, mineraloljeavgifter som overstiger miljøkostnadene).



Figur 38: Energikostnader levert typisk enebolig 150 m², gjennomsnittlig brukstid 2000 timer, med oljepris på 70 USD/fat, CO₂-kostnad på 700 NOK/tonn, inkludert andre beregnede miljøavgifter, men ikke særavgifter (dvs. elavgifter, mineraloljeavgifter som overstiger miljøkostnadene).

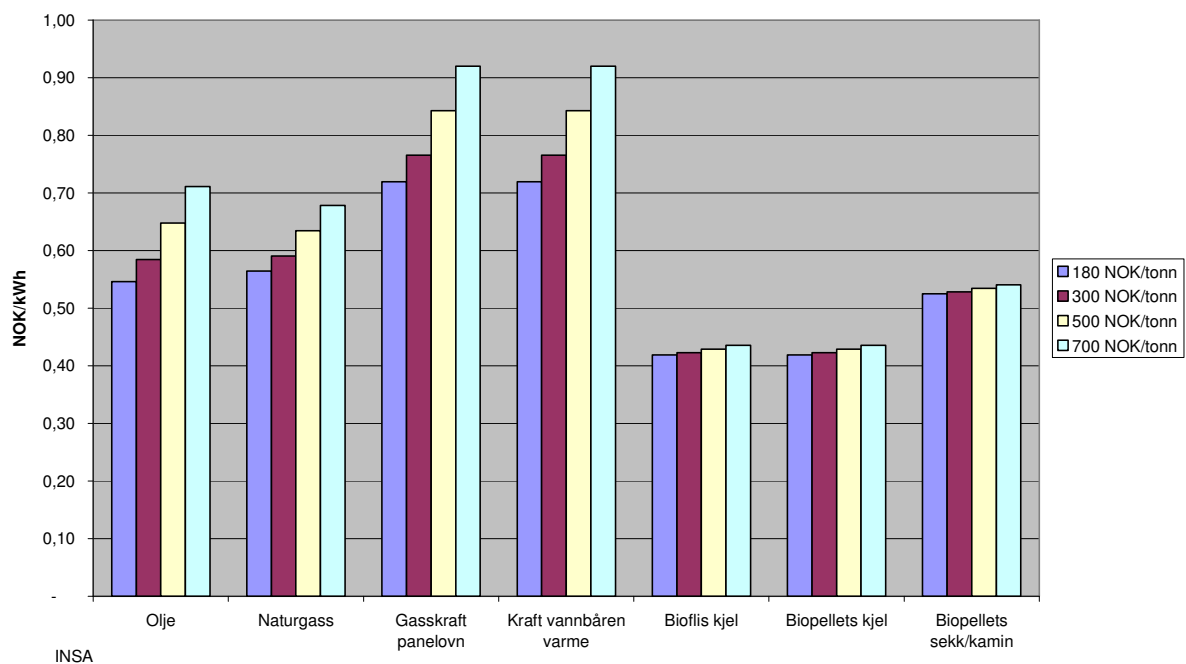


Figur 39: Energikostnader levert typisk enebolig 150 m², gjennomsnittlig brukstid 2000 timer, med oljepris på 140 USD/fat, CO₂-kostnad på 700 NOK/tonn, inkludert andre beregnede miljøavgifter, men ikke særavgifter (dvs. elavgifter, mineraloljeavgifter som overstiger miljøkostnadene).

- Det første scenarier representerer et den forventede utviklingen dersom oljeprisen faller tilbake til et mer normalt nivå som følge av en sterkere produksjonsøkning i Midt-Østen. Kostnadene for elektrisitet til oppvarming er da ca 50 øre eks moms som tilsvarer kraftkostnadene som stort sett var gjeldende fram til prisøkningen i 2002/2003. Prisen for leveranse oljeprodukter er 35 øre/kWh levert villakunder. I dette scenariet ligger de variable kostnadene for leveranse av pellets og bioflis til kjel over kostnadene for leveranse av oljeprodukter. Varmekostnadene ved leveranse av pellets i småsekk til

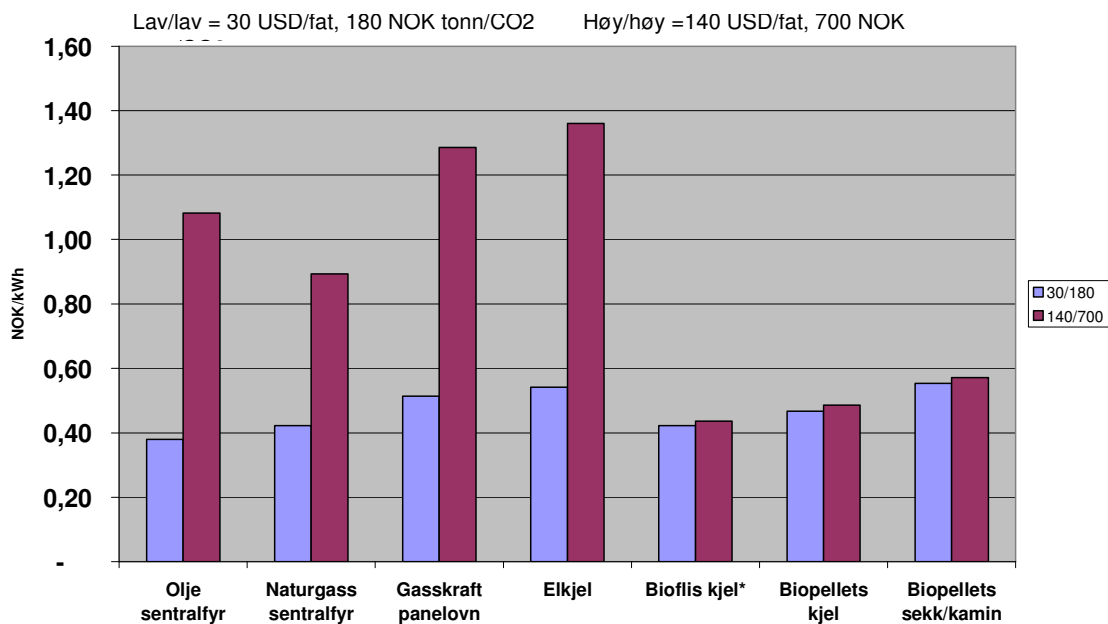
kaminer ligger på samme nivå som elektrisitet levert husholdningene. De variable kostnadene til ved og egeninnsats for vedfyring i ny vedovn og gammel ovn ligger til sammenligning henholdsvis i området 47-70 øre avhengig av hvordan man priser egen tid og fra 95- øre til 1,30 med utgangspunkt i en vedpris på 1600 kroner eks moms.

- I det andre scenariet øker oljeprisen fra 30 til 70 USD/fatet og de variable kostnadene ved oppvarming med ca 20 øre/kWh for olje og parafinkaminer og med ca 21 øre for nye gasskraftproduksjon. Som man senere vil se kan dette bidra til utløsning av et betydelig potensiale for bioenergi til erstatning for oljeprodukter i bolig og næringsbygg.
- I det tredje scenariet får vi en økning av CO₂ kostnadene fra 180 til 700 NOK/tonn. Her øker kraftprisene med ca 20 øre kWh, kostnadene med oljefyring med 16 øre/kWh og oppvarmingen med naturgass med 12 øre kWh. Samtidig som samtlige alternative kostnader til biobrensler skjer det altså en intern vridning i konkurranseforholdet mellom alternativene. Dette er ikke av så stor betydning for de mest aktuelle potensialene for økt anvendelse av biobrensler, men er av betydning for konkurranseflaten mellom fjernvarme og gass som oppvarmingskilde, og for de mer kostbare konverteringsalternativene.
- I det fjerde scenariet (høy/høy) legges en CO₂-kostnad på 700 NOK/tonn og en oljepris på 140 USD/til grunn.



Figur 40: Klimapolitikk og kostnad nyttegjort energi husholdning.

Figuren viser hvordan energiprisene levert husholdninger vil stige med stigende CO₂-kostnader. Fra 180 NOK/tonn CO₂ til 700 NOK/tonn CO₂ stiger kraftprisene med ca 20 øre levert husholdning. Dette er likevel ikke mer enn forskjellen på panelovner og vannbåren varme i bygningsmassen. I figuren er det lagt til grunn en råstoffpris på 12 øre/kWh. Med en økning til 20 øre stiger dermed energiprisen for varme levert fra biokjel til vel 50 øre/kWh og for biopellets levert sekk til fyring i kamin til vel 60 øre/kWh



Figur 41: Spennvidden i husholdningenes framtidige energikostnader som følge av spennvidde i oljepriser (30 til 140 USD/fat) og spennvidden i CO₂-kostnader (180 til 700 NOK/tonn CO₂).

Den store spennvidden i mulige oljepriser og CO₂-kostnader gjør at man står overfor meget stor variasjon og risiko med hensyn til valg av oppvarmingsløsninger i bolig og næringsbygg. I scenariet lav/lav legges det til grunn en CO₂-kostnad på 180 NOK/tonn og en oljepris på 30 USD/tonnet. I scenariet høy/høy legges en CO₂-kostnad på 700 NOK/tonn og en oljepris på 140 USD/til grunn. I lav/lav scenariet kan det ikke ventes økt bruk av biobrensler uten ytterligere virkemiddelbruk, mens høy/høy-scenariet gjør utstrakt bruk av biobrensler i bolig og næringsbygg svært lønnsomt forutsatt at prisene på biobrensler ikke følger etter.

Som det framgår av figuren blir energikostnadene meget store. I neste kapittel ser vi hvordan kombinasjonen av energipriser og investeringskostnader påvirker valget av oppvarmingsløsning i en typisk enebolig.

5.2.5 Totale kostnader medregnet kapital-/driftskostnader - Eneboliger

Generelt er oppvarming med kjel og vannbåren varme i boligsektoren langt mer kapitalkrevende enn oppvarming med elektrisitet og panelovner. Kapitalkostnadene med punktoppvarming med kaminer, ved, pellets eller parafin, er av om lag samme størrelsesorden som for elektrisitet når det gjelder boligsektoren. For varmepumper er kapitalkostnadene høyere, men den høye virkningsgraden gjør at varmepumper kan være lønnsomt i forhold til oppvarming med elektrisitet.

Investeringskostnadene for kjelanlegg er svært skalaavhengig og kostnadene pr. kWh vil være direkte avhengig av den årlige brukstiden. Kjeler passer derfor best i store bygg med lang brukstid på oppvarming, mens kaminer, panelovner luftbaserte varmepumper passer best i mindre bygg hvor man har kort brukstid på den årlige oppvarmingen, f.eks på grunn av et mildt klima.

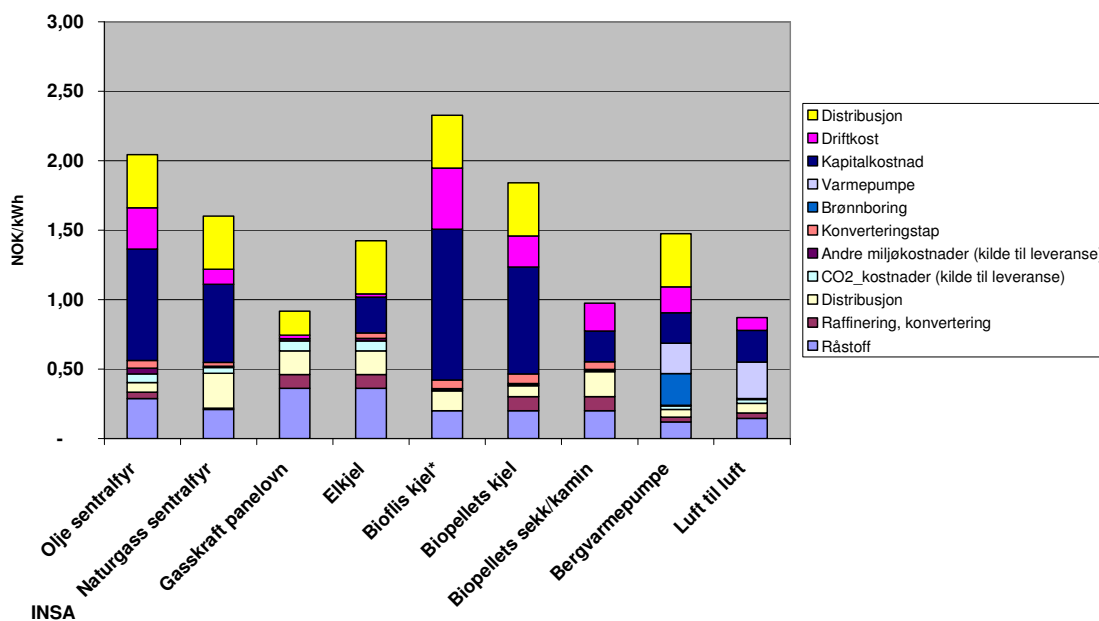
Stadig mer energieffektive boliger reduserer både oppvarmingsbehov pr. kvm og gjennomsnittlig årlig brukstid på utstyret. Denne tendensen reduserer dermed lønnsomheten av kjel og vannbåren oppvarming i forhold til de andre løsningene. For mindre boliger med årlig oppvarmingsbehov under 20.000 kWh eller 10 kW kan det dessuten være vanskelig å finne

utstyr tilpasset kapasitetsbehovet, slik at man må investere i større kjelekapasitet enn det strengt tatt er nødvendig. Dette bidrar til ytterligere økning i kapasitetskostnadene. For moderne isolerte boliger i Sør-Norge tilsvarer 10 kW boliger under 200 kvm.

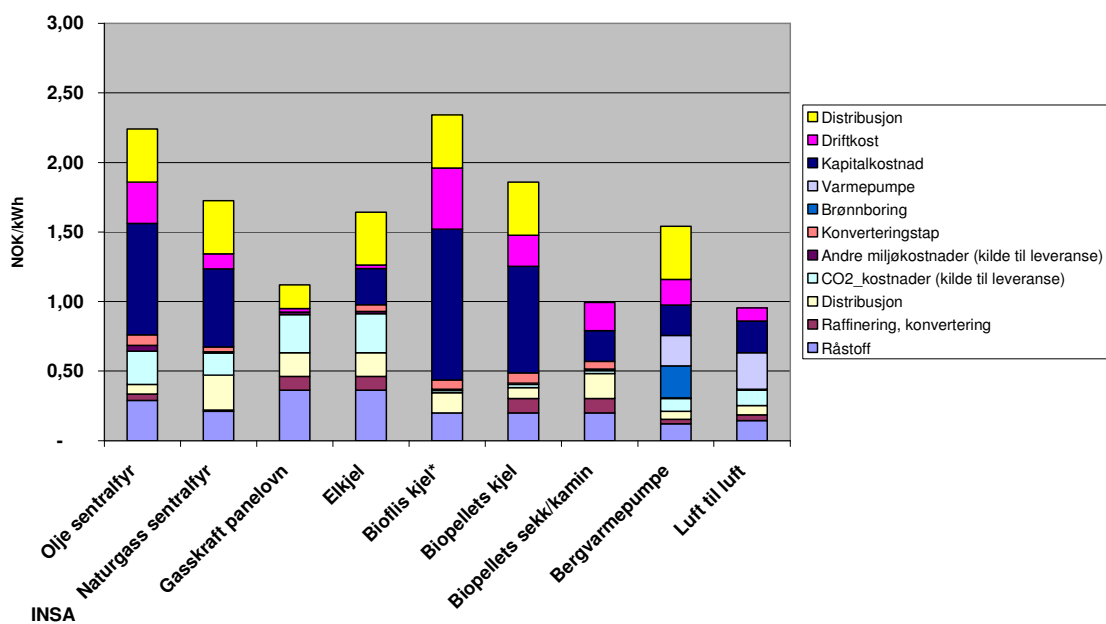
Investerings og driftskostnadene for en pellets kjel samt investeringskostnadene i vannbåren varme utgjør om lag 2/3 av kostnadene ved levert varme i et bolighus. I bolighus blir pelletskaminer kombinert med elektrisk oppvarming derfor det gunstigste alternativet i de aller fleste scenariene.

Figurene nedenfor viser de samlede kostnadene med ulike oppvarmingsalternativer for et bolighus på 150 kvm med et årlig oppvarmingsbehov på 15 000 kWh til rom og tappevann i basisalternativet (oljepris på 70 USD/fat, 180 NOK/tonn CO₂) og i tilfellet med alternative olje- og CO₂-priser.

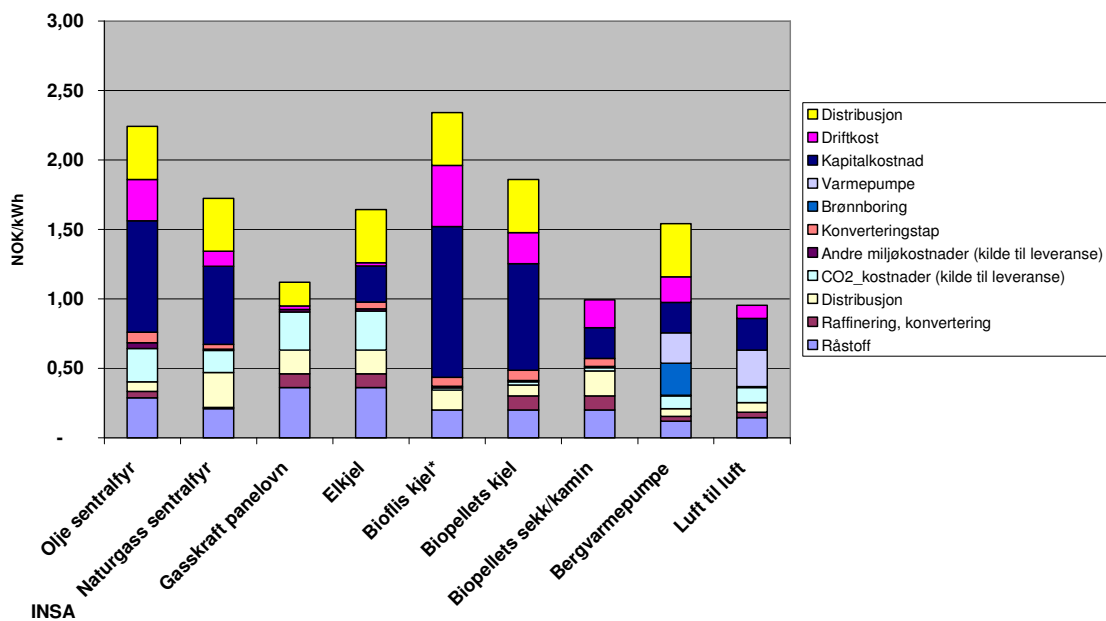
Figurene anskueliggjør dessuten hvor mange kostnadskomponenter som inngår i hele kjeden fra råvare til nyttgjort varme i bygningsmassen. Det viser også hvor vanskelig det kan være for forbrukerne å sette seg inn i hvilken oppvarmingsløsning som vil være gunstigst i fremtiden. Svært mange opplever at det kan være vanskelig å få komplette tilbud på løsninger som krever investeringer i kjeler og vannbåren varme. Risikoen oppfattes derfor ofte som meget stor dersom man vurderer alternative oppvarmingsløsninger i bolighus og mindre næringsbygg.



Figur 42: Totalkostnader, Enebolig, 70 USD/fat og 180 NOK/tonn CO₂.



Figur 43: Totalkostnader, Enebolig, 70 USD/fat og 700 NOK/tonn CO₂.



Figur 44: Totalkostnader, Enebolig, 140 USD/fat og 700 NOK/tonn CO₂.

- I basisalternativet framstår kaminløsninger og panelovner som klart mest lønnsomt. Kostnadene for pellets-kamin, ny vedovn, luft til luft varmepumpe og parafinkamin er av om lag samme størrelsesorden. Hvilket alternativ som blir mest konkurransedyktig er avhengig av lokale forsyningskostnader, kostnadene ved egen bruk av tid, klimatiske forhold og husets utforming. Ellers er det verdt å merke seg at pellets-kaminer og panelovner er mer lønnsomt enn gasskjel i oppvarmingen, når man legger til grunn typiske distribusjonskostnader for rørbunden naturgass. Kostnadene for gasskamin vil være av samme størrelsesorden som el/panelovn og pellets-kamin. I tillegg til pellets-kamin, kan husholdningene velge mellom vedovn, parafinkamin, luft til luft varmepumpe og luft til vann varmepumpe. Ved innkjøp av ved til 1400 NOK/favn og

pellets til 2300 NOK/tonn blir kostnadene med vedovn og pellets-kamin om lag det samme.

- Som man ser er CO₂-kostnadene, slik det forventes å bli EUs kvotehandelssystem for Kyoto-perioden neppe er noen sterk driver for omleggingen av bruk av energi til oppvarming av boliger og mer omfattende bruk av biobrensler. CO₂-kostnadene er i dette tilfellet mindre enn differansen mellom vannbåren oppvarming og eloppvarming for nye boliger. Dessuten er det viktig å legge merke til at driftskostnadene, som igjen er knyttet til hvor mye man verdsetter sin egeninnsats også for bioenergi utgjør en større kostnad enn CO₂-kostnadene. Dermed blir livstil og holdningen til denne type arbeid viktig. Både inntekt, livssituasjon og hvordan man ønsker å profilere seg selv er viktige faktorer i denne sammenheng.
- Med lave CO₂-kostnader blir oppvarming med gass/kjel/vannbåren varme mer lønnsomt enn oppvarming med pellets-kjeler.
- Dersom man legger kostnaden med CO₂-rensing til grunn for kostnadene med CO₂-utslipp (NOK 700/tonn) er løsninger basert på kjel og vannbåren varme foreløpig svært kostbart i forhold til fortsatt bruk av elektrisitet panelovner og fullskala rensing av fossile kraftverk. Fyring med biopellets i kamin framstår som den mest lønnsomme oppvarmingsmetoden i dette tilfellet.
- Selv ikke med svært høye olje og CO₂-kostnader framstår biopellets kjel og vannbåren varme som konkurransedyktige alternativer til panelovner + peis/pelletsovner. Dette resultatet framgår når man tar med alle kostnader, også de bygningsmessige ekstrakostnadene, med egne kjel og fyrrom. Kostnadene til drift og vedlikehold er foreløpig også tyngende for oppvarming basert på kjel/biobrensler. I høy/høy scenariet framstår kjeler basert på biokjel som mer gunstig enn oppvarmingsløsninger basert på naturgass/kjel og vannbåren varme. Beregningene over er basert på at økningen i olje og CO₂-priser ikke fører til tilsvarende løft i pelletsprisene. Dette er neppe en holdbar forutsetning i lys av et framvoksende internasjonalt marked for biopellets. Økte olje- og CO₂-priser på forventes å gi et skift i etterspørselen etter bioenergi også internasjonalt.

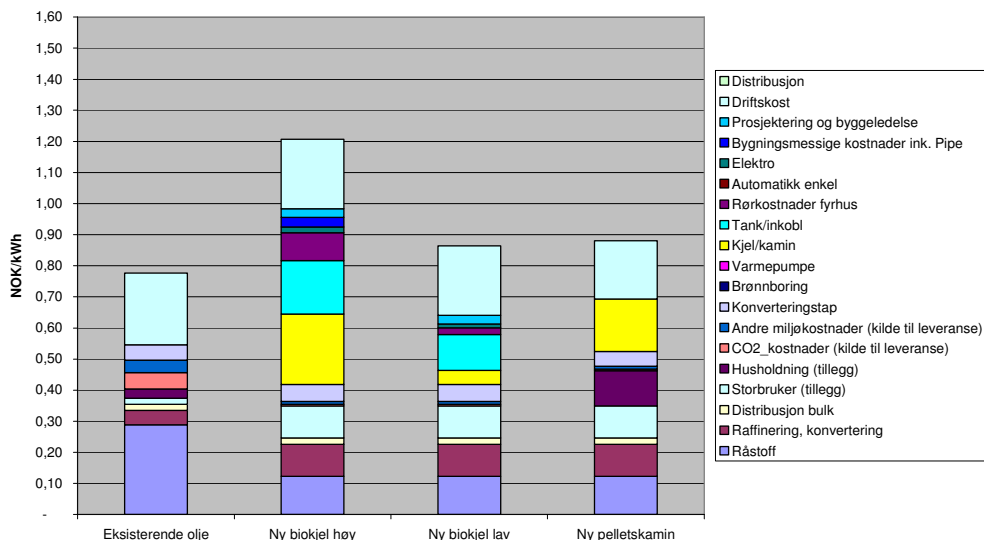
5.2.6 Kostnader ved konvertering – Eneboliger

I ny bygningsmasse konkurrerer oppvarmingsløsningene med utgangspunkt i de fulle kostnader dvs energikostnader, miljøkostnader, kapitalkostnader knyttet til kjel/kaminer, piper, fyrrom panelovner, radiatorer osv. samt driftskostnader. For privathusholdningene består driftskostnadene stort sett av egeninnsats og er derfor avhengig av hvordan husholdningene verdsetter egen tid og glede /ulyst knyttet til de forskjellige typene egeninnsats.

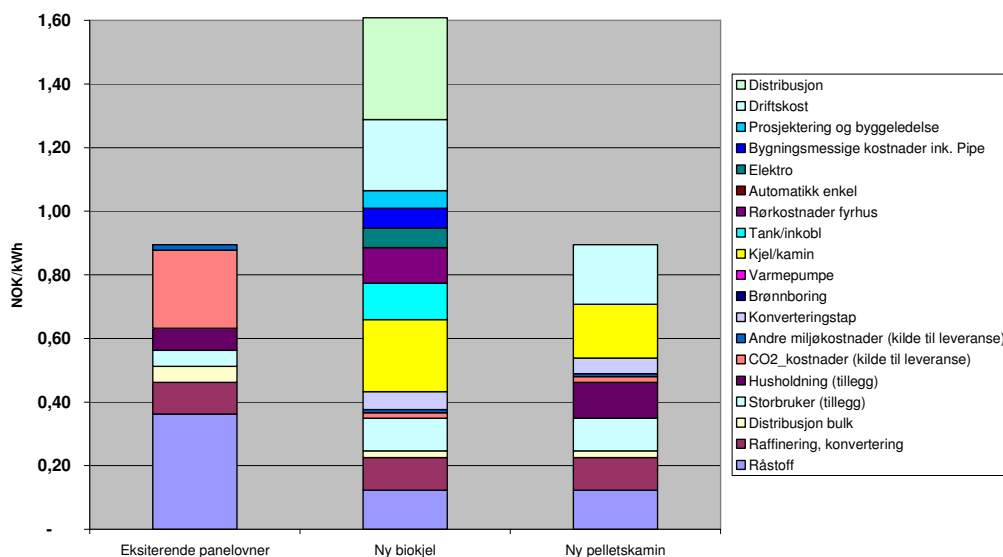
I eksisterende bygningsmasse vil biobrensler måtte konkurrere med en løsning hvor investeringene allerede er foretatt og dermed ikke regnes med ved en sammenligning. Det gjør det vanskeligere for bioenergi å konkurrere i eksisterende bygningsmasse fordi en konvertering kun blir lønnsom når

$(\text{Energi} + \text{driftskost} + \text{investeringskostnader})_{\text{bio}} < (\text{energikost} + \text{driftskost})_{\text{eksisterende}}$
Investeringskostnadene ved konvertering til biobrensler vil imidlertid være avhengig av i hvilken grad man kan benytte eksisterende utstyr. Ved utskifting av eksisterende oljekjeler vil man i noen sammenhenger kun skifte brenner uten å skifte kjel samt benytte eksisterende fyrrom, samtidig som man benytter seg av den samme vannbårne varmen og pipeløpet. I motsatt ende av skalaen vil en konvertering kreve at man både bygger fyrrom, pipe, konverterer fra oppvarming med panelovner til vannbårne systemer og investerer i kjelanlegg.

Den første figuren under viser kostnadene ved å fyre med olje i en relativt ny oljekjel kontra kostnadene å konvertere til biokjelanlegg basert på pellets sammenlignet med kostnadene pr. kWh for biopelletsanlegg. Figur 12 viser tilsvarende kostnader for konvertering av et hus med panelovner og elfyring.



Figur 45: Konkurransforholdet mellom olje og bio i enebolig (150 m²/2000 brukstimer) med installert oljekjel. Oljepris 70 USD/fat, CO₂-kostnad 180 NOK/tonn. Råstoffpris biobrensler er satt til 12 øre/kWh.



Figur 46: Konkurransforholdet mellom el og bio i enebolig (150 m²/200 brukstimer) med installert el og panelovn. Oljepris 70 USD/fat og CO₂-kostnad 700 NOK/tonn. Råstoffpris biobrensler er satt til 12 øre/kWh.

Tabellen under viser hvilke CO₂-kostnader som må til for å foreta denne type konverteringer av kjelanlegg og elektrisk oppvarming i typiske bolighus. Utgangspunktet er en oljepris på 70 USD/fatet.

	CO ₂ -kostnad	CO ₂ -høy
Elkjel-uprioritert	718	1591
Oljekjel	489	1692
Elpanel	635	2655

Figuren viser med andre ord at det kun er oljekjeler lett konverterbare til biokjeler som lønner seg innenfor en kostnadsramme på 700 NOK/tonn CO₂. Konvertering av boliger med elektriske panelovner til kjel og vannbåren varme er et svært kostbart tiltak. Installasjon av kaminer, peiser og enkle varmepumper i områder med høy årsvirkningsgrad, og lave leveranse kostnader for pellets og ved i nye vedovner er mest aktuelt i eksisterende bygningsmasse.

I en vurdering av konverteringskostnadene er det også viktig å ta hensyn til alderen på eksisterende oppvarmingssystemer. Med kort gjenværende teknisk levealder blir det mindre kostbart å bygge om anlegget siden man likevel i nær framtid må foreta en større oppgradering eller utskifting av eksisterende anlegg. Det er derfor vanlig å vurdere en konvertering i forbindelse med rehabilitering av bygningsmassen. Bygningsmassen og oppvarmingssystemer er kapitalutstyr med lang teknisk levetid. Mål om konvertering til fornybar varme bør derfor settes på lang sikt.

Konvertering av bygg som i dag varmes opp med elektrisitet krever at det etableres systemer for vannbåren varme. Man må da regne med en ekstrakostnad på ca 50% i forhold til installasjon i nybygg, dvs en økning fra 400 til 600 NOK pr, kvadratmeter. Med et varmeforbruk på 100 kWh/m² og annuitetsfaktor på 8% gir dette en kostnad 48 øre kWh. I dette tilfellet vil panelovnskostnadene på 14 øre/kWh være sunk cost.

Gjennomgangen av konkurranseflaten og kostnadene knyttet til konvertering av oppvarmingssystemene i eksisterende boligmasse viser sterkt varierende kostnader avhengig av alderen på boligen, alderen på eksisterende oppvarmingssystemer og de lokale forsyningssystemene. Kost/nytte varierer avhengig av klimatiske forhold, den aktuelle form på huset rominndeling osv.

I realiteten står man overfor svært individuelle forhold og man bør så langt som mulig benytte seg av generelle virkemidler som CO₂, NOX-avgifter, elavgifter osv. Tilskudd til produksjon av biobrensel kan redusere prisen på biobrensel. Men priseffekten er avhengig av om de lokale markedene er dekoblet fra det internasjonale markedet. Ellers fungerer produksjonsstøtte først og fremst som eksportstøtte.

En kombinert økning av elavgifter, mineralolje- og gassavgifter, eventuelt for å kompensere for mangelen på effektiv langsiktig prising av CO₂-utslipp, vil stimulere til en overgang til biobrensel og også varmepumper. Som tidligere nevnt kan effektene i kvotemarkedet i stor grad nøytralisere tiltakene dersom man i hovedsak erstatter el til oppvarming.

5.2.7 Totalkostnader nye større næringsbygg

Som det framgår av kapitlet om bygningsmassen innen industri og tjenesteyting, varierer bygningsstørrelsen mye både med hensyn til størrelse og gjennomsnittlig brukstid på oppvarmingsanleggene. Siden det er betydelig skalafordeler ved investeringer i kjelanleggene vil kapitalkostnadene utgjøre en forholdsvis liten andel av de totale varmekostnadene i store

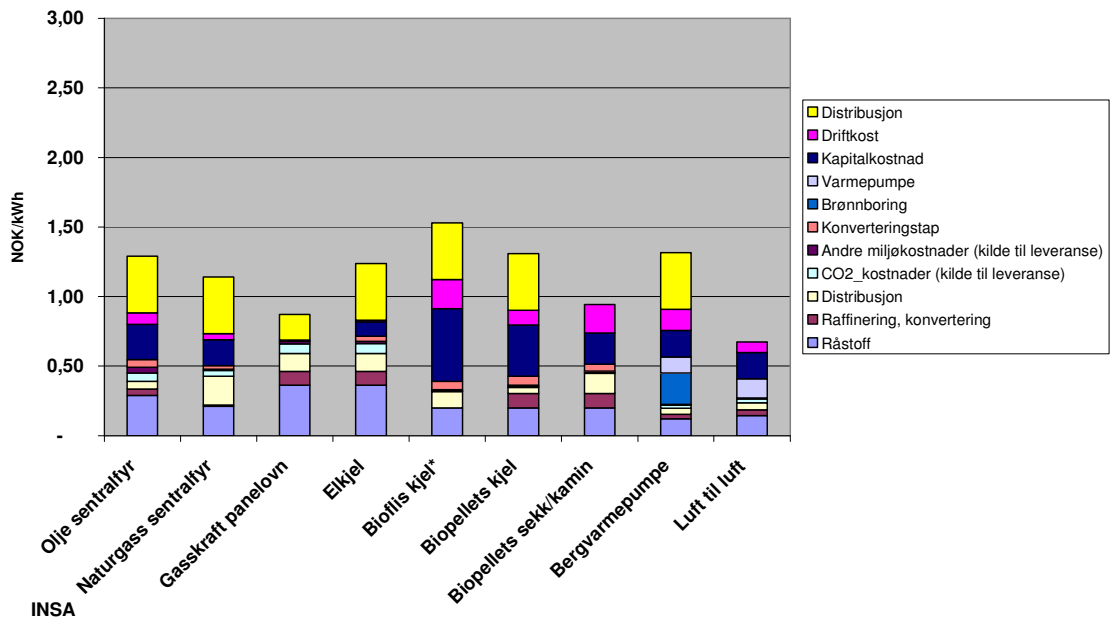
næringsbygg. Det gjør at det er vesentlig mer lønnsomt for større næringsbygg å velge kjelanlegg basert på rimelige biobrenslar når prisene på CO₂, olje-, gass elektrisitet stiger. Spesifikke kapitalkostnader utgjør en stadig mindre andel ved stigende størrelse på bygget og ved stigende brukstid.

Tilsvarende vil det være lønnsomt å konvertere store deler av bygningsmassen med kjelanlegg og vannbåren varme med forholdsvis lave oljepriser og CO₂-kostnader. Men også her er lønnsomheten avhengig av hvor mye av eksisterende utstyr som kan benyttes og hvilke endringer som må foretas av bygningsmessig karakter i en slik konvertering.

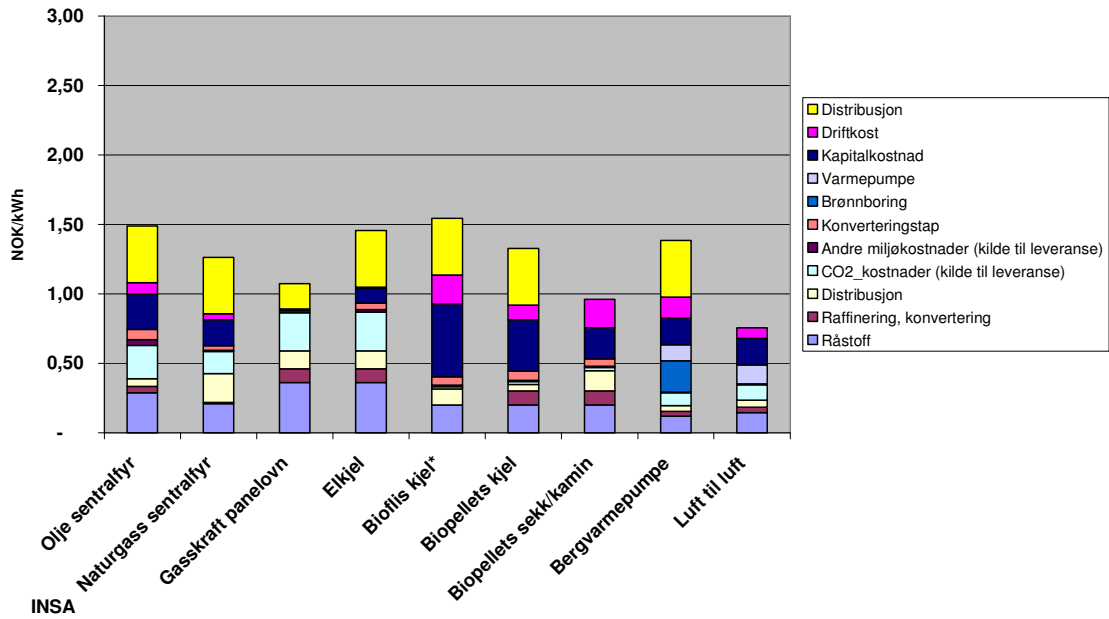
I henhold til statistikken til ENOVAs bygningsnettverk er størrelsen på et typisk næringsbygg i størrelsesorden 1200 m³ som tilsvarer behov for rundt 60 kW oppvarmingseffekt og rundt 120000 kWh benyttet til oppvarming. Legger man til grunn kostnadstallene i INSA's varmemodell blir kostnadene for ulike oppvarmingsløsninger som i figurene under (kaminløsninger er ikke relevant i dette eksemplet).

Figur 13-16 viser konkurranseflaten/totalkostnadene mellom ulike oppvarmingsløsninger for hhv. små og store næringsbygg og ulike forutsetninger om CO₂-kostnad:

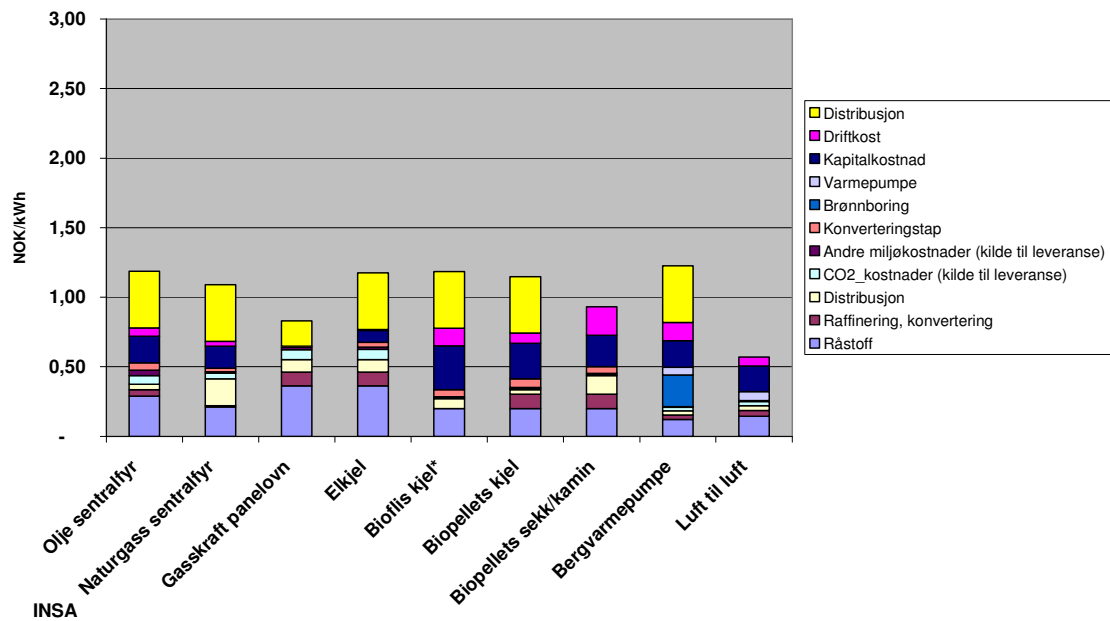
- I det første scenariet med 70 USD/fat og 180 NOK/tonn CO₂ (tilsvarende om lag dagens elavgifter) framstår elektrisitet og panelovner fortsatt som mest konkurransedyktig i forhold til kjel basert på biopellets. Av de vannbårene varmeløsningene blir pellets, elkjel kraft og varmepumpeløsningene likeverdige. Oppvarming med naturgass og vannbåren varme blir det mest lønnsomme i områder med tilgang på naturgass. Dette alternativet blir like konkurransedyktig som oppvarming med panelovner. Dermed faller biobrenslar ut av konkurransen i disse områdene.
- I det andre scenariet med CO₂-kostnader på 700 NOK/tonn framstår kjeler med biopellets som klart mest konkurransedyktig dersom det stilles krav om vannbåren varme. Dette bildet forsterkes dersom man ytterligere legger til grunn en kraftig oppgang i oljeprisene. Det er ellers viktig å legge merke til at driftskostnader og kapitalkostnader til kjel utgjør et viktig kostnadselement selv i typiske næringsbygg.
- I det tredje alternativet med riktig store næringsbygg (4000 m²) blir biopellets-kjel mest lønnsomt i basisscenariet (70 USD/fat og 180 NOK/tonn) dersom det legges inn vannbåren varme. Biopellets blir da mer lønnsomt enn varmepumpe.
- I det fjerde alternativet med stort næringsbygg og svært høye CO₂-kostnader på 700 NOK/tonn CO₂ blir kjel basert på biopellets også mer lønnsomt enn paneloppvarming av bygget. I dette scenariet og for denne bygningsstørrelsen er det ellers verdt å merke seg at løsninger basert på biopellets er mer lønnsomt enn fliskjel og fyring med rørlevert naturgass.



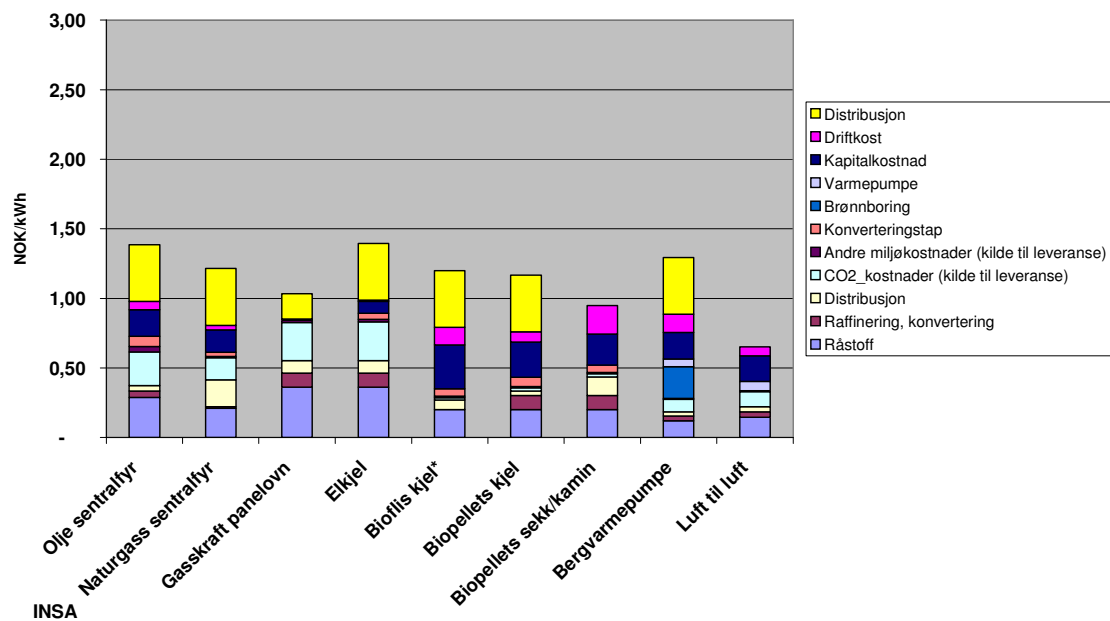
Figur 47: Totalkostnad, kontorbygg (1200 m²/2000 brukstimer), 70 USD/fat og 180 NOK/t.



Figur 48: Totalkostnad, kontorbygg (1200 m²/2000 brukstimer), 70 USD/fat og 700 NOK/t.



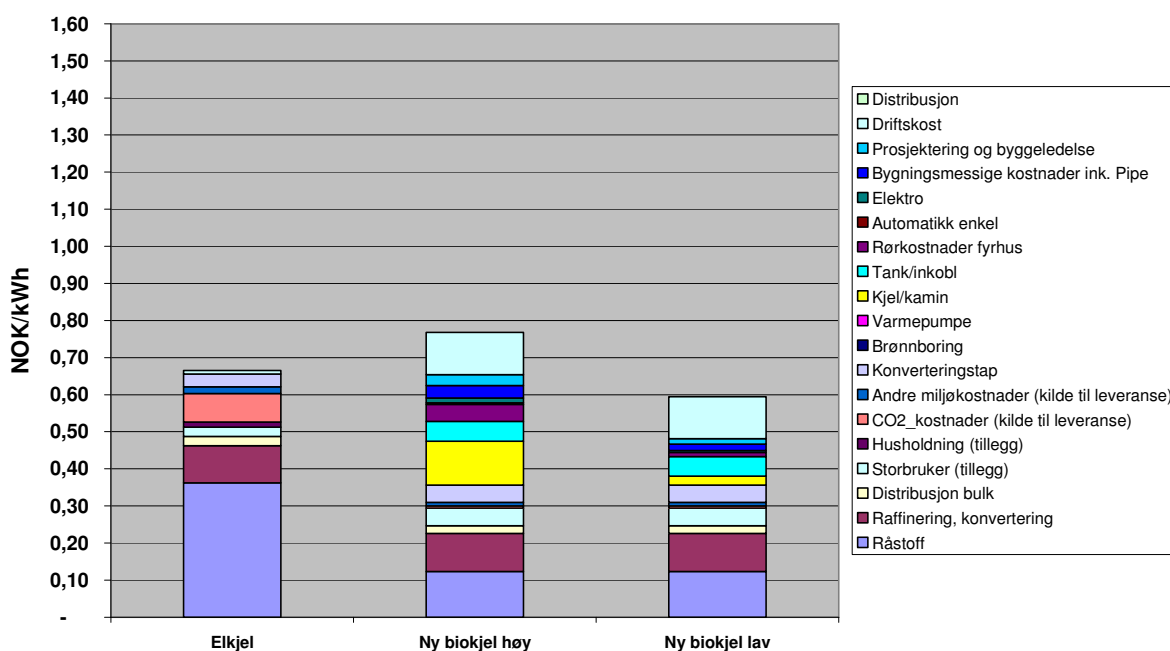
Figur 49: Totalkostnad, kontorbygg (4000 m2/2000 brukstimer), 70 USD/fat og 180 NOK/t.



Figur 50: Totalkostnad, kontorbygg (4000 m2/2000 brukstimer), 70 USD/fat og 700 NOK/t.

5.2.8 Konverteringskostnader næringsbygg

For bygningsstørrelsen på 1200 m2 blir det lønnsomt å konvertere både oljekjeler og kjeler basert på uprioritert el dersom dette kan gjennomføres ved bytte av brenner og dersom det ellers kreves små bygningsmessige endringer. Konvertering av kjeler basert på rørbunden gassforsyning blir ikke lønnsomt. Dersom man også må bytte kjel og gjennomføre større bygningsmessige endringer blir konvertering ikke lønnsomt.



Figur 51: Konkurransflate konvertering av uprioritert elkjel med ny biokjel, høyt og lavt alternativ for ombyggingskostnader. Størrelse 1200 m², brukstid 2000, oljepris 70 USD/fat, CO₂-kostnad 180 NOK/tonn. Råstoffpris biobrensler 12 øre/kWh.

Med lavere oljepriser blir det i det typiske tilfellet ikke lønnsomt å konvertere eksisterende kjeler til biobrensler med oljepriser lavere enn 70 USD/fatet med mindre høyere CO₂-kostnader eller elavgifter kompenserer for prisetallet på olje.

Konvertering fra el og panelovner til biokjel blir ikke under noen omstendigheter lønnsomt for denne bygningsstørrelsen i basisscenariet. Selv med CO₂-kostnader på 700 NOK/tonn i kraftmarkedet blir det fortsatt lønnsomt å varme opp med eksisterende panelovner og på lang sikt vil man forvente at kraftsektoren vil være CO₂-fri med slike kvotepriser.

Et bygg vil anslagsvis måtte være større enn 10000 kvm og brukstiden samtidig over 2500 timer for at det være lønnsomt å konvertere fra el og panelovner til vannbåren varme og biokjel i referansescenariet. I henhold til modellen vil det ikke være lønnsomt å konvertere selv de største byggene med lang brukstid til oljepriser lavere enn 50 USD og kvotepris på 700 Nok/tonn.

Konvertering fra panelovner til vannbåren varme må derfor anses som en forholdsvis uaktuell problemstilling, med mindre man forventer ytterligere langsiktig vekst i oljeprisene samtidig som prisen på biobrensler ikke endres.

Konvertering av større bygg med vannbåren varme

De største økonomiske potensialene for konvertering til biobrensler finner vi i større næringsbygg og boligblokker som fra før har installert sentralfyr og vannbåren varme. Fra byggstatistikken til Enova finner man at næringsbygg med sentralfyr gjennomgående er større enn bygg med kun oppvarming med elektrisitet. Bygg som oppgav flytende brensler, fjernvarme og uprioritert elektrisitet som oppvarmingskilde hadde gjennomsnittsstørrelse på 7800 kvadratmeter og et effektforbruk til oppvarming i størrelsesorden 380 kW. Bygg med kun prioritert elektrisitet har en gjennomsnittsstørrelse på 2700 kvadratmeter som tilsvarer et effektforbruk på i størrelsesorden 135 kW.

Ser man bort fra de 10% største byggene er gjennomsnittsstørrelsen 230 kW. I dette segmentet er det i referansescenariet meget lønnsomt å konvertere til biobrensler basert på pellets. Kostnadene med eksisterende løsninger blir ca 63 øre kWh utprioritert elektrisitet og 56 øre i eksisterende oljekjel. For biobrensler blir kostnadene mellom 48 øre og 60 øre ved konvertering av elkjel og uprioritert elektrisitet og mellom 47 øre og 58 øre for konvertering av oljekjel. Tapet ved å konvertere fra panelovner blir mellom 16 og 29 øre kWh.

Tabell 14: Kostnader ved konvertering, alternativ 1

CO ₂	180	Oljepris	70	Brukstid	2000
	Eksisterende	Bio_lav	Bio høy	Diff_lav	Diff_høy
Elkjel-uprioritert	0,63	0,48	0,60	0,15	0,03
Oljekjel	0,57	0,47	0,58	0,10	(0,02)
Elpanel	0,64	0,80	0,93	(0,16)	(0,29)

Senkes oljeprisen til 40 USD/fatet blir denne konverteringen ikke lenger lønnsom i denne størrelseskategorien. Dersom man forventer at nåværende oljepriser kun er et overgangsfenomen kreves at man legger til grunn høyere miljøkostnader eller andre positive gevinster av bruk av biobrensler for at denne satsningen skal kunne bli lønnsom.

Konvertering av kjeler med uprioritert elektrisitet blir lønnsomt mellom 220 og 525 NOK/tonn med dette oljeprisenivået. Konvertering av oljekjeler blir lønnsomt mellom 300 og 700 USD/tonn

Tabell 15: Kostnader ved konvertering, alternativ 2

CO ₂	180	Oljepris	40	Brukstid	2000
	Eksisterende	Bio_lav	Bio høy	Gevinst/tap lav	Gevinst/tap høy
Elkjel-uprioritert	0,47	0,48	0,60	(0,01)	(0,13)
Oljekjel	0,43	0,47	0,58	(0,03)	(0,15)
Elpanel	0,48	0,80	0,93	(0,32)	(0,45)

Tabell 16: Kostnader ved konvertering, alternativ 3

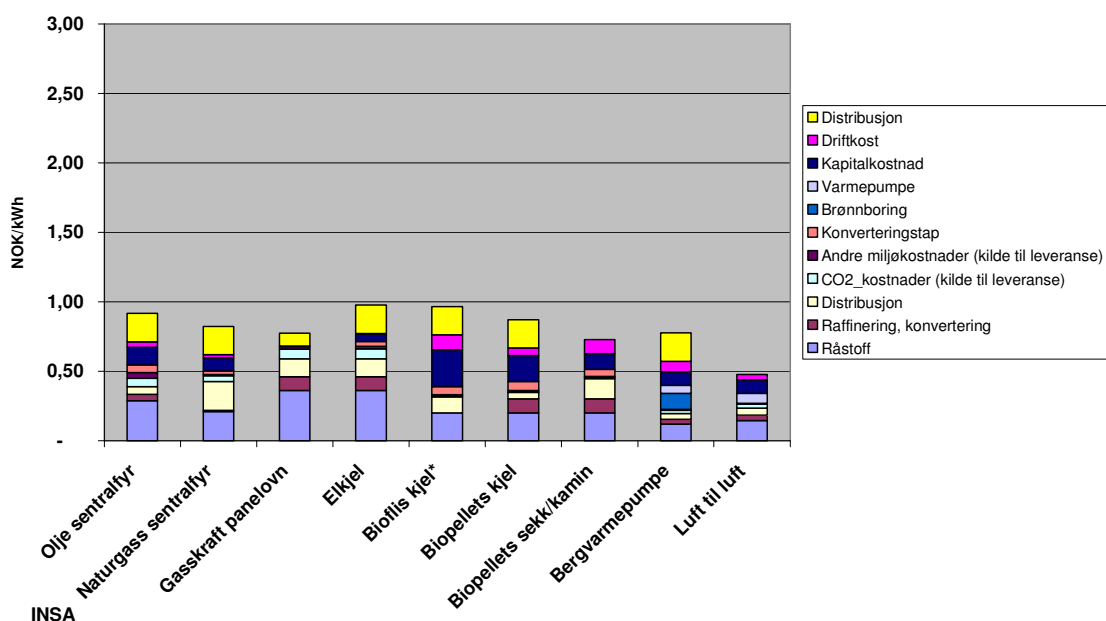
CO ₂	720	Oljepris	40	Brukstid	2000
	Eksisterende	Bio_lav	Bio høy	Diff_lav	Diff_høy
Elkjel-uprioritert	0,69	0,50	0,62	0,19	0,07
Oljekjel	0,60	0,48	0,60	0,12	0,00
Elpanel	0,69	0,82	0,95	(0,13)	(0,26)

For bygg i størrelsesorden 7800 kvm eller 390 kWh effekt blir det lønnsomt å konvertere elkjelene med de laveste ombyggingskostnadene. For at også den mest kostbare ombyggingen av oljekjeler skal bli lønnsomt må CO₂-kostnadene økes til 550 NOK/tonn CO₂.

Tabell 17: Kostnader ved konvertering, alternativ 4

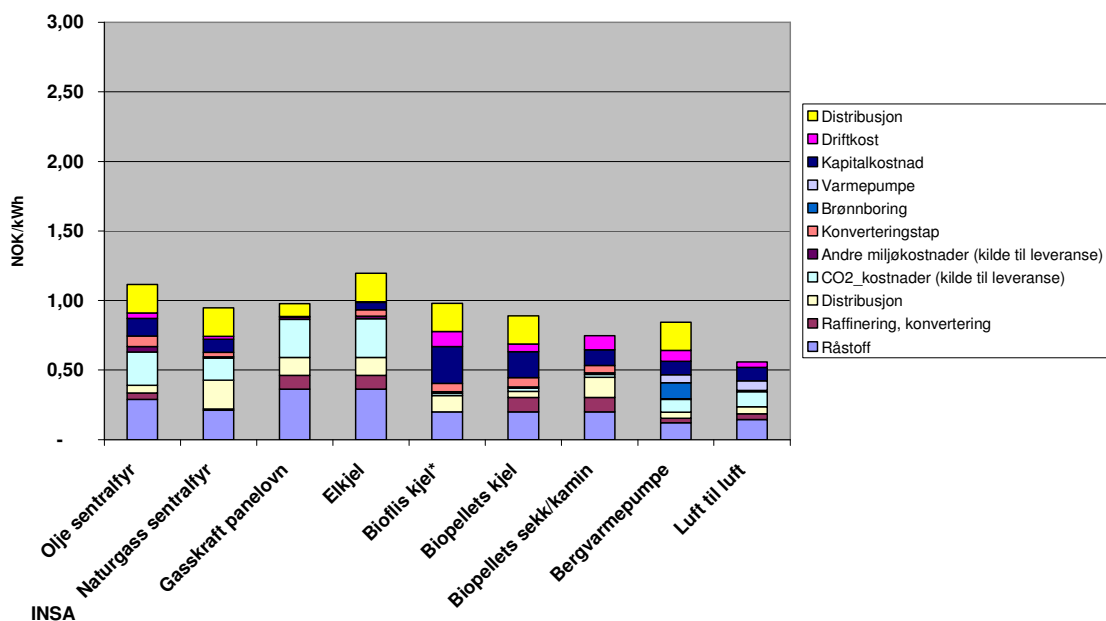
CO ₂	550	Oljepris	40	Brukstid	2000
	Eksisterende	Bio_lav	Bio høy	Diff_lav	Diff_høy
Elkjel-uprioritert	0,62	0,46	0,55	0,16	0,06
Oljekjel	0,54	0,44	0,54	0,09	(0,00)
Elpanel	0,62	0,81	0,88	(0,19)	(0,26)

5.2.9 Biobrenslets konkurransevne i fjern og nærvarmeanlegg



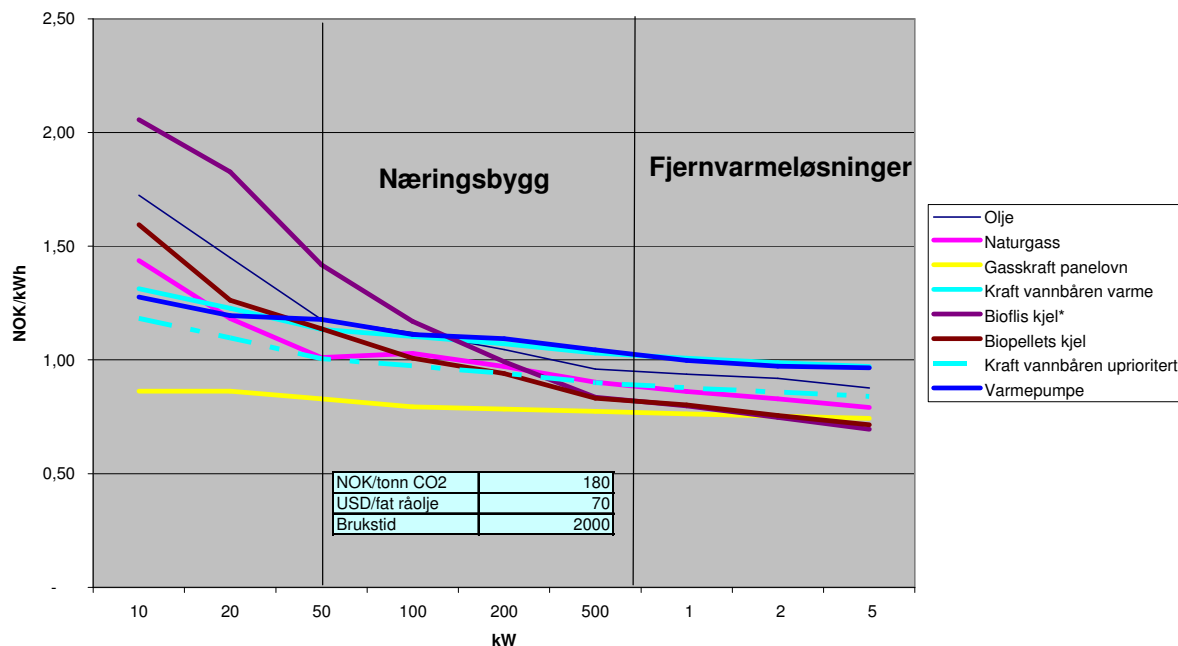
Figur 52: Biobrenslет konkurransevne i fjernvarmeanlegg og store næringsbygg med lang brukstid 4000 timer. Størrelse (1200 m²). Oljepris 70 USD/fat, CO₂-kostnad 180 NOK/tonn.

Biobrenslет har klare konkurransefortrinn i nær og fjernvarmeanlegg i referansescenariet siden man på den måten kan oppnå lengre brukstid på kapitalkrevende biobrenselsanlegg. (Mulighetene for spesialisering mellom grunnlast og spisslast foreligger for så vidt også for riktig store næringsbygg. I slike sammenhenger kan biobrensler også bli mer konkurransedyktig enn bruk av naturgass. Med høye CO₂ kostnader, 500-700 Nok/tonn, blir biobrensler i nær og fjernvarmeanlegg den mest lønnsomme oppvarmingsløsningen selv for forholdsvis små fjernvarmeanlegg.



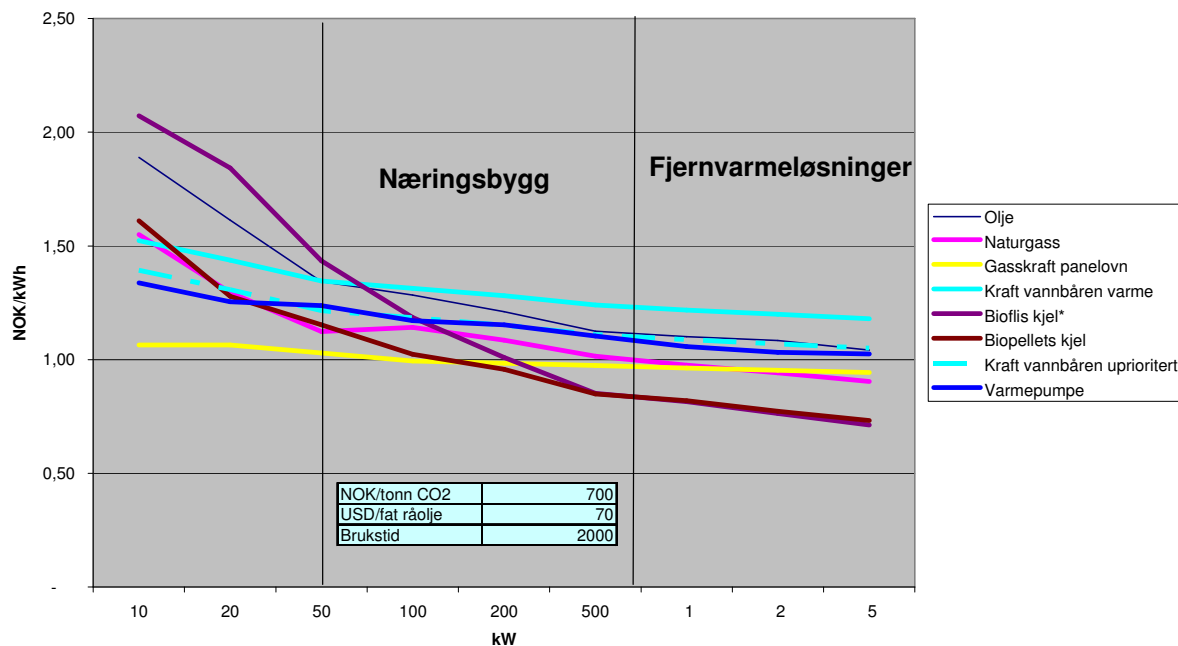
Figur 53: Kostnader ved 4000 brukstimer grunnlast kjelanleggene og 700 NOK/tonn CO₂, næringsbygg 1200 m².

5.2.10 Oppsummering konkurranseflate/kostnader



Figur 54: Konkurranseflaten oppvarmingsløsninger avhengig av størrelsen på samlet oppvarmet flate. (50 kW tilsvarer om lag 1000 m2 oppvarmet flate). Råstoffpris bio 12øre/kWh.

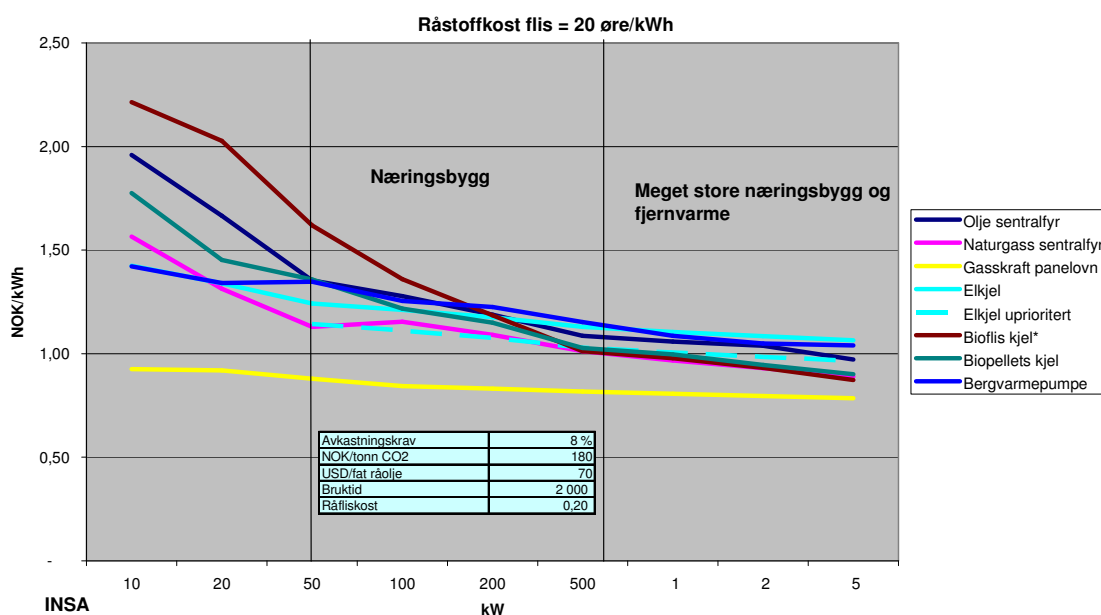
I basisscenariet vil det samfunnsøkonomisk være mest lønnsomt med gasskraft og panelovner i bolighus og de fleste næringsbygg. Biobrensler er mest lønnsomt i fjernvarme nærvarmeløsninger. Bedriftsøkonomisk blir el-løsninger noe mindre lønnsomt enn figuren over skulle tilsi på grunn av elavgiften.



Figur 55: Konkurranseflaten oppvarmingsløsninger avhengig av størrelsen på samlet oppvarmet flate. (50 kW tilsvarer om lag 1000 m2 oppvarmet flate). Oljepris 70 USD/fat og CO₂-kostnad 700 NOK/tonn. Råstoffpris bio 12 øre/kWh.

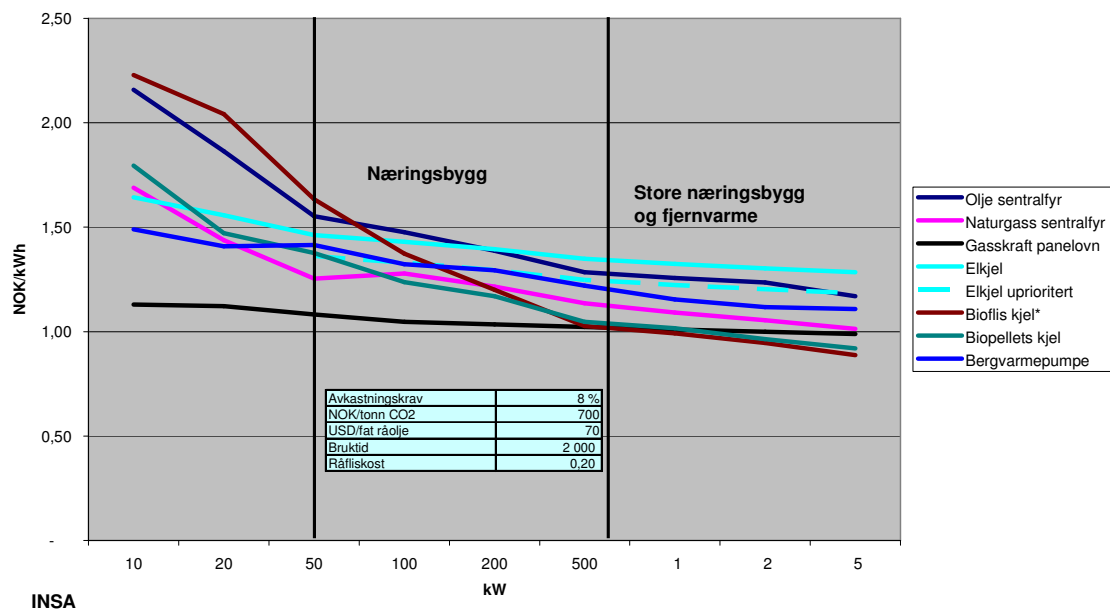
Når CO₂ kostnadene stiger til renseskostnadene for gasskraftverk blir oppvarming med biopelletts kjelanlegg lønnsomt i større næringsbygg og fjernvarmeløsninger i norske tettsteder. Figuren over gir ikke et helt korrekt bilde av biobrenslets konkurranseevne i nærvarme/fjernvarme anlegg, siden en her bare har tatt hensyn til skaleeffekten. I fjernvarmeanleggene benyttes enten olje eller elektrisitet med lavere spesifikke kapitalkostnader og høyere variable kostnader som spisslast og biobrensler som grunnlast. Dermed oppnås økt brukstid på biokjelanleggene. Skalagevinstene for varmesentralene spises delvis opp av kostnadene med fjernvarmenettet. Nettkostnadene er i de fleste fjernvarmenettene rundt 10 øre/kWh.

Som hovedregel vil det derfor lønne seg med ett nærvarme/fjernvarmenett i sentrum og sentrumsnære områder hvor det er mulig å koble sammen et antall større boligblokker, administrasjons- kontor og næringsbygg. Da må man imidlertid forutsette at alle byggene er nybygg.



Figur 56: Konkurransforholdet med økning i råstoffpriser til 20 øre/kWh, avkastningskrav 8%. Oljepris 70 USD/fat og CO₂-kostnad 180 NOK/tonn.

I et scenario med ambisiøse målsettinger kan råstoffprisen på biobrensler øke fra 12 til 20 øre kWh dermed prises løsninger med vannbåren varme og biokjel ut av de fleste byggningssegmentene. Tilbake står fjernvarme og de største næringsbyggene med lang brukstid.



Figur 57: Konkurransforholdet med økning i råstoffpriser til 20 øre/kWh, avkastningskrav 8%. Oljepris 70 USD/fat og CO₂-kostnad 700 /tonn.

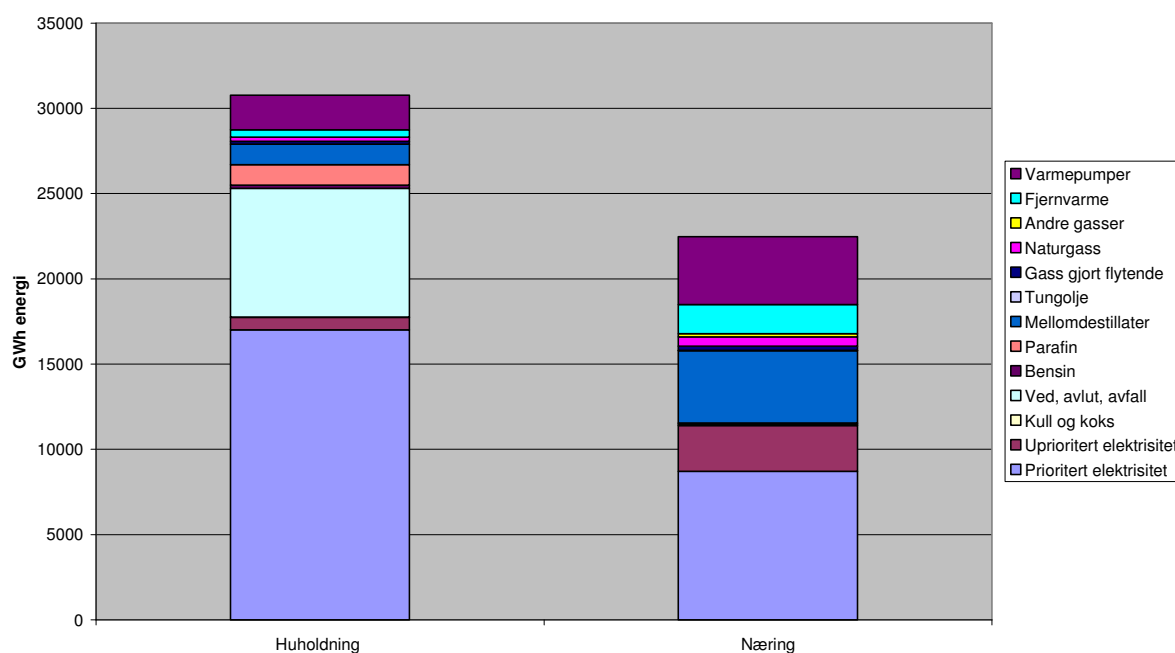
En vesentlig utbredelse av biobrensler utenfor de to nevnte segmentene kreve således meget høye CO₂-avgifter og/eller en forholdsvis sterk dosering av andre virkemidler.

5.3 Potensialene for biobrensler i ulike bygningssegmenter

5.3.1 Innledning

Det termiske markedet i bygningsmassen er foreløpig det viktigste markedet for biobrensler i Norge.

Det samlede markedet for energi til oppvarmings- og tappevannformål er i dag noe over 52 TWh når man også regner inn såkalt gratisvarme fra varmpumper benyttet i husholdninger, tjenesteyting, fjernvarme og industri. Ca 31 TWh forbrukes av husholdningssektoren mens anslagsvis 22 TWh går til oppvarming i næringsbygg. Siden man har dårlig utviklet statistikk for hvor stor andel av elforbruket som går til oppvarming av rom og tappevann og til elspesifikke formål som lys, motorer, apparater osv er det vanskelig å beregne de faktisk størrelsene. Foreliggende undersøkelser viser betydelig sprik i så måte.



Figur 58: Beregnet fordelingen av termisk oppvarming i Husholdninger og Næringsbygg fordelt på energibærere.

Av denne figuren kan man se at det samlede tekniske potensialet for konvertering av flytende petroleumsprodukter og utprioritert el i eksisterende sentralvarmeanlegg til sammen utgjør 8 TWh. I dette segmentet vil biobrensler være mest konkurransedyktig. Forbruket av prioritert elektrisitet i næringsbygg benyttes for en stor del til direkte oppvarming via panelovner. I dette segmentet er det kostbart å skifte til biobrensler.

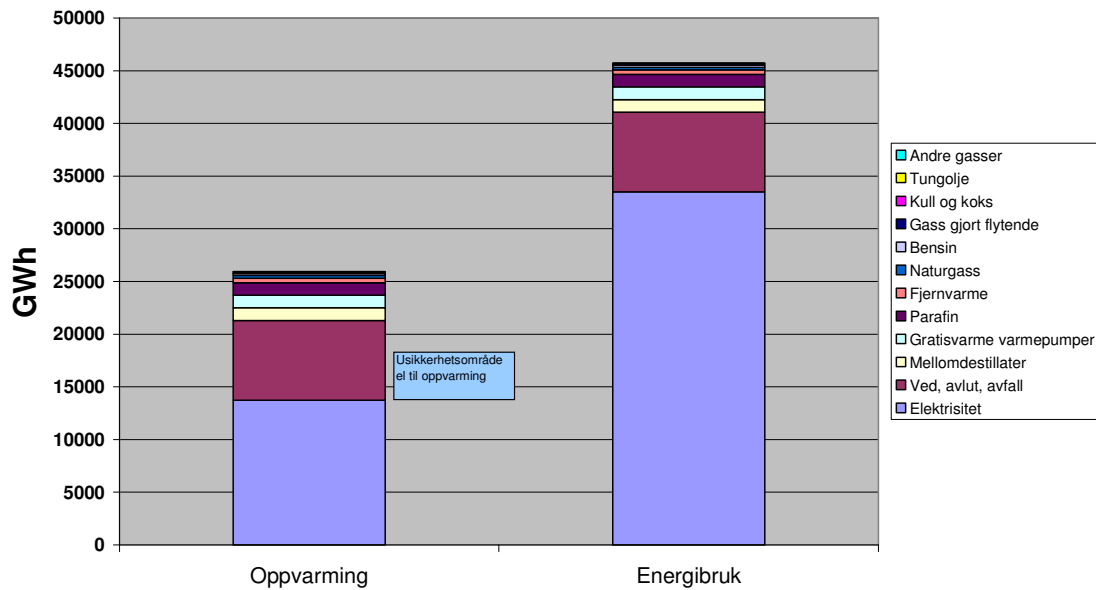
I boligsektoren ser man at mellomdestillater og parafin som det vil være mulig å bytte med biobrensler utgjør om lag 3 TWh. Mens ytterligere bruk av biobrensler i eksisterende boligmasse må gå på bekostning av elektrisitet. Det anses som uaktuelt å erstatte varmpumper, fjernvarme og gass om ofte er nyinstallert. Det er mulig å erstatte større deler av elektrisitet til oppvarming i bolig med mer utstrakt bruk av vedfyring i moderne ovner og med pelletskaminer.

5.3.2 Boligsektoren

Ca halvparten av oppvarmingsbehovet i boligsektoren, eller 15-17 TWh dekkes i dag av elektrisitet. Spennvidden i ulike undersøkelser viser store sprik på anslagene over hvor stor andel av det samlede elforbruket i husholdningene på 31 TWh som går til oppvarming av rom og tappevann. SSB undersøkelse viser at 41% går til disse formålene, mens en undersøkelse fra ERÅD/NVE viser at hele 65% går til oppvarming. I denne rapporten er et middel av de to undersøkelsene benyttet.

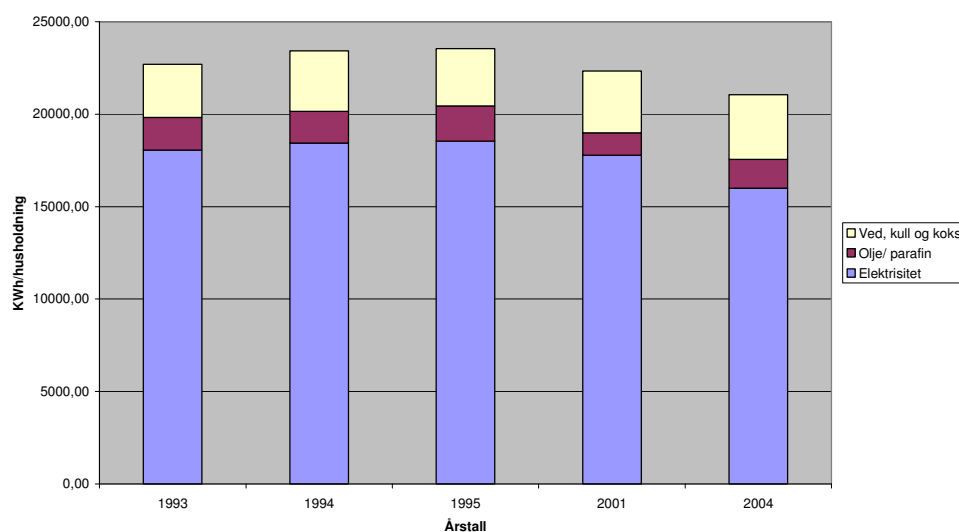
Boligsektoren er den store avtakeren av ved med ca 7 TWh til oppvarming. Kun 100 GWh dekkes foreløpig av pellets. Det aller meste av biobrenslene i Norge fyres dermed med tradisjonell ved. Den viktigste utviklingen innen bruken av biobrensler i boligsektoren har vært utskifting av eldre vedovner med nye rentbrennende vedovner. Dermed har det skjedd en vesentlig forbedring av virkningsgraden. Samtidig er partikkelutslippene for nye vedovner kun 1/10 av utslippene fra eldre ovner. Teknologiforbedringer innen tradisjonell vedfyring er dermed en av de viktigste endringene i de norske varmemarkedet. Biobrenslene kan fortsette å øke sin andel av nyttiggjort energi uten økning i mengden innfyrt energi.

De siste årene har det vært en voldsom vekst i salget av varmepumper til boligsektoren og ca 2 TWh av varmebehovet dekkes i dag av varmepumper hvorav såkalt gratisvarme kan anslås til 1,2 TWh dersom man legger til grunn at varmepumpen gir 2,5kWh pr. kWh elektrisitet benyttet i pumpen. 4 TWh dekkes av flytende petroleumsbrensler, dvs parafiner og lette fyringsoljer. Verken fjernvarme eller naturgass, med henholdsvis 427 GWh og 250 GWh har foreløpig oppnådd særlig utbredelse i boligmarkedet. Det teoretiske potensialet for biobrensler innen eksisterende bygningsmasser blir dermed ca 20 TWh dersom all el (17 TWh) og olje (3 TWh) dekkes gjennom bruk av pellets med virkningsgrad på rundt 90%.



Figur 59: Fordeling mellom energi brukt til oppvarming og samlet energitilførsel til boligsektoren.
 Kilde: INSA-beregninger, SSB etc

5.3.3 Utviklingstrekk samlet etterspørsel

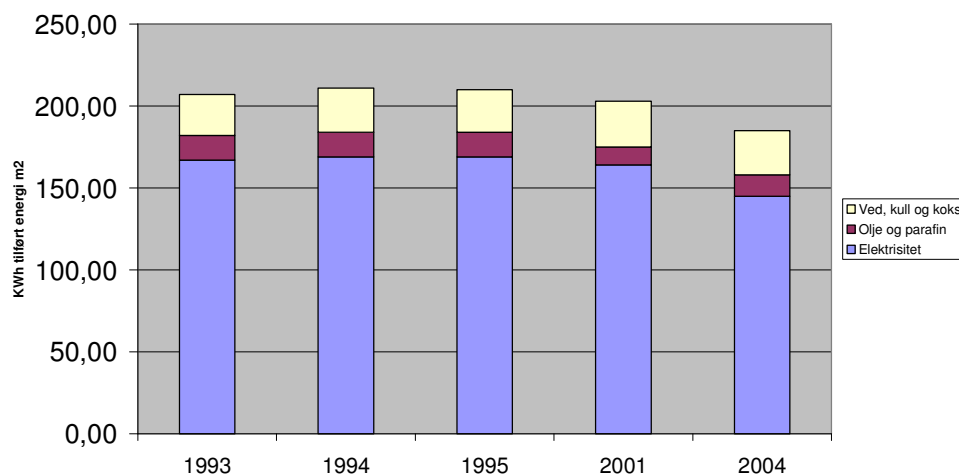


Figur 60: Utviklingen i gjennomsnittlig tilført energi pr. husholdning.

Kilde: INSA, SSB, etc

Husholdningenes gjennomsnittlige energiforbruk er redusert de siste årene. Mange faktorer er med å forklare denne utviklingen. Husholdningenes gjennomsnittsstørrelse er redusert. En større andel av befolkningen bor i blokk og rekkehusleiligheter. Varmepumper har fått større utbredelse og bidrar dermed til tilførsel av ”gratisenergi” til husholdningene.

Utviklingen de siste årene har vist at elektrisitetens andel av husholdningenes energiforbruk er redusert. Endringene skyldes et skifte i kraftprisene som igjen har ført økt investeringer i varmpumper og pelleskaminer samt bruk av eksisterende oljekaminer/sentralfyanlegg i husholdninger som har flere alternative oppvarmingskilder.



Figur 61: Utviklingen i gjennomsnittlig tilført energi pr. m2.

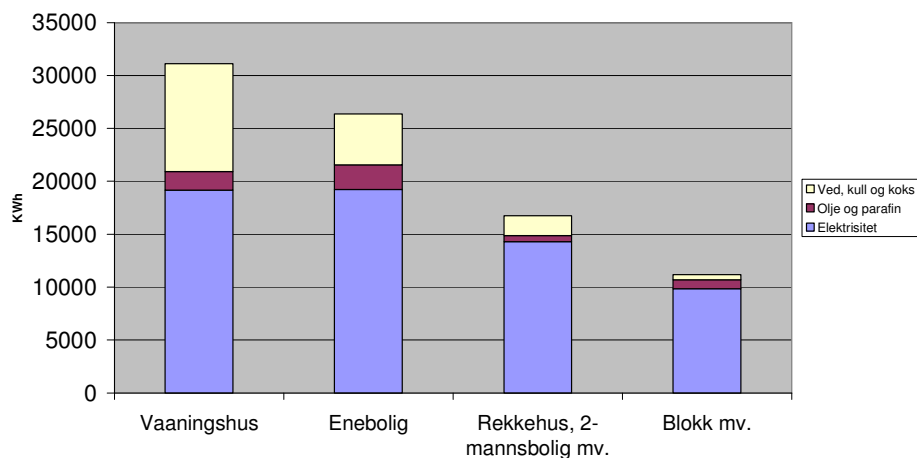
Kilde: SSB

Det har også vært en nedadgående trend i boligens energietterspørsel pr kvadratmeter, dette på tross av økende forbruk til elektriske apparater og oppvarming til varmtvann som benyttes både til oppvaskmaskiner og hyppigere dusjing. Energiforbruket til romoppvarming pr. kvadratmeter

har derfor falt mer enn figuren over viser. Dette gjør det vanskeligere å regne hjem kapitalkrevende oppvarmingsutstyr, både investeringer i gulvbåren varme og investeringer i kostbare kjelanlegg såvel som vann til vann varmpumper.

I en nærmere analyse av potensialet for biobrensler i boligsektoren er det hensiktsmessig å se på potensialene i de forskjellige boligtypene.

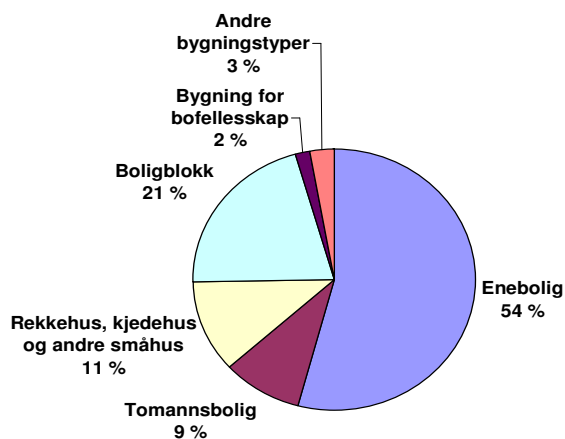
Boligmarkedet kan splittes opp i eneboliger/våningshus/tomannsboliger, rekkehus, boligblokker og boliger i næringsbygg. I tillegg er det hensiktsmessig å splitte boligene opp i kategorien tettbygd og spredtbygd. Tettbygde boliger vil ha større muligheter for å knytte seg opp til gassnett hvor det blir etablert gassforsyning. Sentrumsnære eneboliger vil også i noen tilfeller ha muligheter for å knytte seg til fjernvarme.



Figur 62: Gjennomsnittlig tilført energi i forhold til boligtype.

Kilde: SSB

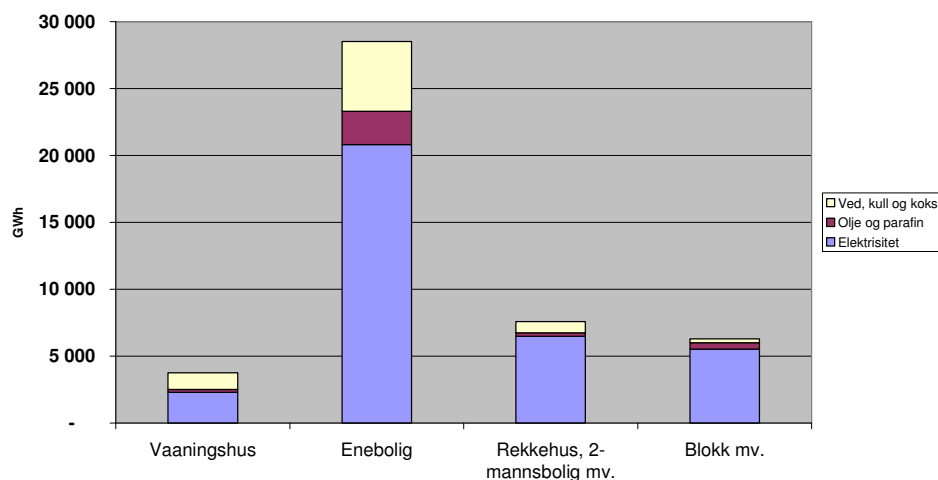
Ikke uventet har våningshus høyest energiforbruk, rett og slett på grunn av størrelsen. Våningshus bruker også relativt mer ved på grunn av større tilfang på rimelig ved. Eneboliger har høyere energiforbruk enn rekkehus både på grunn av størrelse og fordi rekkehus har mindre ytre flate. Leiligheter har minst energiforbruk også på grunn av størrelse og gratisoppvarming fra naboileiligheter over under og på siden.



Figur 63: Fordelingen av boligmassen hele landet.

Kilde: SSB

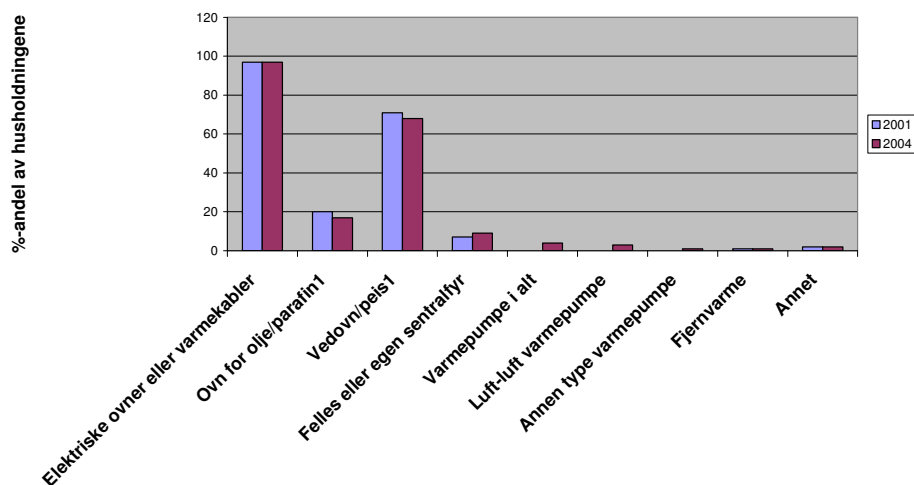
Kombinerer vi energibruk med boligfordelingen får vi den absolutte fordelingen av energibruk etter boligtype.



Figur 64: Tilført energi etter boligsegment.

Kilde: INSA, basert på SSB I

Innen boligmarkedet blir eneboliger derfor det viktigste segmentet når man skal vurdere mulighetene for økt bruk av biobrensler. Dette segmentet utgjør er det tradisjonelle vedmarkedet i Norge.

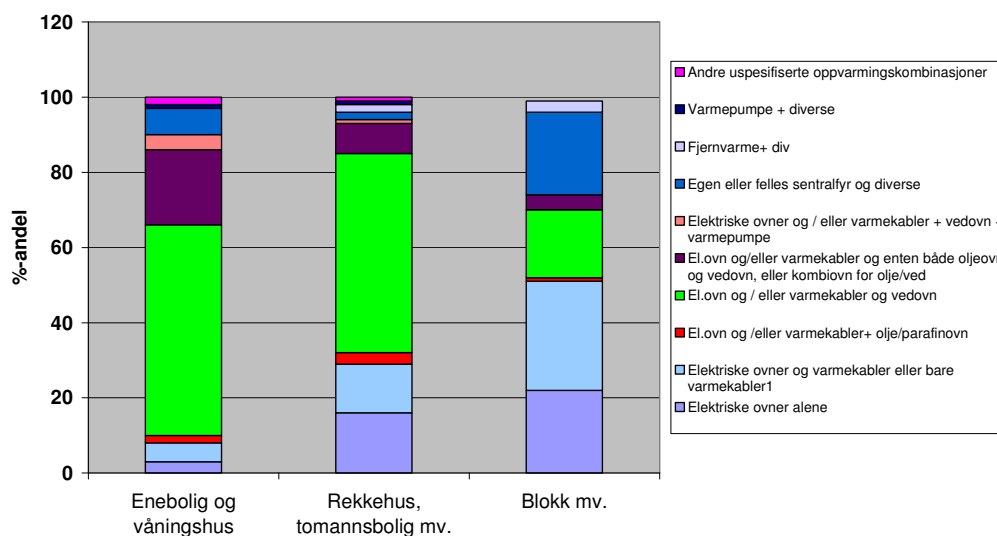


Figur 65: Fordelingen av boligmassens oppvarmingsløsninger 2001 og 2004. Summer oversiger 100%.

Kilde: SSB.

På kort sikt blir mulighetene for økt bruk av biobrensler avhengig av hvor stor andel som har installert pipe og kaminer for ved olje og parafin. Som man ser gjelder dette noe over 90 av husholdningene. I tillegg har ca 10% felles eller egen sentralfyr

Figuren viser at nær alle husholdninger har elektriske ovner eller varmekabler som oppvarmingskilde. Den mest typiske oppvarmingsløsningen er derfor elektrisitet med mulighet for vedfyring i tillegg. Kun 10 % hadde sentralfyr 1 % tilgang på fjernvarme.



Figur 66: Fordelingen av oppvarmingsløsninger etter boligtype.

Kilde: SSB.

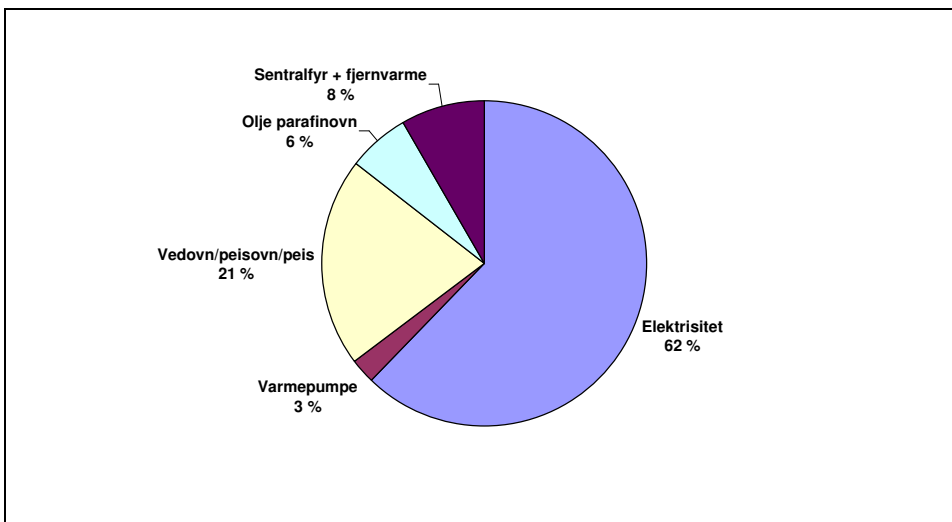
Figuren over viser at en svært stor andel av eneboligene både har mulighet for oppvarming med elektrisitet og ved. Ved kan derfor i stor grad benyttes som tilleggsfyring i perioder med høye kraftpriser. En forholdsvis stor andel har i tillegg mulighet for å varme opp både elektrisitet, ved og oljeovner.

Sentralfyr har størst utbredelse i boligblokker. Her har samtidig vedfyring minst utbredelse. En stor andel av boligblokkene har kun eloppvarming.

I eneboligene konkurrerer først og fremst ved, varmepumper og elektrisitet som oppvarmingskilde.

Rekkehus og tomannsboliger viser noe mindre energifleksibilitet. En større andel har kun eloppvarming. Samtidig vil rekkehus ha noe større mulighet for oppkobling til fjernvarmenett. (På den annen side er det en mindre andel av rekkehusene som har installert vannbåren varme.)

Blokkleiligheter har i liten grad muligheter for direkte anvendelse av biobrensler, men har på den annen side en større andel knyttet opp til fjernvarme.



Figur 67: Fordelingen av boligmassen etter hovedoppvarmingskilde.

Fra bolig og folketellingen i 2001 framgår det et det typiske oppvarmingsmønsteret var el og ved i eneboliger, mens blokker benyttet elektrisitet og petroleumsprodukter til oppvarming.

5.3.4 Potensialet for økt bruk av ved og pellets i husholdningene

Høyere priser på elektrisitet og bedre og mer energieffektive produkter har bidratt til at flere og flere husholdninger investerer i vedovner eller varmepumper. Vedforbruket har økt de siste 10-15 årene, og vedfyring er hovedoppvarmingskilden for nærmere 20 prosent av norske husholdninger. En viktig årsak til at vedfyringen har økt er trolig at nyere ovner er langt mer energieffektive og rent brennende. De er også enklere å betjene og effektstyre enn eldre ovner.

Ifølge SINTEF Energiforskning kan gamle ovner som blir fyrt med høy last, ha en virkningsgrad på opp mot 70-75 prosent. Når disse ovnene fyres med lav last, slik det trolig blir gjort i de fleste boliger, blir virkningsgraden redusert til 35-40 prosent.

Nye ovner som fyres med høy last kan ha en virkningsgrad på opp til 80 prosent. Selv om nye ovner fyres med lav last, vil de beholde en virkningsgrad på 70-75 prosent. Til sammenligning har en åpen peis en virkningsgrad på opp til 15 prosent. I de videre beregningene har vi forutsatt en virkningsgrad på 40 prosent for en lukket ovn med gammel teknologi, 75 prosent for lukket ovn med ny teknologi og 15 prosent for åpen peis.

Nyttegjort energi fra vedforbruket i husholdningene er i denne perioden beregnet til å gi 3,3 TWh, dette er halvparten av teoretisk energimengde på 6,4 TWh. Med disse anslagene på virkningsgrad har utskiftingen av ovner ført til at det er produsert nesten 0,8 TWh mer i denne tolv månedersperioden enn om veden var blitt brent i ovner med gammel teknologi. Dette tilsvarer cirka 400 000 tonn ved brent i gamle ovner. Dersom man tenker at eksisterende peiser og gamle ovner ble skiftet ut med nye rentbrennende vedovner ville den nyttegjorte energien øke med 1,5 TWh og partikkelutslippene bli redusert med nesten 80%.

Tabell 18: Nyteggjort energi i ovner og peiser

GWh	Teoretisk energi innhold	Virkningsgrad	Nyttegjort energi	Kun nye ovner
Peis	220	15 %	33	165
Gamle ovner	4030	40 %	1612	3023
Nye ovner	2190	75 %	1643	1643
Samlet energi	6440	51 %	3288	4830

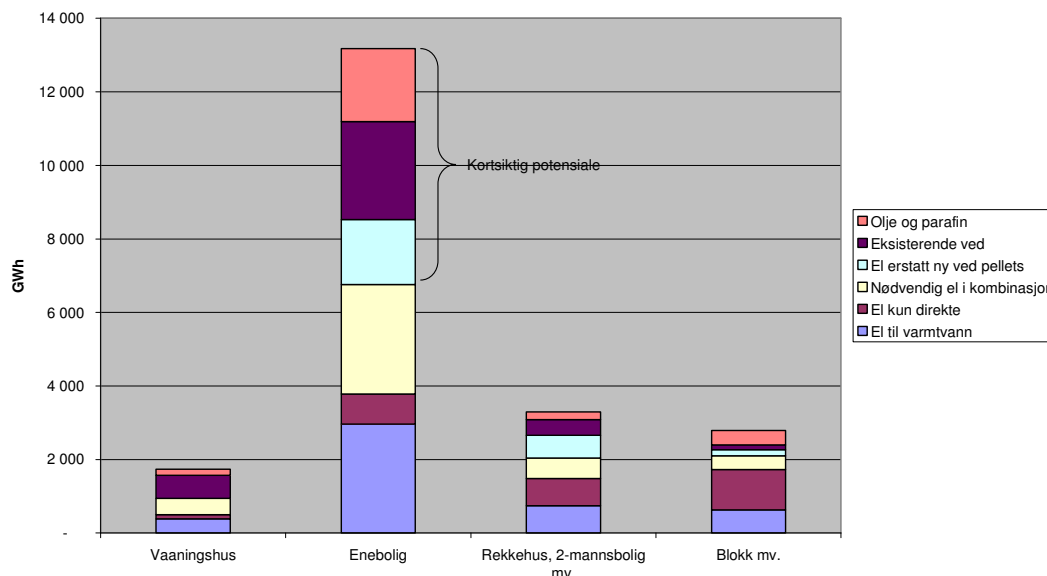
Det kan dermed oppnås betydelige miljøgevinster dersom alle gamle ovner og peiser byttes ut med ovner med moderne forbrenningsteknologi.

Hindrene for en slik omlegging er knyttet til

- Ombygging og investeringer i nye kaminer.
- Investeringer i bedre intern ventilasjon for spre varmen fra punktkilder
- Økt egen arbeidsinnsats ved vedfyring

Fordeler og ulemper med å velge pelletskaminer framfor vedovner er knyttet til følgende punkter:

- Pelletskaminer gir noe høyere virkningsgrad enn moderne vedovner/lukkede peiser
- Noe mindre utvalg med hensyn til design
- Lettere mer automatisert og mindre arbeidskrevende innmating.
- Større muligheter for grunnlast og kan dermed erstatte en større del av elforbruket til oppvarming.
- Punktoppvarming med tilhørende ulempe med hensyn til varmedistribusjon
- Mer anvendelig enn varmepumper p.g.a virkningsgraden over et større gradetall.



Figur 68: Kortsiktige potensiale for økning i oppvarming med biopellets i eksisterende boligmasse gjennom utskifting av olje og parafinbrennere og økt bruk av ved eller pelletsbasert punktoppvarming til erstatning for el.

På kort sikt er det altså mulig å øke vedfyringen i boliger hvor det installert både elektrisitet og vedfyring. Hvor stor andel som kan dekkes med ved er avhengig av antallet oppvarmingspunkter, hvor godt varmen distribueres, hvor hyppig og lenge det fyres.

Det praktiske potensialet i boliger med kombinert el og vedfyring kan anslås til 60% av oppvarmingsbehovet. Konvertering til pelletsovner gir også automatisk innmating og styring. Dette øker brukstiden og reduserer behovet for elfyring til 20%. Konvertering av eldre vedovner til pelletsovner kan derfor erstatte store mengder elektrisitet til oppvarming. I våningshusene synes det ikke å eksistere et ekstra kortsiktig potensial. Innen eneboliger kan potensialet anslås til 1,7 TWh mens potensialet i rekkehus kan anslås til 0,7 TWh.

Fra eksisterende nivå på 3.2 TWh nyttegjort energi kan økt bruk av eksisterende vedovner anslagsvis reduseres behovet for elfyring med 2,5 TWh. Dersom alle vedovner erstattes med

pelletsovner kan anslagsvis ytterligere 2 TWh el erstattes. Nye pelletsovner i husholdninger kun med elfyring vil kunne erstatte ytterligere 2,5 TWh . Potensialet for erstatning av parafinbrennere med pellets-kaminer og oljekjeler med pellets og eller vedkjeler representer hver seg et potensiale på 1 TWh. Med den mest effektive forbrenningsteknologien vil det ved full utnyttelse av potensialene benyttes ca 13 TWh mot ca 6,5 TWh biobrensler, altså en fordobling, mens nyttegjort energi med utgangspunkt i biobrensler til husholdningene kan firedobles fra 3,2 TWh til 11,7 TWh

Tabell 19: Potensialer husholdninger

Potensialer husholdning	Nyttegjort energi	Ved/pelletsbehov BAT
Eksisterende ved	3 230	3 589
Økt utnyttelse vedovn	2 547	2 830
Ekstrapotensial ved pelletskonvertering	1 954	2 171
Erstatning el med pellets	1 666	1 851
Erstatning parafin	1 183	1 314
Erstatning oljekjel	1 183	1 314
	11 762	13 069

11,7 TWh eller om lag halvparten av oppvarmingsbehovet i boligsektoren utgjør således det tekniske potensialet for ved og pelletfyring. Dette gir et potensiale for økning i 8,5 TWh i nyttegjort energi, ca 6,5 TWh i innfyrt biobasert energi. I boligsektoren er det imidlertid tett konkurranse mellom ved, pellets-kaminer og varmepumper. Valgte løsninger vil være sensitivt for lokale forsyningsforhold, klima, avkastningskrav og hvordan boligene er egnet for de ulike løsningene.

5.3.5 Markedsandeler til varmepumper

Varmepumper er en direkte konkurrent til biobrensler i eneboligsegmentet. Nyere varmepumper er mer energieffektive enn eldre. Mellom 5 og 10 prosent av norske husholdninger har installert varmepumpe i boligen.

Salget av varmepumper har vært betydelig de siste årene, og det er grunn til å tro at varmepumpene nå gir et betydelig bidrag til redusert energibruk. På samme måte som for vedovner, har også varmepumper blitt mer effektive og driftsikre. Undersøkelser gjennomført av COWI på oppdrag for NVE, viser at varmepumper bidrar med 6 TWh varme, hvorav 4 TWh er ”gratisvarme”, det vil si varmetilskudd utover den elektrisiteten som benyttes til å drive varmepumpa. Dette er samlet for varmepumper installert både i industri, næringsbygg og boliger. Anslagene er ikke korrigert for elektrisitet benyttet til kjøleformål. COWI indikerer i tillegg i sin rapport at varmepumpene ble 30 prosent mer effektive i løpet av 90-tallet.

De aller fleste som har skaffet seg varmepumper har kjøpt luftbasert varmepumper. Selv om de luftbaserte pumpene dominerer i antall, er det de vannbaserte pumpene som bidrar mest til varmeproduksjonen siden de er gjennomgående større samt at de har høyere årsvirkningsgrad.

Tabell 20: Estimat på antall, varmeproduksjon og energisparing for ulike typer varmepumper i Norge pr 2004.

Varmepumpe- type	Antall VP solgt	Antall VP i drift	Varmeprod. (GWh/år)	Midlere e (-)	Energisparing (GWh/år)
Vann/vann	12 680	11 410	3 970	3,3	2 770
Luft/luft	118 700	106 830	1 670	2,4	975
Luft/vann	16 580	14 290	360	2,7	225
Sum	147 960	132 530	6 000		3 970

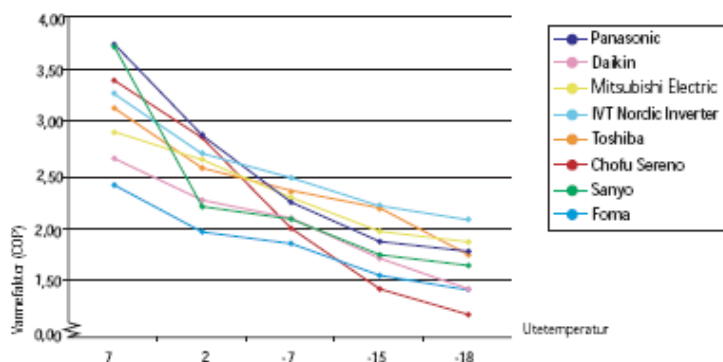
Kilde: COWI

Mindre "gratisvarme" for boliger

Det foreligger ikke oversikt over hvor stor del av varmepumpene som er installert i boliger. Fordi størrelsen på varmepumper i boligene gjennomgående er små, utgjør imidlertid boligenes andel av det beregnede varmetilskuddet og "gratisvarmen" en langt mindre andel enn antallet varmepumper tilsier. Trolig er boligenes andel av "gratisvarme" omkring 1 TWh årlig. Likevel er dette en betydelig andel av norske boligers samlede oppvarmingsbehov, trolig i størrelsesorden 3 – 4 prosent. De fleste boligvarmepumpene er installert i eksisterende boliger, og bidrar til redusert elektrisk oppvarming

Mens nesten ingen husholdninger hadde installert varmepumpe i 2001, hadde om lag 4 prosent av husholdningene dette i 2004. Det er særlig husholdninger med høyt energibruk i utgangspunktet som installerer varmepumpe, siden de har mest å spare på slike investeringer. Rundt 84 prosent av husholdninger med varmepumpe var enten enebolig eller våningshus, med større areal og husholdningsstørrelse enn gjennomsnittet. Knappt 7 prosent av alle eneboliger hadde installert varmepumper i 2004.

Varmepumpa erstatter i mange tilfeller bruk av andre energikilder. De som har varmepumpe, bruker mindre olje og ved enn andre, slik at energiforbruket blir mer strømbasert (strøm brukes for å drive varmepumpa).



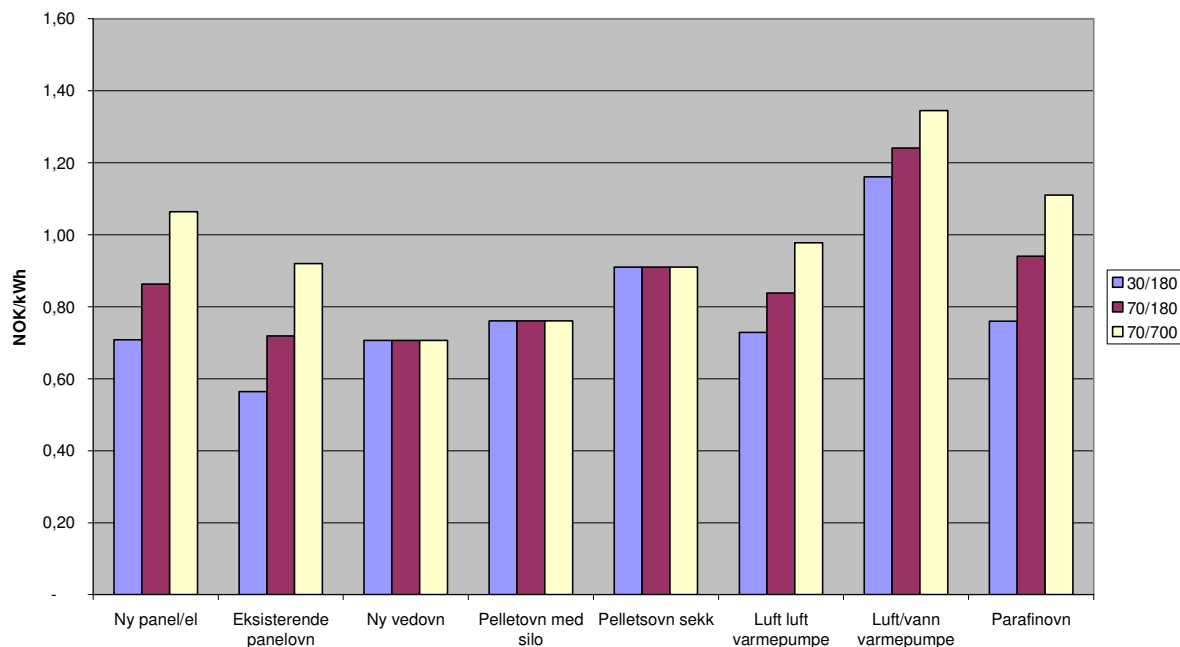
Figur 69: Virkningsgrader (COP) for et utvalg varmepumper ved forskjellig utetemperatur.

Kilde: Forbrukerrapporten

Varmepumpene er mest effektive i temperaturområdet +7 til -7 grader. Ved kaldere temperaturer faller virkningsgraden. Når temperaturen faller under 20 grader vil de fleste luft til luft varmepumper ikke tilføre ekstra energi. Samtidig kreves da ekstra mye energi til oppvarming. Luft til luft varmepumper må derfor kompletteres med ekstra oppvarmingskilder. Forholdet mellom varmepumpens avgitte energi i forhold til pumpens elforbruk + behovet for ekstra kompletterende energibehov i kalde perioder kalles årsvarmefaktoren. En test utført av Forbrukerrådet indikerer følgende årsvarmefaktorer på rundt 2.8 på Sør-vestkysten, 2.4 på Vestlandet og så lavt som 1,9 i det indre Østlandsområdet

5.3.6 Utsiktene for bio versus annen punktoppvarming i husholdningene

Vi har i det foregående vist at panelovner og kilder for punktoppvarming i nesten alle scenarier var mest lønnsomt i det store eneboligmarkedet, både når det gjaldt nye boliger og konvertering av eksisterende boligmasse. Boligene kan imidlertid velg mange former for punktoppvarming.

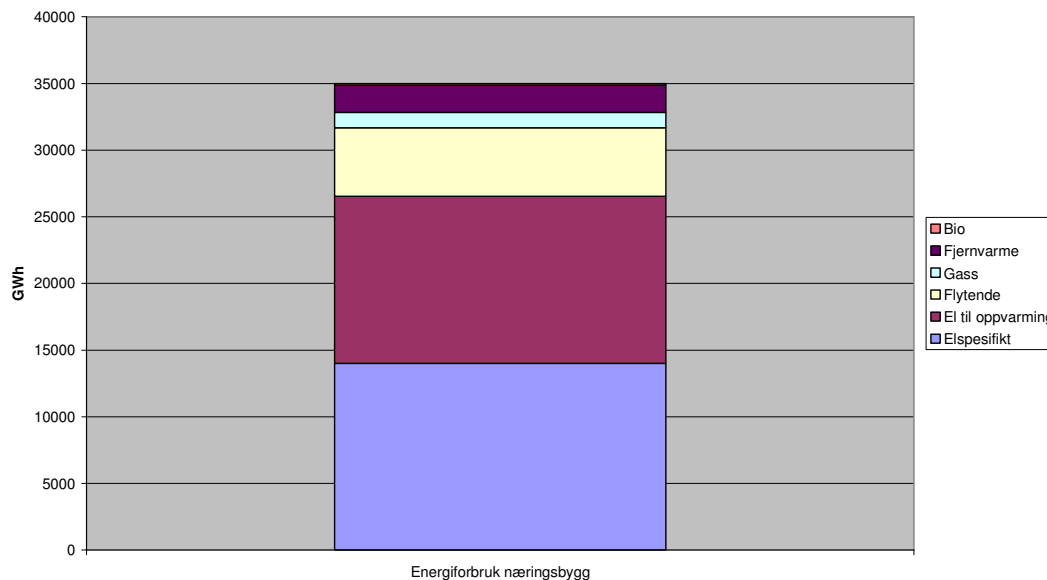


Figur 70: Konkurransflate punktoppvarmingskilder eneboliger

Beregningene foretatt på basis av forespørsler hos utstyrleverandører indikerer at ny vedovn, luft til luft varmpumpe og pelletsovn med bulkleveranser av pellets er om lag like konkurransedyktige med leveranse av el gjennom eksisterende panelovner i referansescenariet. Dette gjelder ikke dersom oljeprisen skulle falle tilbake til tidligere nivåer på 30 USD/fat. Hvilket valg som lønner seg vil være svært avhengig av de lokale årsvirkningsgradene på luft til luft varmpumper, lokale variasjoner i leveransekostnadene for pellets og ved samt hvordan den enkelte husholdning verdsetter egeninnsatsen ved fyring med pellets og ved som er det mest arbeidskrevende. For at potensialet for ved og pellets i husholdningene skal kunne erobre det forannevnte potensialet må konkurranseforholdet for varmpumper forverres som følge av økte strømpriser og mer aktiv støtte til biobrensler.

5.3.7 Næringsbygg

Samlet energitilførsel til nærings- og energibygge er om lag 35 TWh hvorav ca halvpartene går til oppvarming av rom og tappevann.



Figur 71: Fordeling av tilført energi til næringsbygg.

Kilde: INSA,SSB etc

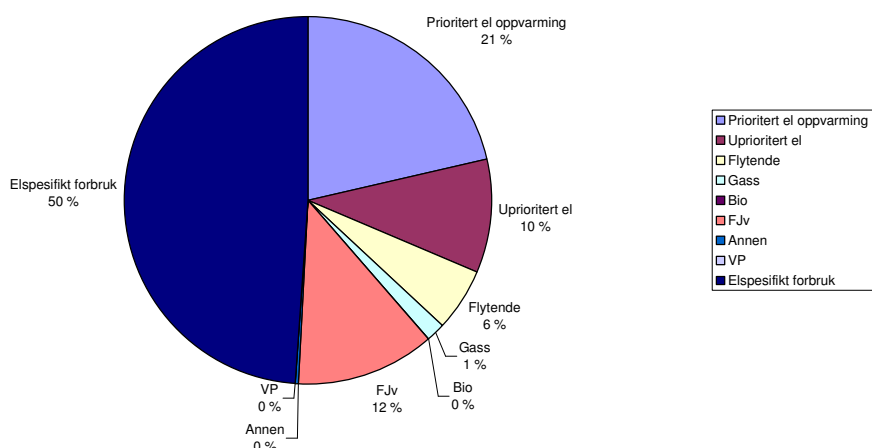
Tabell 21: Energiforbruk næringsbygg

	GWh	andel totalt	andel varme
Elspesifikt	14000	40 %	
El til oppvarming	12543	36 %	60 %
Flytende	5129	15 %	24 %
Gass	1150	3 %	5 %
Fjernvarme	2049	6 %	10 %
Bio	128	0 %	1 %

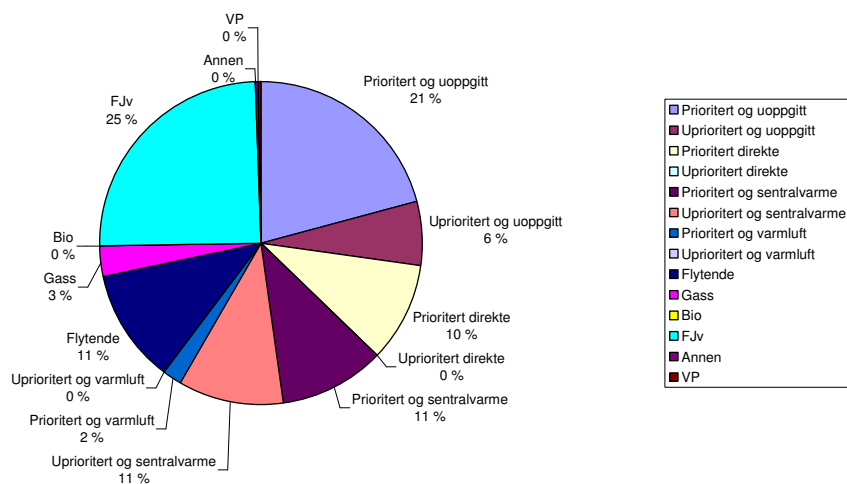
Av energien som blir tilført næringsbygg er ca 40% -50% elspesifikt. Av de resterende 60% som går til oppvarming av rom og tappevann ble 60% dekket av elektrisitet, 24% av flytende petroleumsprodukter, 5% av gass, 10% av fjernvarme og ca 1% av bio.

Det tekniske potensialet for anvendelse av biobrensler innen næringsbygg er dermed i størrelsesorden 17 TWh dersom man anser det som uaktuelt å erstatte naturgass og fjernvarme som er blitt introdusert de siste årene.

Statistikken for energibruk i næringsbygg innen tjenesteyting og industri er forholdsvis dårlig utviklet. Anslag over det samlede termiske forbruket til romoppvarming og tappevann er derfor forbundet med stor usikkerhet. Den meste omfattende statistikk for næringsbygg samles inn i forbindelse med ENOVAs bygningsnettverk. Denne statistikken skiller ikke energibruken på formål. Statistikken oppgir hvilken andel som er temperaturavhengig og det antas at denne andelen samsvarer med andelen som går til oppvarmingsformål.



Figur 72: Fordelingen av tilført energi til næringsbygg i ENOVAS næringsstatistikk.

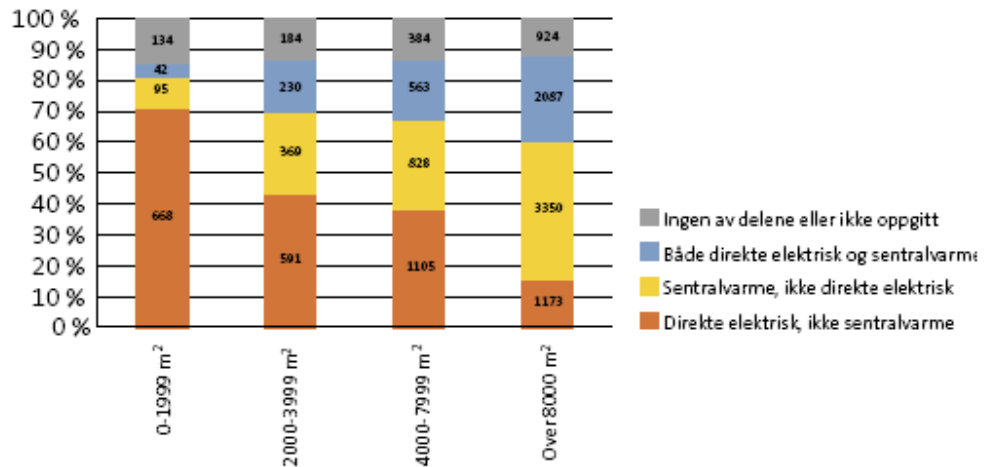


Figur 73: Fordelingen av tilført energi til oppvarming i næringsbygg i ENOVAS næringsstatistikk

Ved å filtrere ut elektrisitet som går til el-spesifikke formål får man, med utgangspunkt i Bygningsnettverkets statistikk, at 54% benytter el til oppvarming. Av dette benyttes 2/3 i sentralvarme eller varmluftsanlegg. Av el brukt i sentralvarmeanlegg er ca halvparten prioritert elektrisitet og halvparten upprioritert.

Innen Næringsbygg kan man derfor regne med at 60%- av elektrisitetsforbruket til oppvarming kan erstattes av andre energikilder. Videre kan forbruket av all flytende energi erstattes. Det er neppe ønskelig å erstatte bruken av fjernvarme. Naturgass kan i prinsippet erstattes, men er neppe realistisk. Grovt sett vil derfor potensialet for nye fornybare energikilder til oppvarming være konvertering av ca 8 TWh elektrisitet og 5 TWh flytende brensel. Innen for disse 13 TWh må biobrenslene konkurrere med fjernvarme, varmepumper og ytterligere vekst i anvendelsen av naturgass.

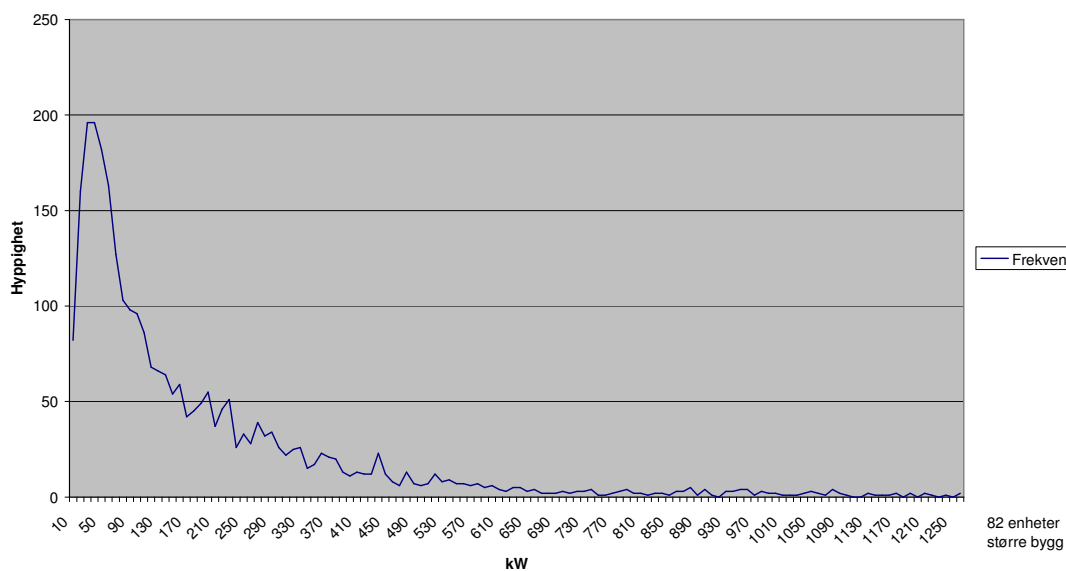
Som det framgår av bygningsnettverkets statistikk er det særlig de større byggen som benytter sentralvarmeanlegg i ulike varianter.



Figur 74: Typer oppvarming installert i bygninger med ulik størrelse. Andelen er prosent av samlet oppvarmet areal innen hver arealgruppe. Tall i søylene er oppvarmet areal i 1.000 m².

Kilde: Enova

Som det framgår av figuren under har det typiske næringsbygget et areal på rundt 1000 kvadratmeter som tilsvarer et effektbehov til oppvarming på 50-60 kW.



Figur 75: Fordelingen av næringsbygg etter varme-effektstørrelse. 50 kW tilsvarer typisk 1000 kontorbygg, 2000 brukstimer.

Kilde: Byggnettverkets statistikk ENOVA

I dette området er som regel direkte elektrisitet og panelovner den mest lønnsomme oppvarmingen. Neste figur viser størrelsen på næringsbygg som benytter uprioritert elektrisitet og flytende brenslere samt fjernvarme.



Figur 76: Fordelingen av næringsbygg med vannbåren og ventilasjons oppvarming etter byggestørrelse.

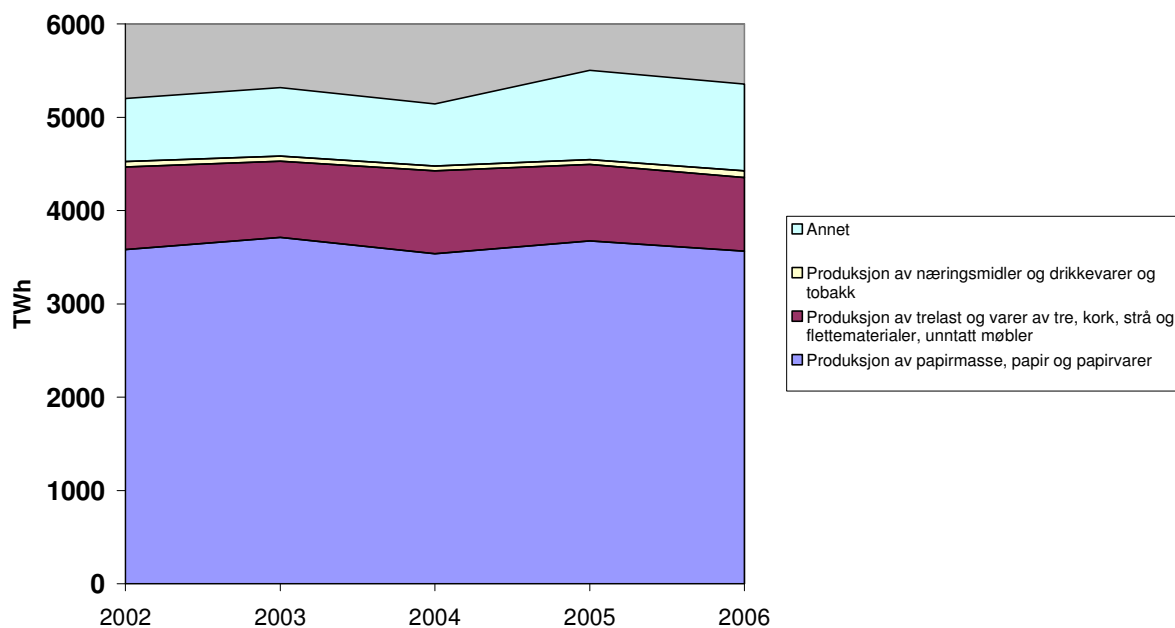
Kilde: ENOVA bygningsnettverk)

Samtidig som dette markedet er det mest lønnsomme og konvertere til biobrensler og fjernvarme, er det viktig å ta hensyn til den store variasjonen i størrelse. Dette medfører sterkt varierende kostnader og lønnsomhet ved konvertering til biobrensler og hvilke oljepriser/ CO₂-kostnader som automatisk fører til en konvertering til biobrensler eventuelt varmepumper i næringsbygg. Dette er et viktig moment ved utformingen av eventuelle virkemidler for å fremme bruken av biobrensler i næringsbyggene.

5.3.8 Samlet realistisk potensiale for biobrensler i bygningsmassen.

Med samlet realistisk potensiale regner vi inn mulighetene for konvertering til punktoppvarming i eksisterende boligmasse og både flytende uprioritert og prioritert elektrisitet som ikke benyttes til direkte oppvarming av nærings- og industribygg. Samlet sett er disse kategoriene beregnet til om lag 50 % av oppvarmingsbehovet i næringsbyggene eller ca 9 TWh. I boligmassen er potensialet for økt nyttegjort energi basert på biobrensler i punktoppvarming beregnet til ca 8 TWh, deler av dette kan bli utkonkurrert av luft til luft varmepumper.

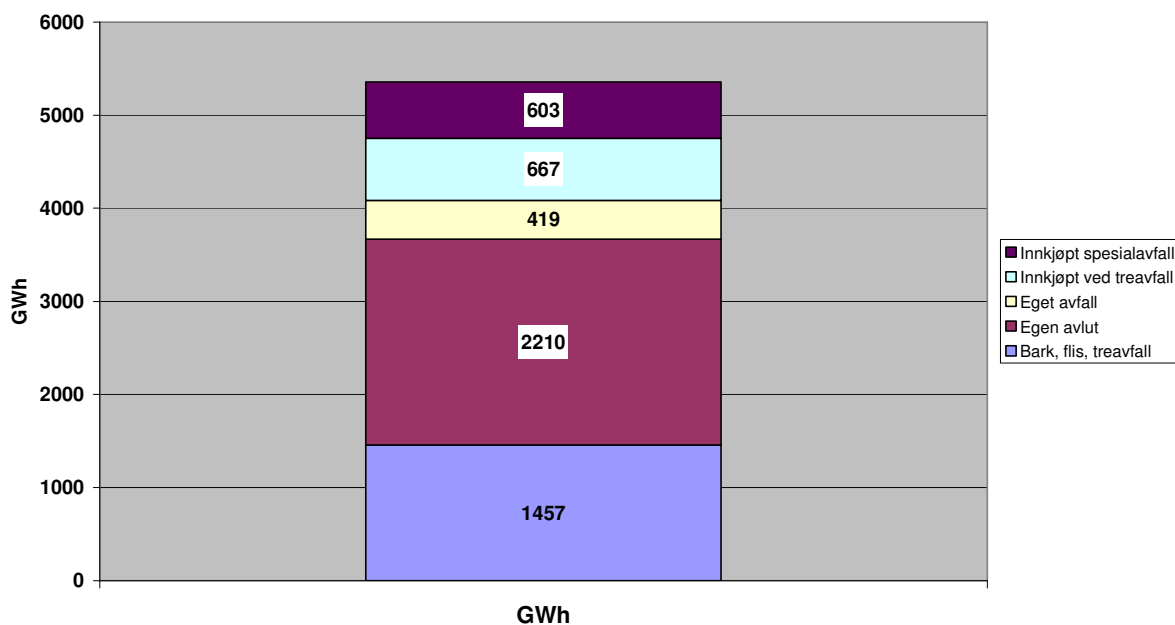
5.4 Industriell etterspørsel etter biobrensler



Figur 77: Industriens bruk av biobrensler

Kilde: SSB

De siste årene har industriens bruk av biobrensler ligget forholdsvis konstant på i overkant av 5 TWh i henhold til Statistisk sentralbyrå.



Figur 78: Sammensetning av biobrensler.

Kilde: SSB

Egen avlut er et biprodukt fra framstilling av kjemisk masseproduksjon i treforedlingsindustrien og benyttes stort sett til varmeproduksjon og elektrisitet benyttet i egen prosess. Egenprodusert bark flis og treavfall har en kostnad på 10-12 øre/kWh for industrien. Eksisterende bruk av bioenergi i industrien er derfor forholdsvis fast og oljeprisen skal falle til et svært lavt nivå før det er aktuelt å erstatte deler av dette forbruket med oljeprodukter eller elektrisitet. Dette anses som en uaktuell problemstilling innen industrien.

5.5 Potensialer for ytterligere bruk av biobrensler

Mens denne rapporten var under utarbeidelse hadde ENOVA iverksatt flere studier knyttet til potensialene for energisparing i industrien. Noen av disse studiene vil også inneholde anslag over mulighetene for konvertering til fornybare energikilder. I denne rapporten har vi kun gjort enkelte vurderinger av mulig anvendelse av biobrensler.

5.5.1 Nærings- og nytelsesindustrien.

Nærings og nytelsesmiddelindustrien benytter i dag ca 1 TWh petroleumsprodukter og 0,5 TWh gass, hvorav det meste går til produksjon av varmtvann og damp. I prinsippet kan det meste av det aktuelle trykk og temperaturnivået innen det termiske energibehovet dekkes av biobrensler. Brukstiden varierer imidlertid forholdsvis kraftig innenfor industrigrenen. Mens meieri og slakterivirksomhet har en forholdsvis lang driftstid og dermed egner seg for mer kapitalkrevende ombygging til biobrensler, vil energibruken innen fiskeforedling som dekker 0,5 TWh variere med tilgangen på fisk. Innen nærings- og nytelse vil det også måtte stilles ekstra strenge krav til hygiene og bekymringer for soppsporer kan være en begrensende faktor.

5.5.2 Treforedling.

Treforedling benytter i dag 1,5 TWh tungolje til produksjon av prosessdamp i hovedsak brukt til tørking av papp og papir. På grunn av avgiftsfritak har tungolje som kan skiftes med elkraft i perioder med lave elpriser, vært den gunstigste energikilden. Prisoppgang på olje og innføring av CO₂-kvoter kan føre til at flisfyring blir et mer aktuelt alternativ. Innen avis og magasinpapirproduksjon er oljebruken sterkt redusert. I henhold til en rapport utarbeidet av NEPAS og Kjelforeningen for PIL i 2002 er potensialet for ytterligere anvendelse av biobrensler og avfall innen treforedling i størrelsesorden 0.9 TWh.

5.5.3 Petroleumsprodukter og kjemiske produkter

Petroleumssektoren har store behov for prosessvarme og på Slagentangen har man begynt å benytte biomasse i stedet for raffinerigasser og flytende fraksjoner i destillasjons og fraksjoneringsprosessene. Raffineriene gir også muligheter for samfyring mellom biomasse, gass og petroleum. Innen CO₂-rensning er det behov for store mengder prosessvarme som i prinsippet kan dekkes med biobrensler. Integrerte anlegg for gasskraftproduksjon med CO₂-rensning og biobaserte kraftvarmeanlegg kan være interessante alternativer.

Innen framstilling av kjemisk råvare benyttes i dag store mengder gass og elektrisitet til framstilling av prosessvarme. Også her kan bruken av biobrensler være aktuelt i enkelte sammenhenger. Det kreves mer inngående kunnskap om de enkelte bedrifter, prosesser og konkrete utforming av produksjonsanlegg for å kunne evaluere mulige potensialer for bioenergi innen framstilling av kjemiske produkter. Bruken av biobrensler er generelt mer plasskrevende og ledig areal kan være en begrensende faktor i en del sammenhenger, samtidig som logistiske

forhold kan spille en stor rolle. Som et første steg må det etableres en oversikt over formålsfordelingen av energibruken innen næringsgrenen.

5.5.4 Ikke metallholdige mineralprodukter

Innen sementproduksjon har man inntil nylig brukt store mengder kull. Sementproduksjon vil imidlertid være underlagt kvotehandel i den såkalte "Kyoto-perioden" fra 2008 til 2012. Sammen med prisoppgangen på kull og petroleumsprodukter gir dette incitament for overgang til CO₂-frie energikilder og det forbrennes i dag store mengder avfall, inklusive spesialavfall ved framstilling av sement i Norge.

5.6 Fjernvarme

5.6.1 Forutsetninger for fjernvarme

Økt utbygging av fjernvarme kan, men vil ikke nødvendigvis, føre til økt bruk av biobrensler. Dersom fjernvarme primært retter seg mot bygg som likevel ville konvertere til biobrensler, medfører ikke investeringer i fjernvarmeløsninger ekstra forbruk av bioenergi. Snarere tvert imot kan fjernvarme øke konkurransevnen for spillvarme og avfall.

Fjernvarme vil være gunstig i områder med

- Store varmemengder med stor forbrukstetthet som gir mye varme pr. kilometer rør
- Tilgang på store mengder spillvarme i umiddelbar nærhet
- Forbrenningsanlegg for avfall
- Varmepumper basert på tilgang på varmt vann
- Tilgang på rimelig flis
- Rimelig tilgang enten på biobrensler, naturgass eller olje for mellomlast eller spisslast

I utredningene som er gjort i Norge til nå brukes ofte MWh/km² som et mål på varmetettheten. Dette er egentlig en dårlig tilnærming siden kostnadene varierer kraftig med hvordan forbruket er fordelt innenfor det aktuelle arealet. Dersom 1,6 GWh innen et gitt areal er spredt på 4 kilder a 0,4 GWh i stedet for 16 kilder a 0,1 GWh øker distribusjonskostnadene med 80% selvom antall GWh er det samme innenfor det aktuelle arealet. Årsaken er at antall meter rør blir dobbelt så høyt når mengden spres på 16 i stedet for 4 kilder. Derfor er særlig sentrumsområder med store forbrukere med vannbåren varme eller ventilasjon som spesielt egner seg for fjern og nærvarme. Bykjerner med innslag av store administrasjonsbygg, sykehus og andre offentlige tjenstebygg, boligblokker, enten nye eller fra perioden 1960-1980 hvor det særlig ble installert sentralfyr egner seg for nærvarme og fjernvarme.

Både flis, pellets og direkte brenning av trevirke er aktuelle energibærere i varmesentralene og kraftvarmeanleggene i fjernvarmesystemene:

Økt utbredelse av fjernvarme gir isolert sett muligheter for

- Anvendelse av biobrensler med lavere framstillingskostnader
- Høyere energieffektivitet i brennerne
- Biobrensler med lavere kvalitetsegenskaper, framstillingskostnader, energitap og miljøutslipp i et livssyklusperspektiv

- Lavere kostnader ved anvendelse av renseteknologi for å redusere utslippene av VOC, partikler etc.
- Lavere kostnader knyttet til innsamling og tilbakeføring av aske og sporstoffer til naturen.

Økt utbredelse av fjernvarme vil erstatte andre energiløsninger i første rekke olje i sentralvarmeanlegg, men også uprioritert elektrisitet

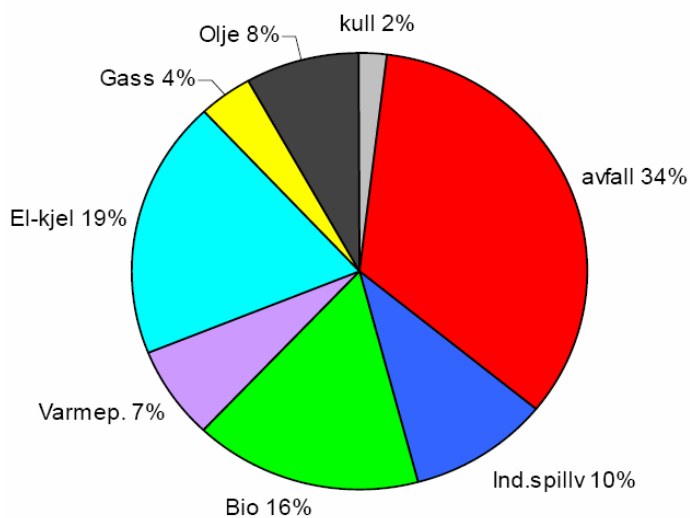
- Nettoeffekten for bruken av biobrensler vil være avhengig av biobrenslets andel av energibruken i fjernvarmesystemene og hvor stor andel biobrensløst vil utgjøre av energitilførselen som fortrenses.
- Netto miljøeffekt er avhengig av miljøkonsekvensene av fjernvarmen versus miljøkonsekvensene av fjernvarmesystemet
- Netto kostnadsgevinst er avhengig av kostnadene for fjernvarme versus kostnadene de mest aktuelle alternativene.
- Netto samfunnsøkonomisk gevinst beregnes ved også å inkludere positive og negative eksterne effekter i kostnadsestimatene.

5.6.2 Biobrenslets konkurransevne i fjernvarmesentraler

Fjernvarmenettet kan ha tilknyttet en eller flere forbrenningsanlegg med varmtvanns- eller dampkjeler. En kjele kan i prinsippet ha flere brennere og tilkoblet elektriske kolber slik at man f.eks raskt kan skifte mellom olje- og uprioritert elektrisitet. Det er også mulig å skifte ut brennerne til forholdsvis lave kostnader. Kjele, brenner og bruk av energikilde vil imidlertid ofte være optimalisert. Dette gir begrenset brensløstfleksibilitet.

Hvor det eksisterer spillvarme og avfallsanlegg som kan kobles til fjernvarme vil biobrensler først og fremst være et alternativ til olje, gass og uprioritert elektrisitet. Bruken av biobrensler vil derfor først og fremst være avhengig av tilgjengelighet og priser (kostnader) på disse energibærerne levert til varmesentral.. På kort sikt er tilgjengeligheten på tørrgass begrenset. Alternativene vil derfor i hovedsak være LNG,LPG, tung fyringsolje, uprioritert elektrisitet.

Utviklingen i bruken av ulike typer brensel i fjernvarmeproduksjon fremgår av kapittel 1, mens figuren under viser energibruken i de eksisterende fjernvarmesystemene. 51 % av energien dekkes av spillvarme, avfall, og større varmpumper basert på opptak av energi fra lavverdige varmekilder. Naturgass utgjør 4%, olje 8, biobrensler 16% og elkjeler, for det meste uprioritert elektrisitet utgjør 19%. Innenfor eksisterende fjernvarmeanlegg kan bioenergi på bekostning av uprioritert elektrisitet, olje og kull som til sammen utgjør 19% eller 600 GWh. Siden dette er spisslastkjeler er det neppe realistisk å regne med at mer enn halvparten dvs 300 GWh i praksis kan skiftes ut. Fordelingene viser et av hovedpoengene med fjernvarme. Et fjernvarmesystem er en nødvendig forutsetning for anvendelse av en del energikilder med lave og endog negative kostnader (avfall).



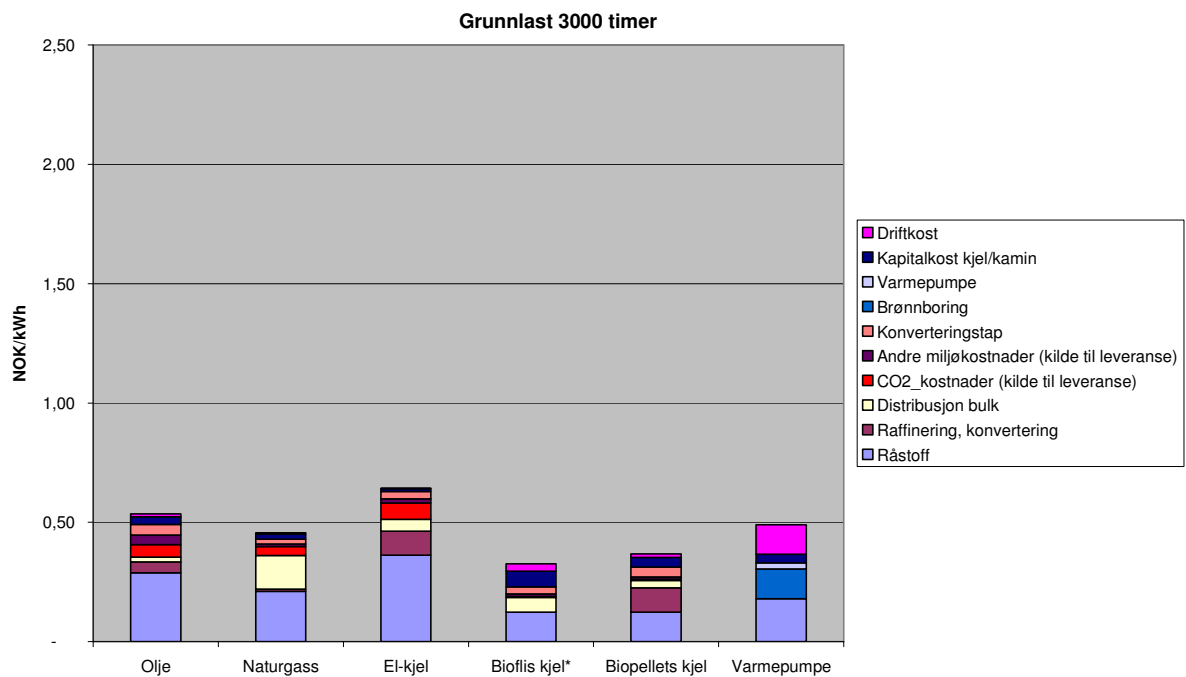
Figur 79: Fordelingen av energibærere fjernvarmesystemet.

Kilde: Fjernvarmeforeningene, foredrag

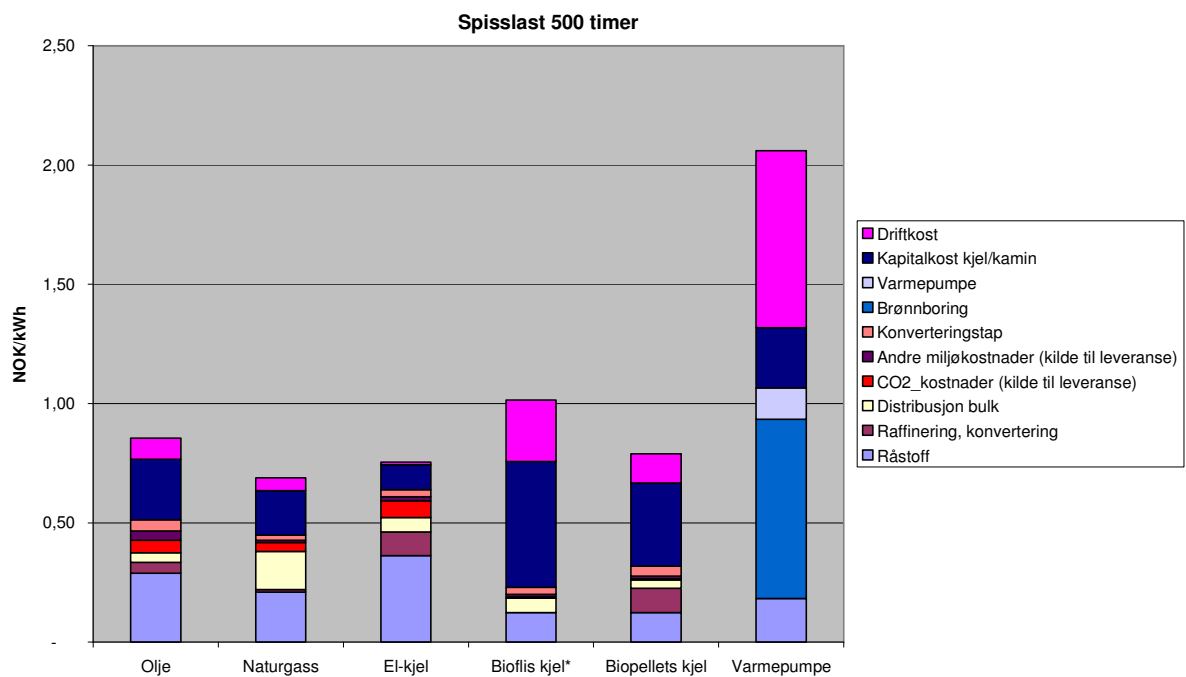
Som det framgikk av kapittel 1 har utbredelsen av fjernvarme doblet seg fra 2000 til 2007. Ytterligere vekst vil først og fremst finne sted i mindre byer og kommunesentra hvor fjernvarmeanleggene først og fremst til knytte sammen administrasjons og næringsbygg samt sentrumsnære boligblokker og handelsvirksomhet/kjøpesentra og kontorblokker tilknyttet foretningsvirksomhet, eventuelt skole, sykehjem og sykehus.

Figuren under viser biobrenslets konkurranseevne i varmesentralene i 2 MW anlegg som produserer ca 5 GWh fjernvarme med oljepriser på 70 USD og CO₂-kostnader på 180 NOK/tonn. Som det framgår av figuren vil kostnadene for olje, gass og kraft være såpass høye at tariffingen av uprioritert elektrisitet blir av mindre betydning. Veksten i bruken av biobrenslar til kraftvarme kan derfor framover i sterkere grad vokse med veksten med i fjernvarme.

Selv som spisslast med brukstid på 500 timer kan kjel basert på biopellets være konkurransedyktig. Under 500 timer blir elkjel mest konkurransedyktig.



Figur 80: Biobrenslets konkurransevne, større fjernvarmesentraler. Oljepris 70 USD, CO₂-kostnde 180 NOK/tonn. Råstoffpris biobrenslar, 12 øre/kWh.



Figur 81: Biobrenslar konkurransevne i spisslastkjeler 500 timer. Råstoffpris biobrenslar, 12 øre kWh.

5.6.3 Potensialet for ytterligere fjernvarme.

Det økonomiske potensialet for fjernvarme i sentrum og sentrumsnære områder er av flere miljøer (Ekstrapolering av Østlandsstudien til Norsk Energi, Xergia) anslått til ca 3 TWh økning

utover dagens nivå. For å realisere dette potensialet må biobrenslets konkurransevne vis a vis elektrisitet og olje bedres med om lag 10 øre i forhold til prisene i 2005/2006. Med vedvarende oljepriser i området 70 USD og kvoterpriser på 180 NOK/tonn kan dette allerede være oppnådd når/hvis denne prisøkningen slår igjennom i gass og kraftmarkedet.

Realistisk økonomisk potensial i fjernvarme kan anslås til vel 2 TWh biopellets, hvor det resterende dekkes av elkraft i spisslasttimer og 20% av vekstpotensial dekkes av avfall, spillvarme og varmepumper. Xergia har anslått det absolutte potensialet i sentrum, sentrumsnære områder og tettbygde strøk til 7 TWh, men fordeler dette potensialet mellom økonomisk potensial for gass og økonomisk potensial for fjernvarme. I beregningene har man ikke lagt til grunn nybygging og kun bygningsmasse hvor det allerede er installert kjeler (bygninger med kun direkte elektrisitet er unntatt).

Potensialet for biopellets og flis i fjernvarme kan derfor samlet anslås til ca 2.5 TWh.

Potensialet for fjernvarme overlapper det generelle potensialet for utskifting av el og oljekjeler i eksisterende boliger og næringsbygg. Det samlede nasjonale potensialet for økt bruk av biobrensel kan derfor også beregnes med utgangspunkt i statistikk over det samlede arealet for vannbåren varme i boligblokker og næringsbygg. Hvorvidt dette potensialet realiseres ved direkte konvertering eller via nærvarme/fjernvarmenett blir et kostnadsspørsmål av mer underordnet betydning en spørsmålet om konvertering av bygg til fjernvarme.

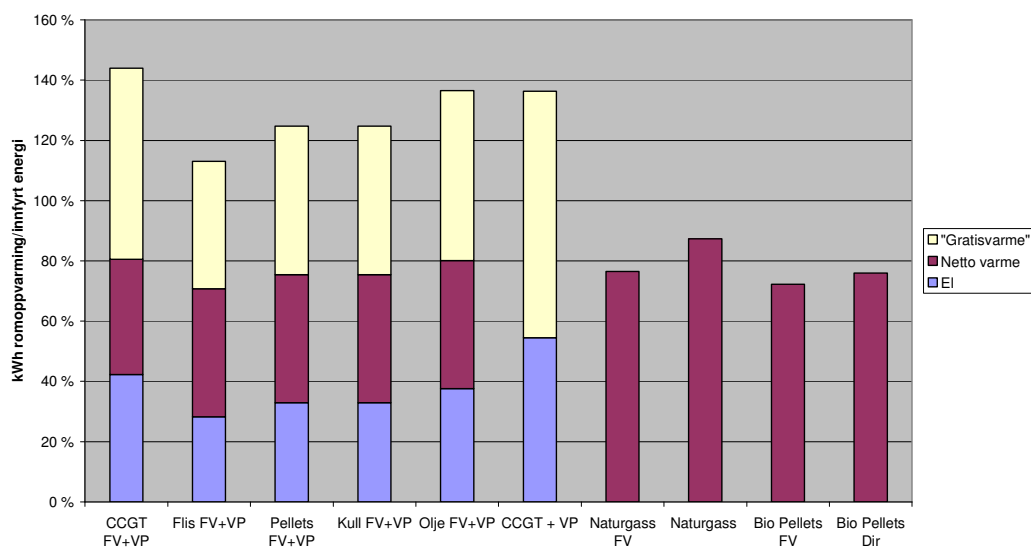
5.6.4 Potensialet for biobasert kraftvarme

I kraftvarmeanlegg produserer forbrennere og kjeler damp med tilstrekkelig høy temperatur og trykk til å kunne drive dampturbiner. Jo høyere trykk og temperatur jo mer kraft (arbeid, exergi) er det mulig å hente. I kraftvarmeanlegg unyttes ikke all energien til kraft. I stedet benyttes damp på lavere trykk og temperaturnivå til oppvarming. På lave trykk og temperaturnivåer vil bytteforholdet mellom varme og kraft være svært gunstig. Framfor å produsere mer kraft ved hjelp av kondenser vil man kunne produsere opptil 5 ganger så mye varme regnet i kilovattimer. På høye trykk og temperaturnivåer vil bytteforholdet være 1:1

Dersom man ønsker å minimere energibruken er det isolert sett viktig å optimalisere exergien til kraftproduksjon og utnytte varme med lavt bytteforhold til elektrisitet i kraftvarmeanlegg. Kostnadene øker imidlertid med økt uttak av exergiinnholdet i de ulike brenslene, dessuten finnes det teknologisk begrensinger som fører til at det praktiske exergiinnholdet i brenslene avviker forholdsvis mye fra det praktiske exergiinnholdet.

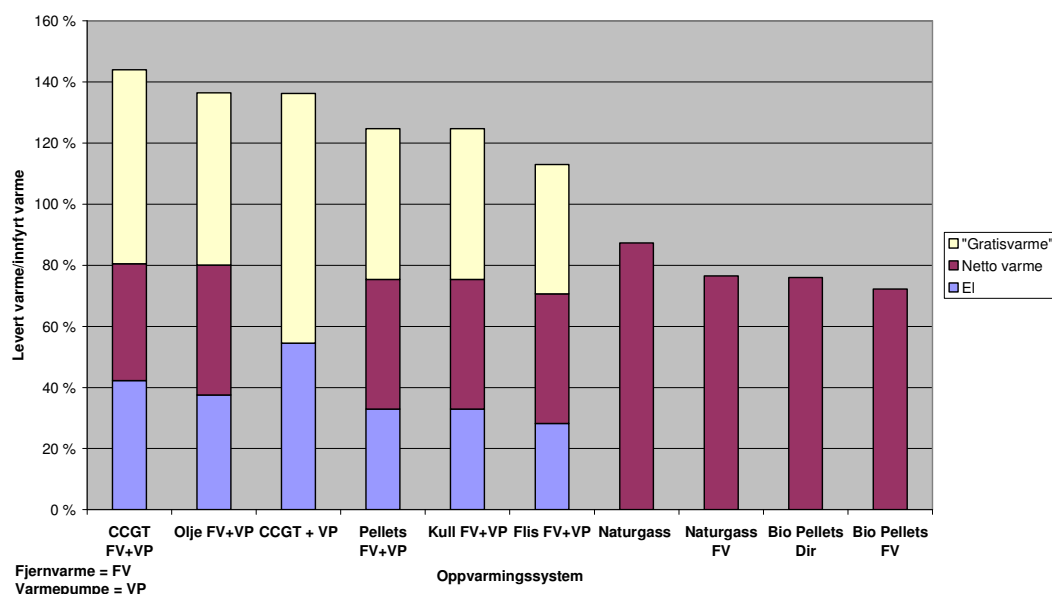
Et viktig og ofte benyttet poeng i exergi/energidebatten er at elektrisitet kan benyttes til drift av varmepumper og virkningsgraden være vesentlig høyere dersom man benytter energien i kraftvarme og varmepumper framfor direkte forbrenning. Ved å koble kraftvarmeanlegg opp til industri eller fjernvarmenett kan man øke samfunnets energieffektivitet ved å anvende exergien i biobrensel til kraftproduksjon og varmen i fjernvarmenett eller til prosessvarme. Ved å utnytte kraften i vann/vann varmepumper kan samlet varmeproduksjon langt overstige kWh innholdet i brensel. Tilsvarende kan man ved å erstatte 28 TWh el til oppvarming med vann til vann/varmepumper "spare" 21 TWh elektrisitet.

Figuren under viser antall kWh levert varme som det er praktisk mulig å levere med dagens energi og distribusjonssystemer.



Figur 82: Energieffektivitet systemer for romoppvarming

Mens naturgass brukt i fjernvarmesystem får en netto virkningsgrad på 78% får gass brukt i rene gasskraftverk en virkningsgrad på 164% dersom varmepumpen har en effektivitet på 3 (ved innsats at 1 kWh får man igjen 3 kWh varme og således 2 kWh "gratisenergi"). Den samlede virkningsgraden blir om lag den samme dersom gassen brukes i kraftvarmeverk tilkoblet fjernvarme.



Figur 83: Energieffektivitet romoppvarming standardtilfellet.

Biopellets og kull har om lag samme virkningsgrad, dvs vel 120% i kjeden kraftvarme + varmeleveranse + varmepumpe, mens virkningsgraden i kjeden kjel + FV kan anslås til ca 75%. Med dagens teknologi er får man således mindre exergi ut av biobrensler enn naturgass. Kostnadene pr. kWh exergi er også vesentlig høyere. Derfor egner gass seg bedre for kraftproduksjon og bioenergi seg bedre for varmeproduksjon dersom man kun legger energiøkonomiske kriterier til grunn for vurderingene. De viktigste fordelene med

fjernvarmeanlegg er først og fremst knyttet til utnyttelse av spillvarme og varme fra avfallsforbrenning.

Kostnadsanalysene i denne rapporten viser at økte CO₂-kostnader og en generell økning i energiprisnivået øker lønnsomheten av gasskraft- varmepumpekonseptet i romoppvarmingen men at biobrensler så lenge prisnivået for denne energibæreren holder seg på et lavt nivå upåvirket av prisøkningene på olje, blir gunstigere siden man her står overfor relativt lavt priset energi. Foreløpig finnes ikke kjelteknologi som gjør det regningssvarende å hente ut exergien fra biobrensel.

I et anlegg på ca 150 MW med 4000 timers brukstid, elvirkningsgrad på 30%, basert på flisfyring og lokal leveranse av varmen til en kostnad som tilsvarer kostnadene for varmeleveranse fra tilsvarende biobasert varmesentral, kan anslås til ca 60 øre/kWh.

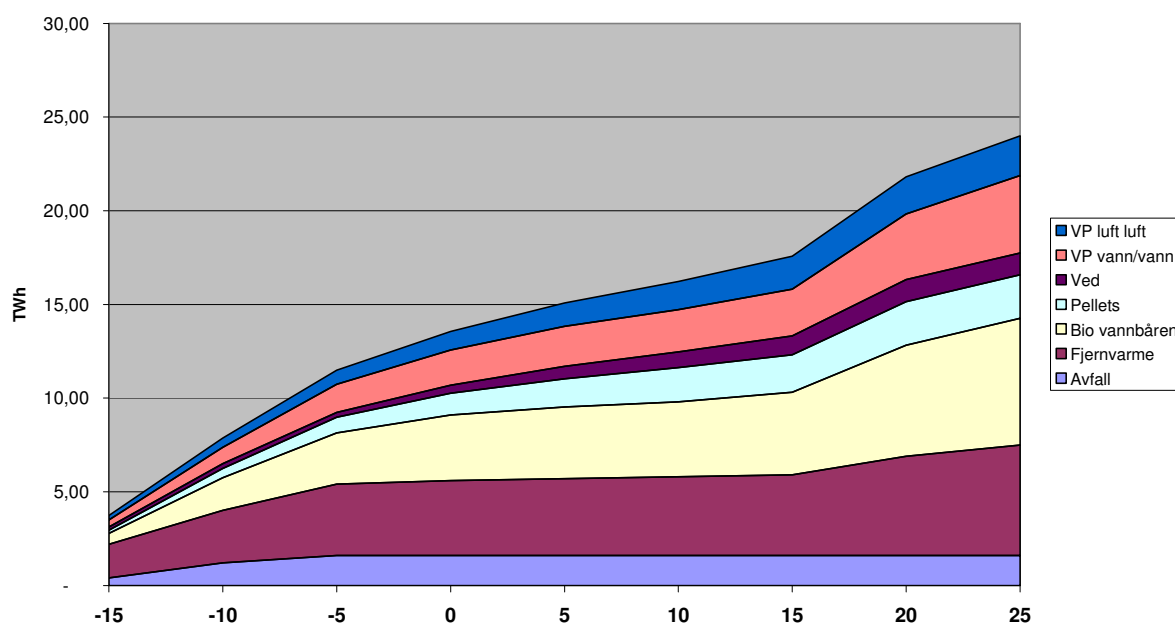
5.7 Oppsummering - Økonomiske potensialer

Foregående analyse av potensialer og konkurranseforhold og simuleringer på INSAs bygningsmassemodell viser at forbruket av biobrensler i Norge kan øke med **14 TWh** forutsatt at dagens oljeprisnivå på **70-90 USD/fatet**, de forventede CO₂-kostnadene i Kyoto-perioden på rundt **200 NOK/tonn** får fullt gjennomslag i alle energimarkedene, samtidig som råstoffkostnaden for flis holder seg på **12 øre/kWh**. Prisoppgangen på olje og forventede priser på CO₂ i Kyotoperioden innebærer at prisene på alternativene olje og kraft i oppvarmingen øker med i størrelsesorden 20 øre kWh. Dette representerer i seg selv et kraftig skift i kostnadene i varmemarkedet og en sterk stimulans for overgang til biobrensler dersom prisene på biobrensler ikke følger hakk i hel. For å kunne skaffe til veie 14 TWh høyere tilbud er det grunn til å vente en prisoppgang på biobrensler.

Dersom fliskostnadene øker fra **12 til 20 øre/kWh** faller økningen i etterspørselen til **7,5 TWh** i følge de samme simuleringene. Kvoteprisene på CO₂ må da øke til **500 NOK/tonn** for at etterspørselen skal øke med **14 TWh**.

Faller energiprisene tilbake til ca 30 USD/fatet blir en svært liten andel av dette potensialet lønnsomt å realisere, med mindre man legger til grunn meget høye CO₂-kostnader. Differansen på 40 USD/fatet mellom 30 og 70 USD/fatet er ekvivalent med en økning på 400 NOK/tonn CO₂. Dermed kan det anslås at kvoteprisene må opp på rundt 900 NOK/tonn for at etterspørselen skal øke med 14 TWh i et scenario med lave oljepriser. .

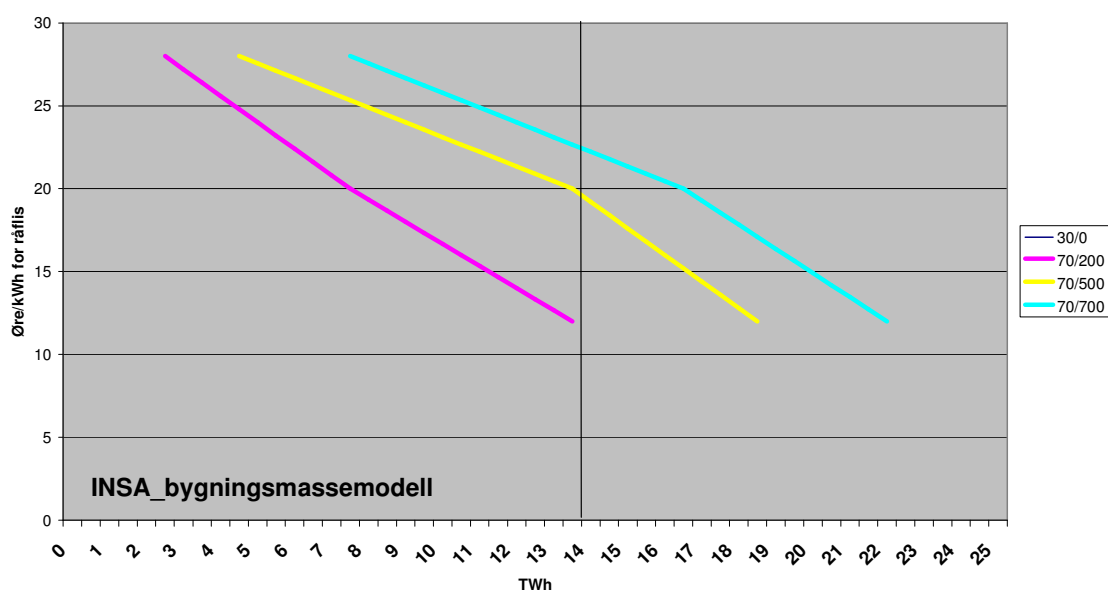
Disse vurderingene avviker dels fra to rapporter som nylig er offentliggjort gjennom ENOVA. Nobios rapport om barrierer for utbredelse av biobrensler er dels tilbakeskuende siden man legger til grunn en erfaringsperiode da energiprisene var lavere enn hva man nå står overfor. Videre har Nobio valgt eksemplene fra konvertering til vannbåren varme og dermed et område vi mener ligger utenfor det økonomiske potensialet. Xrgias rapport har blant annet ikke sett på økt bruk av biobrensler i punktoppvarming som synes å være et vesentlig potensial. INSAs simuleringsmodell gir resultater som er forholdsvis konsistente med beregningene Norsk Energi har utført i Østlandsstudien som er gjennomført for Nobio.



Figur 84: Utløsning av potensialer fornybar energi ved varierende nivå på harmoniserte el og CO₂-avgifter for fossil oppvarming og elektrisitet. Basiscenario 70 USD/fat og 180 NOK/tonn CO₂. Figuren er laget med basis i Østlandsstudien laget av NE og en råstoffpris på ca 12 øre kWh.

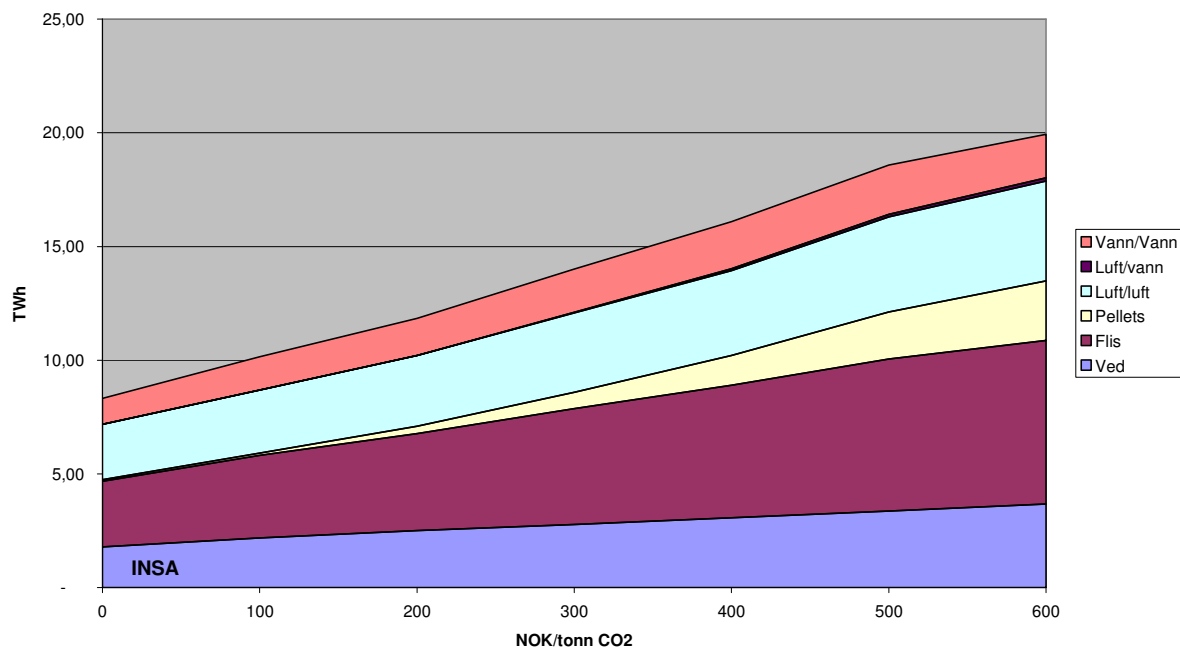
En økning i olje og CO₂ kostnadene fra 30 til 70 USD/fatet og 180 NOK/tonn representerer en prisoppgang på ca 20 øre for husholdningenes energiforbruk. I seg selv skulle det medføre en vekst i forbruket av fornybare energikilder til oppvarming på rundt 12 TWh hvorav ca 7,5 TWh faller på biobrensler i fjernvarme og direkte oppvarming i boliger og næringsbygg. Dersom CO₂-kostnadene kan regnes til 700 NOK/tonn og internaliseres gjennom tilsvarende priser på utslipp i markedet vil kostnadene for kraft, olje og gass ytterligere gå opp med i størrelsesorden 20 øre kWh. Dermed skulle etterspørselen etter bioenergi i Norge ytterligere øke med 3-4 TWh, forutsatt at ikke prisene på bioenergi følger hakk i hel. Fremveksten av det internasjonale pelletsmarkedet gjør at man med god grunn kan vente oppgang i de internasjonale pelletsprisene når CO₂-kostnader, oljepriser og kraftpriser øker.

Fra dagens nivå på ca 12 øre/kWh flisekvivalent kan biobrenselprisene stige med ca 20 øre/kWh før hele det økonomiske potensialet for økt bruk av biobrensler forsvinner. Dersom prisene faller med ca 5 øre kWh blir ytterligere et potensial på 2, 5 TWh realiserbart. Med kvotepriser på 700 NOK/tonn CO₂ vil etterspørselen kunne øke med rundt 7 TWh dersom råstoffprisene skulle øke fra 12 til 30 øre/kWh.



Figur 85: Ekstra etterspørselen etter biobrensler ved varierende råstoffpriser og forskjellige scenarier for oljepriser og CO₂-kostnader.

Etterspørselskurver for ekstra oppvarming med biobrensler med varierende råstoffpris, oljepris og kostnadene med CO₂-utslipp.

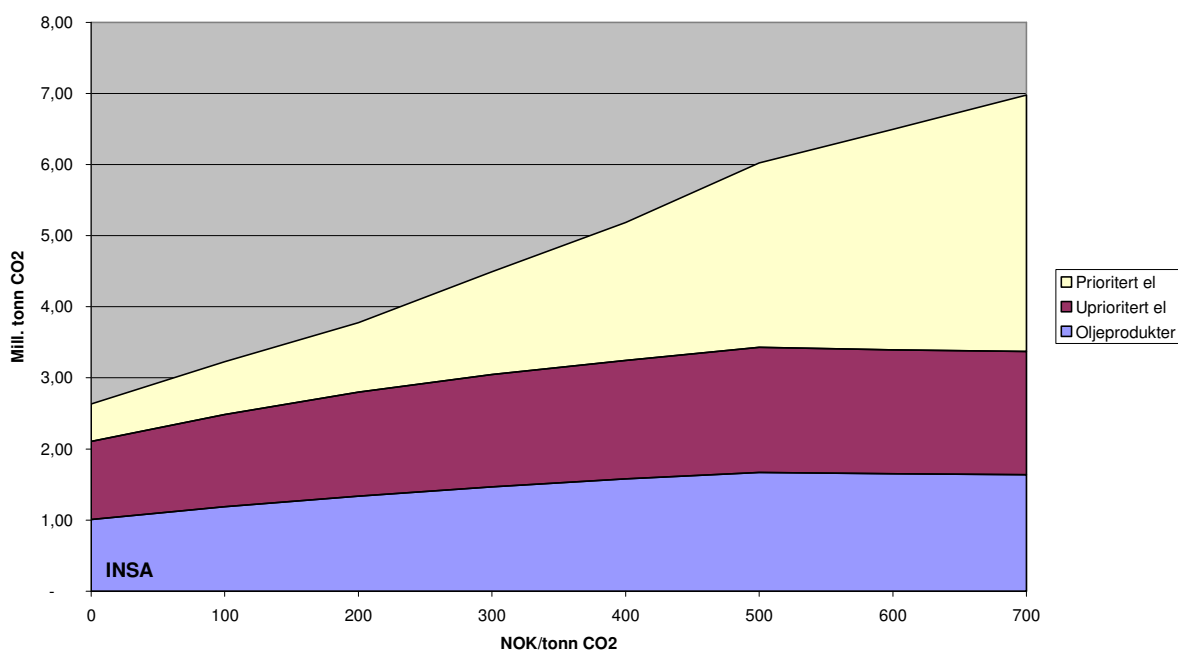


Figur 86: Fordelingen av det økte forbruket av biomasse og varmepumper i et scenario med 70 USD/fat olje og 20 øre/kWh for biobrensler.

Figuren viser varierende forbruk av ulike typer biobrensler med økene CO₂-kostnader i et scenario hvor råstoffkostnadene for biobrensler har økt til 20 øre/kWh. Som det framgår dekkes det økte forbruket på om lag 7 TWh med økt vedforbruk i husholdningene og konvertering av eksisterende større olje og elkjeler i næringsbygg og fjernvarmeanlegg til flisfyring i dette scenariet. Scenariet innebærer også en betydelig økt bruk av varmepumper både i privatboliger

og næringsbygg. Det samlede økte forbruket av varme fra biobrensler og varmepumper blir derfor i størrelsesorden 12 TWh i scenariet med 70 USD/fat og 200 NOK/tonn CO₂ hvorav ca 5 TWh dekkes av varmepumper. Varmepumper, ved og pellets er nære substitutter i oppvarmingen av boliger, mens flis, vann til vann varmepumper og pellets er nære substitutter i næringssegmentet. Dermed vil særordninger for en av disse oppvarmingsløsningene fort gå bekostning av andre løsninger basert på fornybar varme.

Modellsimuleringene tyder på at både oljeprodukter, prioritert el og uprioritert elektrisitet blir erstattet ved økte priser på CO₂-kvoter. Ved lave CO₂-priser og oljepriser på 70 USD/fatet erstattes en relativt større andel oljeprodukter. Deretter øker erstatningen av uprioritert kraft sin relative andel før prioritert kraft erstattes ved svært høye CO₂-priser. Selv om uprioritert kraft har lavere nettatariffer oppveies dette av at uprioritert kraft først og fremst anvendes i større næringsbygg med vannbåren varme. Sålede er disse byggene samtidig mer velegnet for konvertering til biobrensler.



Figur 87: CO₂-priser, redusert forbruk av olje og el og tilhørende reduksjon i CO₂-utslipp som følge av konvertering til biobrensler og varmepumper i de termiske markedssegmentene i Norge. Vedvarende oljepriser på 70-90 USD/fatet, 20 øre råstoffpris for biobrensler.

5.8 Lønnsomhetsberegninger på brukersiden – et komplisert fag

Som det bør ha fremgått er den mest avgjørende faktor/rammebetingelse for økt bruk av bioenergi prisene på konkurrerende energi. Noe forenklet vil all bruk av bioenergi fordre betydelig høyere investerings- og driftskostnader enn tradisjonell oppvarming ved hjelp av olje og elektrisitet. Dermed er det innsparinger på selve energibæreren som avgjør lønnsomheten ved energiomleggingen.

I det foregående studeres en rekke lønnsomhetsberegninger ved bruk av ulike energibærere i ulike bygningstyper under ulike forutsetninger om bygningstype, nybygg/konvertering og om

priser på olje, elektrisitet og CO₂. I tillegg er det lagt inn en rekke kostnadselementer og gjort forutsetninger om bl.a. brukstider og avkastningskrav

For å ytterligere komplisere bildet kan det reises en rekke spørsmål rundt slike lønnsomhetsbetraktninger, herunder knyttet til hvilke kostnadselementer som egentlig inngår, hvor følsomme de er for ulike anleggsspesifikke forhold og i hvilken grad de sier noe om hva brukeren egentlig vil velge.

Hvilke kostnader skal egentlig sammenliknes?

I Ørbeck og Rydehell (1998) ble det f.eks. pekt på at for at biobrensel skal kunne fremstå som et lønnsomt fyringsalternativ (for nye brukere) må følgende ulikhet normalt være oppfylt (når alle priser/kostnader omregnes til sammenlignbar enhet f.eks. øre/kWh varme ut fra fyrhus):

$$\text{Pris biobrensel} + \text{Invest./driftskostnad biobrenselanlegg} < \text{Olje/elpris.}$$

At investerings- og driftskostnader er utelatt i ligningen for olje og elektrisitetens vedkommende er ikke en skrivefeil, men ble av brukerkontakter i forannevnte arbeid vurdert som rimelig:

- I de tilfeller hvor biobrensel skal introduseres i eksisterende bedrifter, næringsbygg, borettslag mv. hvor det allerede eksisterer et oppvarmingsalternativ i form av olje og/eller elektrisitet er investeringskostnadene ved olje- og elfyringen allerede påløpt (sunk cost).
- I mange nye bygninger mv. vil det ofte måtte investeres i olje- eller el-kjel uansett, også ved satsing på biobrensel, for å kunne stå for lavlast sommerfyring, for å ta topper og/eller som backup.

Med dette som utgangspunkt må altså differansen mellom sammenlignbar olje/el.pris og biobrenselpris kunne forsvare biobrenselanleggets investeringskostnad og løpende merkostnader ved drift og vedlikehold.

Og hvordan varierer kostnadene?

Lønnsomhetsberegningene foran er basert på forutsetninger om 8 prosent avkastningskrav, og at anleggenes effekt utnyttes fullt ut i 2000 av årets 8760 timer. En slik gjennomsnittlig effektutnytting over året på snaut 25% er en rimelig forutsetning for et brenselanlegg beregnet på vanlig oppvarming hvor anlegget står, eller har lav effektutnytningsgrad, store deler av sommerhalvåret.

Foruten at investeringskostnadene i biobrenselanlegg varierer mye fra anlegg til anlegg er det viktig å være klar over at investeringskostnaden omregnet pr. kWh er svært følsom for variasjoner i avkastningskrav og effektutnytningsgrad over året.

For et brenselanlegg i en industribedrift med relativt stabilt termisk energibehov over året vil det være rimelig regne med en effektutnytting på 70 prosent, tilsvarende drøyt 6.000 brukstimer. Dette vil isolert sett mer enn halvere investeringskostnaden regnet per kWh.

Hvis formålet med lønnsomhetsberegninger er å illustrere aktørers faktiske atferd, mer enn samfunnsøkonomisk lønnsomhet, blir det sentralt å vurdere hvilke avkastningskrav bedrifter og husholdninger legger til grunn. Men et eventuelt høyt avkastningskrav kan føre til sterke forskyvninger i etterspørselen. En anleggsinvestering på 5.000 kr/kW installert effekt vil for eksempel kunne variere fra 10 øre/kWh ved 7 prosent avkastningskrav og 70 prosent effektutnytting til 50 øre/kWh ved 25 prosent avkastningskrav og 30 prosent effektutnytting når en økonomisk levetid på 15 år legges til grunn.

Det antas ofte at husholdningene krever et meget høyst avkastningskrav. Dette kan enten skyldes manglende kompetanse/tillit mht. lønnsomhetsberegninger, streng kredittasjonering, stor risiko knyttet til fremtidig nettoinntekt fra prosjektet kombinert med risikoaverse aktører eller kontantprinsipper i regnskapsføring (offentlig forvaltning). Men slike slutninger kan også bygge på feil antagelser omkring de øvrige kostnadselementene.

Når det gjelder husholdningenes atferd kan det i tillegg til rene økonomiske vurderinger ligge en rekke andre forhold til grunn for beslutningene og de vil ofte være mindre økonomisk styrt enn borettslag, næringsbygg mv.

- Vedfyring kan både forbindes med sjarme eller plunder og heft
- Vedfyring gir tilleggsverdier utover varmen - Hvorfor brenner vi ellers på peisen om sommeren?
- Estetiske verdier og miljøholdninger kan være like viktig som økonomi
- Hvorfor investeres det i nye kjøkken (som har klart negativ internrente)?

Slike forhold og forskjeller mellom grupper er selvfølgelig også relevant for spørsmålet om barrierene ligger på priser, investeringskostnader eller preferanser og for å vurdere effekter av avgifter/subsidier på brensel opp imot investeringsstøtte og holdingskampanjer.

6 Potensialer innen biodrivstoff

Biodrivstoff er blitt fokusert kraftig de senere årene, og mange land satser på å bygge opp en egen biodrivstoffnæring. Drivkreftene er først og fremst ønsket om å bli mer oljeuavhengig i en situasjon hvor vi er på, eller svært nær det globale Peak Oil, samtidig som etterspørselen etter flytende energibærere fortsetter å vokse. I et slikt scenario er det da også vanskelig å tro at oljeprisen skal kunne halveres og gjøre at de fleste av dagens former for biodrivstoff ikke bare er litt for dyre, men alt for dyre.

Behovet for å kutte CO₂-utslippene fra transportnæringen kombinert med landbrukspolitiske hensyn, som økt lønnsomhet i landbruket, er også medvirkende årsaker.

Viktige sider ved biodrivstoffproblematikken er omhandlet i en rekke analyser, rapporter og bøker den siste tiden, jf. Econ, 2007, OECD, 2007, Worldwatch Institute, 2007, SeMM, NILF, 2007, NFR, 2007 og PFI m.fl., 2007. Vi vil i det følgende referere kort fra noen av de siste, og supplere med noen få egne beskrivelser og analyser.

Biodrivstoff i Norge

Biodrivstoff har foreløpig ingen stor markedsandel i Norge, og det er klare begrensninger i produksjonspotensialet for førstegenerasjons biodrivstoff basert på norske råvarer. Dagens biodrivstoff er etanol og biodiesel produsert fra "kremen av karbohydrater", fra olje-, sukker- eller stivelsesrike jordbruksvekster. Etanol til transportformål i Europa er i stor grad basert på sukkerrørproduksjon i Brasil, samt noe europeisk produsert etanol fra hvete, sukkerroe og "dårlig vin". Produksjon og bruk av etanol fra mais foregår i all hovedsak i USA. Etanol er primært en bensinerstatning, og kan brukes fra 5 prosent innblanding til nesten ren vare, E85. Biodiesel blir i hovedsak produsert av rapsolje, men også en viss mengde soyaolje og palmeolje brukes ved mange av produksjonsanleggene. Biodiesel er en dieselerstatning, og kan brukes i ren form eller blandes med diesel. I Norge har biodiesel basert på fiskeavfall dominert fram til 2006, men nå etableres det ny produksjon av biodiesel basert på importert rapsolje og noe soyaolje. Biogass fra forråtning av avfall er en liten, men attraktiv norsk ressurs som trolig i økende grad vil bli brukt til bussdrift og andre former for flåtedrift.

Andre generasjons biodrivstoff

Såkalt andre generasjons biodrivstoff omfattes for tiden med betydelig interesse. Flere forskningsmiljøer arbeider med teknologispørsmål knyttet til bruk av lignocelluloseholdige råvarer til produksjon av drivstoff. Råvarer, som trevirke, halm og landbruksavfall, inneholder betydelige mengder karbohydrater i form av cellulose, hemicellulose og lignin, som kan omdannes til biodrivstoff. Etanol kan produseres fra cellulose og hemicellulose i ulike prosesser basert på fysisk- (maling, dampekspløsjon), kjemisk- (syrer, baser) og biologisk- (enzymmer, mikroorganismer) nedbrytning. Andre generasjons biodiesel kan produseres ved å gassifisere hele biomassen til såkalt syntesegass i en luftfri prosess. Denne gassen må så renses og omformes til flytende alkaner i nærvær av ulike katalysatorer. For begge disse prosessene vil det gå flere år før produksjonsteknologiene er kommersialisert og fullskalaanlegg foreligger.

Produksjonskostnader

Produksjonskostnadene for dagens biodrivstoff varierer sterkt avhengig av blant annet plantesort, breddegrad og kostnadsnivå i det aktuelle produksjonsområdet. Generelt finner vi de laveste produksjonskostnadene i tropiske strøk, hvor solinnstrålingen er sterk og arealer og arbeidskraft er billig. Det kan imidlertid være vanskelig å fastsette reelle produksjonskostnader, på grunn av vekslende landbrukssubsidier, tollsatser og forskjellige reguleringer og incentiver for å fase inn biodrivstoff, noe som kamuflerer kostnadsbildet. I tillegg skjer det raske endringer i tilbud og etterspørsel, både etter råvarer og ferdig biodrivstoff. Generelt kan vi imidlertid si at produksjonskostnadene for biodrivstoff basert på landbruksvekster i EU og USA krever oljepriser på over 100 USD/fat før de kan konkurrere uten tollvern, landbrukssubsidier og biodrivstoffincentiver. Tropisk biodrivstoff produsert i lavkostland kan derimot konkurrere med fossil bensin og diesel ned mot en oljepris på 40-50 USD/fat.

Kostnad som klimatiltak

Tiltakskostnaden ved bruk av biodrivstoff for å redusere klimagassutslipp fra transportsektoren varierer svært mye, både avhengig av regnemåte og drivstofftype. Det finnes mange eksempler på kostnadsbilder på 3-5000 NOK/tonn CO₂. Blant de største postene i regnestykket er da fritak for energiskatt/drivstoffavgift. I denne første perioden for europeisk bruk av biodrivstoff, har denne typen avgiftsfritak vært et vanlig virkemiddel både for å kompensere for høyere innkjøpspriser på biodrivstoff og for å kompensere for oljeselskapenes ekstrakostnader ved å ta inn en ny vare/komponent i distribusjonen.

Selv om tiltakskostnaden ved innfasing av biodrivstoff kan være svært høy, har vi nå en situasjon hvor oljeprisen har steget svært mye, samtidig som prisen på etanol fra Brasil i løpet av det siste året har gått ned. Hvis man da ser bort fra oljeselskapenes ekstrakostnader knyttet til investering i ny infrastruktur og nye prosesser for håndtering og innblanding, har vi da et biodrivstoff med en potensielt konkurransedyktig tiltakskostnad. Dette er her illustrert ved et priseksempel fra oktober 2007, ved en oljepris på ca. 85 USD/fat. Eksempellet er beregnet av Nibio basert på prisopplysninger innhentet av rågivningsselskapet KanEnergi:

Tørket etanol fra São Paulo, Brasil: Ca. 420-430 USD/m³ -> 38 øre/kWh

Bensin levert fra havn i Europa: Ca. 520-555 USD/m³ -> 32 øre/kWh

Dersom vi legger til dagens CO₂-avgift på bensin på 80 øre/liter (tilsvarer 350 NOK/tonn CO₂ og 9 øre/kWh), øker bensinprisen fra 32 øre/kWh til 41 øre/kWh. Dersom vi antar en netto CO₂-reduksjon på 90 prosent, ved å erstatte bensin med tropisk etanol, og dermed ilegger etanol en CO₂-avgift på 8 øre/liter, øker etanolprisen fra 38 øre/kWh til 39 øre/kWh.

Hvis vi legger til tilsvarende fraktrater som for pellets og olje, angitt i kapittel 4 i denne rapporten, ville etanol i store kvantum levert med båt direkte fra Brasil til Norge, med dagens prisbilde, koste omtrent det samme som bensin. Hvis ikke prisbildet endrer seg drastisk i disfavør av de mest kostnadseffektive formene for biodrivstoff og i favør av råoljebaserte drivstoff, så vil etter hvert, med økende volum og utbygd infrastruktur, et fritak eller en reduksjon i CO₂-avgiften på biodrivstoff være tilstrekkelig for at biodrivstoff kan konkurrere med fossilt drivstoff.

En fremtidig situasjon med en oljepris på 140 USD/fat og en CO₂-kostnad på 700 NOK/tonn kan gjøre mange former for førstegenerasjons biodrivstoff svært konkurransedyktige som klimatiltak, dersom man lykkes i å utvikle en del av det ledige produksjonspotensialet i varme strøk, særlig i Sør-Amerika og Afrika sør for Sahara. I tillegg til sukkerrør, kan biodiesel produseres svært kostnadseffektivt både fra palmeolje og fra jatropha. Men disse vekstene må, i motsetning til sukkerrør, vokse i hhv. ca. 10 og 3 år før de bærer fulle avlinger. Dermed vil det ta noe tid før man kan realisere store, nye produksjonsvolum av tropisk biodiesel. En del av

dagens nyetablering av palmeoljeplantasjer i Sørøst-Asia har for tiden i tillegg problemer med å dokumentere at de ikke direkte eller indirekte bidrar til nedhugging av regnskog.

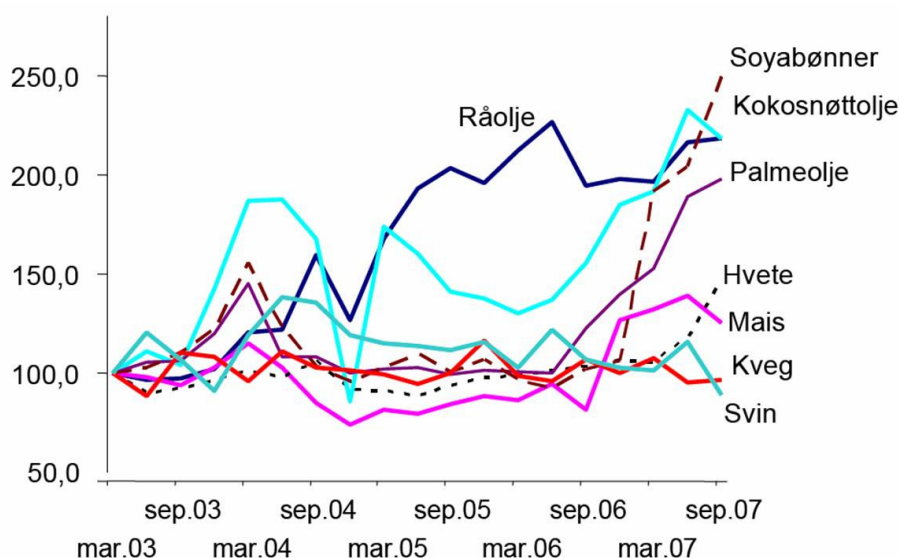
Potensialet for økt produksjon

Ifølge OECD (2007) dekker biodrivstoff i dag globalt ca. 1 prosent av forbruket i veitrafikken. Dersom man forutsetter at all skog skal vernes og at det trengs betydelige landområder for å brødfø og huse en befolkning som øker til 9 milliarder, anslår OECD at produksjonen av biodrivstoff kan 25-dobles fra 0,8 til 20 EJ. Verdens jordbruksbaserte "bioenergiareal" kan økes fra dagens 0,01 GHa til 0,44 GHa, hvorav halvparten da er forutsatt brukt til produksjon av elektrisk strøm og varme, mens den andre halvparten går til biodrivstoff. Med en kraftig videre vekst i behovet i veitrafikken vil denne halvdel av verdens ledige jordbruksareal for bioenergi kunne dekke 11 prosent av behovet i transportsektoren i 2050. Andregenerasjons biodrivstoff er i den samme rapporten anslått til å kunne gi ytterligere 23 EJ slik at totalt 23 prosent av behovet i transportsektoren dekkes. OECD forutsetter da en gjennomsnittlig konverteringsgrad på 35 prosent. Videre påpeker NFR (2007) at tilførsel av ekstern energi i andregenerasjonsanleggene teknisk sett kan øke biodrivstoffutbyttet målt ut fra "innfyrt biomasse" fra OECDs anslag på 35 prosent til 150 prosent.

Mat eller drivstoff?

Den mest tungtveiende innvendingen mot biodrivstoff i dag er at en rask vekst i etterspørsel og produksjon kan gå på bekostning av matsikkerhet og en sosialt rettferdig utvikling av landbruksressurser i Sør. Selv om produksjon av biodrivstoff foreløpig kun beslaglegger ca 0,7 prosent av verdens jordbruksarealer, så er denne voksende produksjonen med på å bidra til den globale økningen i matvarepriser vi har sett de siste par årene. Hovedårsaken til de økte prisene har hittil vært at befolkningen i store land som Kina og India begynner å etterspørre mer kjøtt og meieriprodukter, men for enkelte jordbruksprodukter, særlig mais, har økt etterspørsel etter biodrivstoff vært en viktig faktor bak de økte prisene.

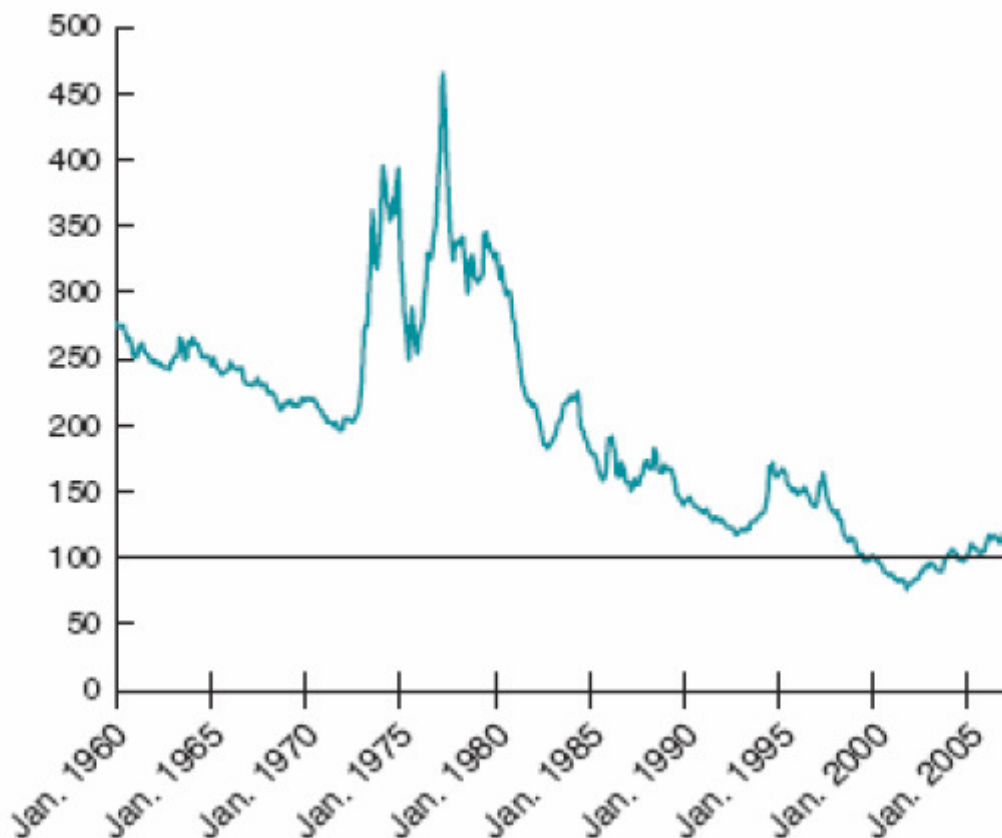
SeMM/NILF (2007) påpeker også prisoppgangen på viktige matvarer de siste årene. Her kan vi for øvrig merke oss at maisprisen har gått noe tilbake de siste månedene:



Figur 88. Prisnoteringer å ulike råvarebørser

Kilde: SeMM/NILF, 2007

Utviklingen vi nå ser bryter en mer enn hundre år gammel trend med fallende matvarepriser. Selv om vi nå ser en prisoppgang, er prisene fortsatt historisk sett lave.



Figur 89. Historisk prisutvikling på jordbruksprodukter. Januar 2000 = 100

Kilde: Verdensbanken

Et viktig spørsmål er hvordan matvareprisene vil utvikle seg framover. SeMM/NILF (2007) gjengir prisframskriving som innebærer at prisoppgangen er forbigående, men påpeker samtidig at andre kilder viser en stigende tendens.

De økende prisene på landbruksprodukter har ført til en brå reduksjon i tilgangen på billig eller gratis jordbruksleveranser fra industrialiserte jordbruksland til fattige land. Mange steder har dette ført til dramatiske konsekvenser for tilgangen på mat. Situasjonen er enkelte steder blitt ytterligere forverret på grunn av ekstremvær med flom eller tørke.

Samtidig blir det blant annet fra Worldwatch Institute og fra FAO, FNs organisasjon for ernæring og landbruk påpekt at de økte prisene på jordbruksvarer gjør at fattige men frodige land nå får en ny mulighet for økte inntekter og redusert oljeimport. Gjennom flere tiår har lokal mat- og energiproduksjon blitt utkonkurrert både av overskuddsproduksjon fra rike land og av billig olje. Denne trenden kan nå snus.

Når det gjelder mulighetene for å raskt å øke produksjonen av biodrivstoff i tropiske strøk, er det imidlertid mange utfordringer. Kunnskapsmangel, dårlig infrastruktur og udemokratiske regimer gjør det vanskelig, både for lokalbefolkning og utenlandske initiativtakere, å få til en utvikling som både er miljømessig bærekraftig og sosialt rettferdig. Det er imidlertid nå stor

interesse for, og fokus på å utvikle produksjonspotensialet i Sør, både hos lokale myndigheter og hos utenlandske aktører. Dermed skjer det en rask oppbygging av ny produksjonskapasitet. Hvor raskt og hvor bærekraftig er vanskelig å si.

Viktige spørsmål er hvilke virkemidler og etterspørselsmekanismer som både skånsomt og samtidig effektivt kan bidra til en rask opptrapping i den globale produksjonen av biodrivstoff. Internasjonal enighet om standarder og sertifiseringssystem vil være nødvendig for å sikre en bærekraftig produksjon av biodrivstoff.

Kommersialisering av andregenerasjons biodrivstoff

En vellykket innfasing av andregenerasjons biodrivstoff, basert på råstoff som ikke er direkte koblet til matproduksjon, vil bidra til å redusere volatiliteten til matprisene. Men så lenge produksjonskostnaden for denne typen biodrivstoff er fra 20 til 150 prosent høyere enn markedsprisen for tilsvarende førstegenerasjons biodrivstoff, er det ingen som finner det interessant å investere i kommersielle anlegg av denne typen. Likevel bygges det nå flere halvkommerielle anlegg for celluloseetanol i USA og et halvkommerielt anlegg for syntetisk biodiesel i Tyskland.

Mye tyder på at trevirke, halm og andre former for lignocellulose i fremtiden i økende grad vil bli brukt til storskala produksjon av flytende drivstoff. Den andre viktige, høyverdige energibæreren som kan produseres fra biomasse er elektrisk strøm. Per i dag ligger markedsprisen før distribusjonskostnader, CO₂-avgifter, importtoll og energiavgifter omtrent likt for elektrisk strøm og de dominerende formene for flytende drivstoff, målt per kWh energiinnhold.

Hvilket bruksområde som vil være mest kostnads- klimaeffektivt i fremtiden er det delte meninger om dag.

	Biokraft	Biodrivstoff
Konverteringsgrad til hhv. elektrisk strøm og drivstoff	20 %, men kan trolig økes	35-50 %, men ikke bevist kommersielt
Utnyttelse av spillvarme	Kan være god	Kan bli dårlig pga. store anlegg og utilstrekkelig varmemarked
Mulighet for CO ₂ -fangst	God på store anlegg	Kan være mulig
Prisutvikling	Kan stige mye, men det finnes mange klimanøytrale alternativer i stasjonær kraftproduksjon	Kan stige svært mye. For skipsfart og luftfart finnes det foreløpig ingen klimanøytrale alternativer. Deler av veitrafikken synes også vanskelig å løse med el. eller hydrogen.
Lagring	Bør kjøres rett inn i el-nettet	Enkelt å lagre
Transport	Lite egnet over store avstander (internasjonalt)	Billig per båt
Avansert avgassrensing	Mulig, men mindre kostnadseffektivt på de mindre anleggene	Mulig og potensielt kostnadseffektivt
”Joker”		Konverteringsgraden målt etter mengde biokarbon kan økes ved å tilføre ekstern, billig energi

Både OECD (2007) og NFR (2007) har uavhengig av hverandre antatt at fremtidig ”ledig biomasse” vil fordeles slik at halvparten går til produksjon av elektrisk strøm og varme og halvparten går til biodrivstoff og andre bioraffineriprodukter, hhv. globalt og nasjonal i Norge.

Utviklingen framover

EU vil de nærmeste årene måtte basere sin innfasing av biodrivstoff dels på import og dels på egen produksjon. Norge vil med sitt beskjedne jordbruksareal primært oppfylle sine målsettinger gjennom import, enten i form av råvarer eller i form av ferdig biodrivstoff.

Andre generasjons biodrivstoff vil naturlig nok først bli kommersielt interessant i de delene av verden som både har lave kostnader på lignocellulose og et generelt lavt kostnadsnivå. OECD viser eksempelvis til at priser på treflis i USA ligger på 25-32 USD/tonn, noe som tilsvarer 3-4 øre/kWh. I tropiske strøk kan prisene være enda lavere. Når vi så sammenlikner dette med de norske biomasseprisene i kapittel 3 og tar i betraktning at biodrivstoff er en internasjonal handelsvare, så vil det naturlig nok være mer lønnsomt å bygge de første kommersielle andre generasjonsanleggene andre steder enn i Norge.

Norges styrke i denne sammenhengen blir, slik det er påpekt både i ”Biodrivstoff-veikartet” og i Forskningsrådets Foresight-studie, at vi har mye relevant kompetanse innen prosessindustri og petrokjemi, relativt billige kunnskapsarbeidere og en stor statskasse. I tillegg har vi sterke miljøer og enkeltpersoner både innen bistand, utviklingssamarbeid og internasjonalt miljøarbeid. Slik sett kan norske ressurser bidra både til rask realisering av moderne bioenergi i Sør og teknologiutvikling som gjør at vi i fremtiden også kan utnytte den uspiselige biomassen til moderne bioenergi på en effektiv måte.

7 Miljømessige og næringsmessige konsekvenser

7.1 Innledning

Økt bruk av bioenergi kan komme til erstatning for fossilbasert energiproduksjon og dermed gi et bidrag til reduserte utslipp av klimagasser. Bruk av organisk avfall vil redusere utslippene av klimagassen metan. Men det vil også kunne være negative miljøkonsekvenser knyttet til utslipp av andre forurensninger, næringstap i skogbunn, mv. I det følgende vil det gis en oversikt over miljøkonsekvensene av økt bruk av bioenergi.

Avvirkning av skog har betydning for karbonsyklusen, og spesielt – på kort sikt - når biomassen blir benyttet til energiformål. Dette er et meget stort tema, og det er klare mangler i kunnskapen som skal til for å kvantifisere karbonsyklusen på en tilstrekkelig presis måte. Lagringen av karbon i skogsjord er et av de områdene der FoU-behovet er betydelig. For tiden er det på gang en kartlegging av ”Kunnskapsstatus og forskningsbehov – klimagasser og bioenergi” i Ås-miljøet. Siden utredningen også skal være klar i november 2007, går vi ikke nærmere inn på karbonsyklusen i denne omgang.

Avslutningsvis i kapitlet belyses næringsmessige konsekvenser av økt produksjon og bruk av bioenergi, selv om dette også ble viet stor oppmerksomhet i kapittel 3.

7.2 Miljøkonsekvenser av økt fjerning av biomasse

Høsting av biomasse medfører store inngrep i økosystemene. Konsekvensene av høstingen er imidlertid uavhengig av hva biomassen brukes til. Spesielt er det diskusjoner om konsekvensene av å høste skog, der det er mange interessegrupper og synspunkter på hva som er riktig nivå for avvirkning. Vi går ikke inn i vernedebatten, men forsøker å identifisere områder der økt avvirkning kan ha uheldige konsekvenser for økosystemene. Først og fremst har det vært reist spørsmål ved effekten på næringstilstanden, men også hensynet til biologisk mangfold og skadeinsekter må vurderes.

7.2.1 Skogøkologisystemet

Å erstatte fossile brensel med bioenergi er en måte å bidra til redusert utslipp av veksthusgasser. Karbondioksid avgis når biobrensel blir brent, men tas opp igjen når nye planter vokser. Bruk av skogressurser til bioenergi er derfor tenkt å bidra til en bærekraftig utvikling. Det kan dog finnes uheldige effekter av økt biomasseuttak til bioenergi. Det kan oppstå konflikter mellom forskjellige politiske mål, for eksempel mellom økt bruk av skogbiomasse til bioenergi og bevaring av det biologiske mangfoldet. I tillegg kan det oppstå konflikt mellom behovet for

bioenergi og en bærekraftig langsiktig skogforvaltning. Mulige effekter av økt biomasseuttak på karbonsekvistrering i skog er mer usikker: mye beror på effekten på skogsjord, der mesteparten av skogens karbon finnes.

7.2.1.1 Effekter på jordas næringsinnhold og surhet

Fjerning av biomasse innebær også fjerning av næringsstoffer fra skogen. Med intensiv fjerning av biomasse, for eksempel fjerning av GROT (greiner og topper, som har relativt høye konsentrasjoner av næringsstoffer, se for eksempel Rothpfeffer og Karlton 2007) eller om omløpstiden er for kort, kan store mengder næringsstoffer blir fjernet. Forsøk med fjerning av GROT har ofte, men ikke alltid, vist på redusert tilvekst sammenlignet med situasjonen da GROT ble igjen. I et nordisk forsøk som sammenlignet heltretynning med konvensjonell tynning, ble tilvekst i gran- og furubestand redusert med 5-6% 10 år etter heltretynning sammenlignet med konvensjonell tynning (Jacobsson et al. 2000). Et liknende resultat ble funnet av Proe og Dutch (1994) med Sitkagran i England: Ni år etter beplantning hadde trær på flater der det hadde forekommet heltrehogst 12.000 kg/ha mindre biomasse enn etter konvensjonell hogst. Forskjellen ble forklart med bedre beskyttelse av småplantene under hogstrester samt flere næringsstoffer på flaten med konvensjonell hogst.

Om biomassefjerning ikke skal lede til redusert tilvekst på sikt, må nye næringsstoffer bli tilført. Blant viktige næringsstoffer i dette sammenheng er nitrogen, fosfor, basekationer (kalsium, magnesium, kalium) og mikronæringsstoffer som bor. Et næringsrikt økosystem kan i visse fall erstatte næringstapet som forekommer etter intensiv fjerning av biomasse, i hvert fall kortsiktig. Uansett, er en langsiktig tap av næringsstoffer fra skogøkosystemet ikke forenlig med prinsippene for bærekraftig skogbruk.

I Norge er nitrogen det næringsstoffet som oftest begrenser skogens tilvekst (med andre ord, skulle man kunne få mer tilvekst om det fantes mer nitrogen i økosystemet). Gjødsling med nitrogen kan motvirke tilvekstreduksjonen som følger GROT-uttak. For eksempel, i det nordiske forsøket med heltretynning og konvensjonell tynning fant Jacobsson et al. (2000) at gjødsling motvirket tilvekstreduksjonen etter heltretynning: Dette resultat ble forklart som en effekt av N-tilførsel. Nitrogen tilføres økosystemet i deponisjon (for eksempel i regn og snø). Raulund-Rasmussen et al. (2007) skriver at nitrogengjødsling kan trenes i områder med intensiv fjerning av biomasse og der nitrogendeponisjon er under 15 kg ha⁻¹ år⁻¹. I Norge er det kun begrensede områder på Sørlandet der nitrogendeponisjon er så pass høy: I andre deler av landet kan det altså bli nødvendig med nitrogengjødsling. Energiregnskapet med bruk av nitrogengjødsel bør beregnes.

Fosfor finns i jorda (for eksempel bundet til organisk stoff eller som mineralet apatitt), men konsentrasjonen varierer mye og ikke alt er letttilgjengelig for planter. Fosformangel kan forekomme i noe område i Sør-Norge (Ingerslev et al. 2001). Fosfor tilført sammen med nitrogen har i noen tilfelle gitt økt tilvekst (Nilsen 2001). Spesielt organiske jord og sandjord kan mangle letttilgjengelig fosfor. Fosforgjødsling kan bli en løsning, eventuelt med bruk av vedaske.

Fjerning av hogstrester inklusive nåler reduserer konsentrasjoner av letttilgjengelige basekationer (kalium, magnesium og kalsium) i jord (Olsson et al. 1996a). På tre svenske flater, ble basemetning redusert med 19% (sørlig granflate), 16% (sørlig furuflate), og 8% (nordlig granflate) etter fjerning av hogstrester inklusive nåler (Olsson et al. 199a): På en nordlig furuflate ble det ikke noen statistisk signifikant forskjell. Blant basekationene, er magnesiummangel et kjent problem i de nordiske landene. Kaliummangel er mer sjelden og

kalsiummangel er ikke rapportert i vårt område. Konsentrasjoner av basekationer i jorda varierer mye, men i visse områder kan det bli nødvendig med gjødsling, for eksempel med vedaske.

Når trær vokser, tar de opp næringsstoffer fra jorda, oftest som enten positivt ladede ioner (kationer) eller som negativt ladede ioner (anioner). For å beholde jordas elektrisk nøytralitet, må disse blir erstattet av andre ioner. Kationene blir erstattet av hydrogenioner, og dette gjør jordvannet surere. Anionene blir erstattet av andre anioner som kan nøytralisere forsuringen. Fordi trær tar opp mer kationer enn anioner, blir det overskudd av hydrogenioner i jordvann. Derfor blir jordvannet surere når treet vokser. Etter nedbryting av det døde treet, blir denne surhet nøytralisert. Skogsjord blir ofte mindre surt etter hogst, grunnet nedbrytning av hogstresten og endringer i jordas organisk stoff (Nykvisst og Rosén 1985, Hu 2000). Om hogstresten blir fjernet fra skogen kommer mer surhet å finnes igjen i jorda. Derfor kan intensiv fjerning av biomasse leder på sikt til at skogsjorden blir surere (Nykvisst og Rosén 1985), og da kan det bli nødvendig med tiltak mot forsuringen. Tilførsel av vedaske kan motvirke surhet i jorda.

Sjøen er den viktigste kilden til bor. I visse områder langt fra kysten (for eksempel Ottadalen), er bormangel et problem, og der kan kompensasjon blir nødvendig etter hogst.

Risikoen for langtidstap av næringsstoffer etter konvensjonell hogst virker lav under norske forhold, så lenge omløpstiden er lang nok (Hu 2000, Raulund-Rasmussen et al. 2007), men på kort sikt kan det oppstå mangel av fosfor eller basekationer (Hu 2000).

Næringsbudsjetter er iblant brukt for å estimere om det er mulig å erstatte næringsstoffer som er tapt etter hogst. Resultatene fra disse er forskjellige (Worrell og Hampson 1997), noe som er lett å forklare grunnet de store variasjoner som finnes i skogøkosystemer. Raulund-Rasmussen et al. (2007) har estimert næringsinnholdet i jord og trær på seks flater i de nordiske og baltiske land, samt om gjødsling kommer å bli nødvendig etter forskjellige sorts hogst. En av flatene, Nordmoen, ligger i Norge nord for Oslo. Denne flate er granskog på breelv- og vindavsetninger. Jorda er relativt rik mineralogisk. Resultatene er vist i Tabell x. Det finnes en viss grad usikkerhet i disse tall, for eksempel kan forvittringshastighet være høyere enn angitt. Det er også usikkert hvor representativ denne flate er for norske forhold: Næringsinnholdet er relativt høyt.

Tabell 22. Jordas næringsinnhold og estimert næringsbalansen ved Nordmoen. KH = konvensjonell hogst, HTH = heltrehogst

	N	P	K	Mg	Ca
Jord*, total, Mg ha ⁻¹	5,8	21	178	123	63
- tilgjengelig**, Mg ha ⁻¹		1,048	0,261	0,035	0,221
Forvittringshastighet est., kg ha ⁻¹ år ⁻¹			1,6	1,2	0,4
Deposisjon, kg ha ⁻¹ år ⁻¹	5,7	0,4	1,3	0,2	0,8
Avrenning, kg ha ⁻¹ år ⁻¹	0,7	0,1	1,4	1,8	3,6
KH, eksport***, kg ha ⁻¹ år ⁻¹	3,6	0,4	4,0	0,6	3,6
- , balanse, kg ha ⁻¹ år ⁻¹	<u>1,4</u>	<u>-0,1</u>	<u>-2,5</u>	<u>-1,0</u>	<u>-5,0</u>
HTH, eksport****, kg ha ⁻¹ år ⁻¹	11,1	1,5	7,5	1,1	8,0
- , balanse, kg ha ⁻¹ yr ⁻¹	<u>-6,1</u>	<u>-1,2</u>	<u>-6,0</u>	<u>-1,5</u>	<u>-10,4</u>

Kilde: Raulund-Rasmussen et al. (2007)

*0-100 cm, **0-100 cm, ammoniumnitratekstrakt, ****I. Stupak, upublisert.

På Nordmoen er nitrogendeposisjon høy nok for å kompensere nitrogenuttak ved konvensjonell hogst, men ikke høy nok ved heltrehogst. Deposisjon av basekationer er ikke høy, delvis grunnet avstand fra sjøen. Forvitring og deposisjon er ikke høye nok til å kompensere tap av kalium, kalsium og magnesium i avrenning og hogst, da kan det bli nødvendig med kompensasjonsgjødsling. Det er spesielt viktig etter heltrehogst, da eksport av de fleste næringsstoffer blir mer enn fordoblet sammenlignet med etter konvensjonell hogst (Tabell x,).

Raulund-Rasmussen et al. (2007) anbefalte kompensasjon for alle næringsstoffer etter intensive hogst på flater som Nordmoen. På mindre næringsrike flater kan det bli enn viktigere med kompensasjon for tap av næringsstoffer.

En flate som er noe mer representativ for skandinaviske forhold ble også undersøkt av Raulund-Rasmussen et al. (2007). Denne flate, Lammhult i Sverige, er granskog på morene. Nitrogendeposisjon er relativt høy ved 11,7 kg/ha/år. Resultatene for denne flate er vist under:

Tabell 23. Jordas næringsinnhold og estimert næringsbalansen ved Lammhult. KH = konvensjonell hogst, HTH = heltrehogst. I.E. = ikke estimert

	N	P	K	Mg	Ca
Jord [*] , total, Mg ha ⁻¹	4,1	99	140	53	229
- tilgjengelig ^{**} , Mg ha ⁻¹			0,011	0,060	0,045
Forvittringshastighet est. ^{***} , kg ha ⁻¹ yr ⁻¹	-	I.E.	4,2	1,6	3,9
Deposisjon, kg ha ⁻¹ yr ⁻¹	11,7	0	1,9	1,0	2,0
Avrenning, kg ha ⁻¹ yr ⁻¹			I.E.	I.E.	I.E.
KH, eksport ^{****} , kg ha ⁻¹ yr ⁻¹	6,6	0,3	2,1	0,6	5,0
- , balanse, kg ha ⁻¹ yr ⁻¹	<u>5,1</u>	<u>I.E.</u>	<u>4,0</u>	<u>2,0</u>	<u>0,9</u>
HTH, eksport ^{****} , kg ha ⁻¹ yr ⁻¹	12,7	1,2	5,2	1,7	12,5
- , balanse, kg ha ⁻¹ yr ⁻¹	<u>-1,0</u>	<u>I.E.</u>	<u>0,9</u>	<u>0,9</u>	<u>-6,6</u>

Kilde: Raulund-Rasmussen et al. (2007)

^{*}0-100 cm, ^{**}0-100 cm, ammoniumacetat, ^{***}I. Callesen og K. Raulund-Rasmussen, upublisert, ^{****}I. Stupak, upublisert.

Disse resultatene viser at konvensjonell hogst er uten problem på Lammhult, mens ved heltrehogst kan det bli nødvendig å kompensere for uttak av nitrogen og kalsium.

7.2.1.2 Effekter av asketilførsel

Tilbakeføring av aske til skogen har blitt foreslått som et tiltak mot tap av næringsstoffer. Alle de viktigste næringsstoffer unntatt nitrogen finns i vedaske. Tilførsel av aske øker konsentrasjoner av utbyttbare basekationer og reduserer surhet i jorda (Arvidsson og Lundkvist 2003; Brunner et al. 2004). Også øker konsentrasjoner av kalsium og magnesium i trærnes finrøtter (Brunner et al. 2004). Imidlertid, har forsøk med tilførsel av aske i skog på mineraljord vist ingen signifikant endring i tilvekst, verken større eller mindre, dette sannsynligvis grunnet nitrogenmangel (Karlton et al. 2007, Ozolinčius et al. 2007a). Situasjonen er annerledes på torv – der har svenske og finske forsøk vist en økning i trærnes tilvekst etter asketilførsel (Karlton et al. 2007). Om man sprer løs aske, kan man få en pH-økning i jorda og økt mineralisering av jordas organisk stoff (Stupak et al. 2007). Det kan også finnes risiko for skader til moser og lav (for eksempel Ozolinčius et al. 2007b), dette er dog ofte bare midlertidig (Karlton et al. 2007). Økte konsentrasjoner med kadmium i noen sopparter har blitt rapportert, men generelt virker det finnes liten risiko for økte konsentrasjoner med tungmetaller i bær og sopp (Karlton et al. 2007). Endringer i arts sammensetningen for mykorrhiza har blitt observert (Karlton et al. 2007). Risikoen for negative virkninger av asketilførsel på jord, jordvann og vegetasjon virker å være små om asken blir herdet før spredning (Arvidsson 2001, Arvidsson et al. 2002) eller tilført som korn (Callesen et al. 2007) eller pellets (Rothpfeffer 2007).

7.2.1.3 Andre effekter på jord

Bruk av hogstmaskiner kan påvirke jordas struktur, for eksempel gjennom komprimering av jorda. I ekstreme tilfellen kan dette påvirker 20-25% av hogstområdet (Prescott et al. 2000). Dette kan i sin tur påvirke jordas evne til å holde vann, rottilvekst, og jordvannkjemi (Ballard 2000). Erosjon kan bli et problem i områder med mye nedbør og bratt terreng, spesielt om tunge

hogstmaskiner blir brukt eller om omløpstiden er kort (Worrell og Hampson 1997). Anlegging av driftsveier i bratt terreng kan lede til økt erosjon. I visse områder, for eksempel på Vestlandet, skulle for eksempel stubbfjerning kunne øke risikoen for erosjon, eventuelt også jordras.

7.2.1.4 Effekter på utvaskings- og avrenningsvann

Jordvannskjemien i skogsjord er påvirket av hogst, med økt utvasking av næringsstoffer som nitrogen og basekationer etter hogst. For eksempel Hu (2000) fant høyere nitrat- og kaliumkonsentrasjoner i jordvann fra mineraljorda 2-3 år etter hogst og Piirainen et al. (2004) observerte at fosforfluksen under det organiske sjiktet økte tre ganger og basekationfluksen økte to ganger etter konvensjonell hogst. Denne utvasking er motvirket av tilvekst, dels av grunnvegetasjon (Fahey et al. 1991, Palviainen et al. 2005), og dels av nye skogtrær.

Fjerning av hogstrestre påvirker jordvann: redusert konsentrasjoner av nitrat, ammonium og kalium har blitt observert (Staaf og Olsson 1994). Der stubber har blitt fjernet, fant Staaf og Olsson forhøyde ammoniumkonsentrasjoner i to år: Etterpå var det to år med forhøyde nitratkonsentrasjoner og surhet. Effektene var bare midlertidige: Etter fire år var det ikke noen stor forskjell mellom flater med konvensjonell hogst, heltrehogst, og heltrehogst sammen med fjerning av stubber.

Vann som rinner av fra hogstflater kan også bli påvirket av hogst. Haveraaen (1981) observerte at hogst førte til ca. 30% høyere avrenning fra en østnorsk barskog. Hogsten påvirket også vannkvaliteten idet tapet av nitrogen økte med opp til 6 ganger (fra 1,5 til 7-9 kg/ha), mestedelen (omtrent 6 kg/ha) som nitrat. Tilsvarende økninger for kalium var fra 2 til 12-13 kg/ha, for svovel i formen sulfat fra 18 til 24 kg/ha og for klorid fra 16 til 35 kg/ha (Haveraaen 1981). Fjerning av hogstrestre skulle eventuelt kunne redusere avrenning av disse og andre element.

Om erosjon skulle øke som et resultat av økt hogst, kan dette påvirke vannkvalitet nedstrøms, for eksempel gjennom økte jordmengder i vannet. Dette kan i sin tur påvirke for eksempel formering av fisker (Nisbet 2001).

7.2.1.5 Effekter på organismer: Biologisk mangfold

Økt uttak av biomasse fra skogene kan ha konsekvenser for biologisk mangfold, områdenes egnethet til friluftsliv og kanskje også for bevaringen av kulturminner og kulturelt betingede naturmiljøer. Av disse er hensynet til biologisk mangfold sannsynligvis det som gir de største utfordringene. Betydningen av skog i klimasammenheng er også et sentralt og viktig tema, som bare blir behandlet veldig kort i denne utredningen. I løpet av høsten kommer det en utredning fra institusjonene i Ås-miljøet, der blant annet skog og klimagasser blir grundig gjennomgått ("Kunnskapstatus og forskningsbehov – klimagasser og bioenergi").

Norge har sluttet seg til det internasjonale målet om å stanse tapet av biologisk mangfold innen 2010 (Stortingsmelding 26 (2006-2007)). Det er imidlertid ikke dokumentert at skogbruket har bidratt til å utrydde arter. Dersom stadig mer biomasse fjernes fra skogene, og flere arealer blir brukt aktivt til biomasseproduksjon, kan dette komme i konflikt med hensynet til biologisk mangfold. Også hensynet til friluftsliv og kulturminner kan bli utfordret.

Norsk miljøpolitikk er ambisiøs med hensyn på biologisk mangfold: Et representativt utvalg av norsk natur skal vernes. I truede naturtyper skal inngrep unngås, og i hensynskrevende naturtyper skal viktige økologiske funksjoner opprettholdes. Kulturlandskapet skal forvaltes slik

at kulturhistoriske og estetiske verdier, biologisk mangfold og tilgjengelighet opprettholdes. Høsting og annen bruk av levende ressurser skal ikke føre til at arter eller bestander utrykkes eller trues. Organismer som ikke hører naturlig hjemme i økosystemene, skal ikke skade eller begrense økosystemenes funksjon. Truede arter og ansvarsarter skal være på livskraftige nivåer.

Tiltak for å ta hensyn til artsmangfoldet i skog er hjemlet på tre nivåer: vern av skog (etter Naturvernloven), avsetting av viktige områder for biologisk mangfold (BVO), og generelle hensyn av typen kantsoner, evighetstrær, og forlenget omløpstid (Levende Skog standarder). Pålagt registrering av spesifiserte miljøer i skogbruksplanleggingen og en oppfølging fra Landsskogtakseringen er nyttig virkemiddel til å vurdere utviklingen i miljøforholdene. For å vurdere konsekvensene av økt uttak av biomasse, trenger vi pålitelig informasjon om arter og naturtyper, og et tilstrekkelig faktagrunnlag med utgangspunkt baser på kartlegging og overvåking. Det er derfor utviklet metoder for å kartlegge naturtyper og livsmiljøer som indirekte sier mye om artenes representasjon. Kartlegging av naturtyper foregår i offentlig regi ved at kommunene kartlegger naturtyper etter instruks fra Direktoratet for Naturforvaltning. Data fra denne kartleggingen er tilgjengelig i "Naturbase". På eiendomsnivå foregår kartleggingen i hovedsak gjennom skogbruksplanlegging i form av registrering av livsmiljøer i henhold til MiS-instruks utarbeidet av Skog og landskap. I tillegg er det på enkelte større skogeiendommer registrert nøkkelbiotoper tidligere. MiS-metodikken er nå innarbeidet i Landsskogtakseringen slik at man får nasjonal og regional representativ statistikk for omfang og kvalitet av livsmiljøene. I tillegg til MiS-metodikken registrerer Landsskogtakseringen viktige aspekter som kantsoner og livsløpstrær.

Ut fra veldokumenterte økologiske sammenhenger må vi regne med at det skjer en kontinuerlig utskiftning (tap, innvandring og nykolonisering) blant de sjeldneste artene. For å kunne si noe sikkert om utviklingen av artsmangfoldet må det gjennomføres en systematisk overvåking. Dette er arter på rødlisten som finnes i skog i Norge i dag, men som vil kunne stå i fare for å dø ut i framtida hvis det ikke tas hensyn. For skogarealene vil det derfor være mer korrekt å snakke om å hindre framtidig utarming av artsmangfoldet enn å stanse tapet.

Skogbruk er sannsynligvis den viktigste påvirkningsfaktoren for arter som lever i skog. Det er derimot vanskelig å dokumentere at skogbruket faktisk utøver en systematisk trussel for mange av artene på rødlista, fordi det mangler datamateriale som viser dette. Vi har ikke gjort en detaljert vurdering av rødlisten fra 2006, men totalt er det rundt 3.800 arter på listen. Mest sannsynlig er nå antallet rødlistearter som anses å være negativt påvirket av skogbruk oppe i rundt 300, og omtrent 150 av disse er vurdert å være truet av biotopmangel (Jørund Rolstad, pers.medl.). Skogbruket utgjør sannsynligvis en systematisk trussel overfor disse artene fordi biotopene i liten grad finnes i intensivt drevne skoglandskap. For disse rødlisteartene er det ikke tilstrekkelig med generelle hensyn, det trengs spesielle tiltak som ivaretar en definert biotopkvalitet.

De resterende 150 rødlisteartene er vurdert å være truet av substratmangel. Skogbruket utgjør sannsynligvis også en systematisk trussel for disse på grunn av at disse livsmiljøene i liten grad finnes i intensivt drevne skoglandskap. Disse artene er mindre avhengig av miljøet omkring, bare substratet (død ved, gamle trær) er tilstede.

Bærekraftig skogbruk forutsetter en økende innretting også mot bevaring av biologisk mangfold. Oppfølgingen av skoglovgivningen forutsetter tiltak som MiS-registrering for å etterleve Levende Skog-standarder ved identifisering av Biologisk Viktige Områder (BVO). Det er imidlertid umulig for skogeiere og skogforvaltere å kjenne igjen alle arter og ta hensyn til dem i planleggingen. Praktisk forvaltning må derfor rettes inn mot spesielle skogsmiljøer der vi vet at mange sjeldne arter lever.

Et økt uttak av biomasse fra skog forutsetter at de aktuelle verktøy for bevaring av biologisk mangfold utvikles og benyttes kontinuerlig etter hvert som presset på skogområdene øker. I våre anslag over tilgjengelig biomasse i kapittel 2, er det mest realistiske anslaget basert på 10 % reduksjon av hensyn til biologisk mangfold og verneverdier. Det er betydelige arealer (rundt 15 % av skogarealet) som i dag ikke er økonomisk drivverdige (nullområder). Disse områdene ”verner seg selv” under det pris- og kostnadsnivået som eksisterer i dag. Økt bruk av biomasse vil endre markedsforholdene, og ”nullområdene” omfang avtar. En aktiv oppfølging av bærekraftkonseptet parallelt med en økning av biomasseuttaket, blir avgjørende for å ta tilstrekkelig hensyn til biologisk mangfold.

Forutsetningene for forvaltning av skog, inkludert hensynet til biologisk mangfold, følger av politikken på mange områder. Det fremgår av flere Stortingsmeldinger (St. meld 26 (2006-2007), St.. meld 34 (2006-2007) at det er stor oppmerksomhet på de innebygde målkonflikter. De tiltak som er skissert, og til dels satt i verk, vil være nødvendige og tilstrekkelige de nærmeste årene. Presset på naturressursene blir eventuelt en konsekvens av å lykkes med målene for bruk av bioenergi, og avhengig av nivået på uttak av biomasse, må virkemidlenes samtidige virkemåte vurderes fortløpende.

7.2.1.6 Effekter på skadeorganismer

Fjerning av biomasse påvirker ved- og barklevende organismer, inklusiv skadeinsekter som barkbiller. Umiddelbar fjerning av hogstavfall, eller flising av ved, kommer å redusere muligheter for formering av skadeinsekter. Om veden er stablet, blir mengden av ved som blir kolonisert redusert, fordi de indre delene av haugen blir mindre kolonisert enn de ytre delene (Schroeder 2007). For å redusere risikoen for barkbilleangrep på levende trær, bør hauger med hogstavfall ikke bli plassert i eller nære til levende bestand. Man bør være spesielt forsiktig med midlertidig lagring i hauger som inneholder ved > 10 cm der bakgrunnsnivået av skadeinsekter er høy, for å begrense risikoen for utbrott (Stupak et al. 2007).

Økt behov av tømmer til bioenergi kan lede til økt import. Import av tømmer fra andre land innebær risikoen for innførsel av fremmede arter, inklusive skadegjørere (Økland 2002, 2004). Undersøkelser har vist at mange arter av sopp, insekter og karplanter følger med tømmertransport (Økland 2002, 2004). Økland (2002) skriver at fire grupper av importerte arter kan tenkes å få uheldige effekter: (1) Arter som allerede finnes i Norge, men der fremmede gener kan bli tilført, (2) nye arter som kan bidra til endring av artsammensetningen, (3) nye arter som kan bli skadegjørere under nye betingelser, og (4) nye arter som er skadegjørere i opphavsområdene.

7.2.1.7 Sammenfatning

Risikoen for langtidstap av næringsstoffer etter konvensjonell hogst virker normalt å være lav under norske forhold, så lenge omløpstiden er lang nok, men på kort sikt kan det oppstå mangel av P eller basekationer. Økt uttak av biomasse, for eksempel med bruk av heltrehogst isteden for konvensjonell hogst, fjerner større mengder næringsstoffer fra skogen. Dette skulle kunne lede langsiktig til redusert tilvekst. I mange tilfellen, kan det bli nødvendig med kompensasjonsgjødsling. Det er mulig å bruke vedaske til dette, eventuelt kombinert med nitrogengjødsling der nitrogendeposisjon ikke er høy nok til å erstatte det som er tapt. Om asken blir behandlet før spredning, er risikoen liten for negative effekter.

Hogst påvirker elementkonsentrasjoner i jordvann i flere år etter hogsten. Mengden avrenningsvann øker etter hogst, og eksport av flere næringsstoffer, inklusive nitrogen og

kalium, øker også. Det trengs forsiktighet med økt hogst i områder med bratt terreng og høy nedbør, for å ikke øke risikoen for erosjon.

Endringer i biologisk mangfold skulle kunne forekomme, grunnet fjerning av levesteder for blant annet insekter, små pattedyr og sopp, eller endringer i næringsstatusen. Det finns altså potensiell for konflikt mellom målet å øke bruk av bioenergi og målet å bevare den biologiske mangfoldet. Når det gjelder vedlevende insekter, er risikoen nok mindre med fjerning av bartrær enn med fjerning av løvtrær, spesielt sørlige løvtrær og osp. Forsiktighet er viktig i skog nære til 'hot spots' for biodiversitet. Uansett, bør en viss mengde død ved bli igjen i skogen. Endringer i grunnvegetasjonen forekommer, men undersøkelser som er gjort viser til motstridige resultat, sannsynligvis primært grunnet forskjell mellom flatene. Fjerning av biomasse fjerner også levesteder til flere skadeinsekter. Import av tømmer innebærer risikoer, både for import av skadeorganismer og for det biologiske mangfoldet.

Det er viktig at man følger de retningslinjer som finnes for bruk av biomasse fra skog til bioenergi, inklusiv for bruk av vedaske. I Norge finns den nylig revidert 'Levende Skog'-standard (Levende Skog 2007), der retningslinjer for en bærekraftig skogbruk er tatt frem. Retningslinjer som er utarbeidet i andre sammenligningsbar land (for eksempel Sverige, Finland og Storbritannia) kan også være interessante for norske forhold.

7.2.2 Jordbruket

Den største råstoffkjelda fra landbruket er halm, og det knytter seg stor usikkerhet til de langsiktige konsekvensene av fjerning av halm med hensyn på næringsstatusen i matjorda generelt og karbonlageret spesielt. Det finnes ikke sikre data på total halmavling og hvor stor del av den som har vært brukt, men utnyttinga av halmen de siste 30 årene har vært relativt liten i forhold til produksjonen. Mye av næringsstoffene i halmen har således blitt tilbakeført til jorda ved at halmen har blitt pløyd ned eller brent. Dersom en større del av halmen blir fjernet fra jordet, vil dette på sikt kunne føre til reduksjon av det organiske materialet i jorda og deler av karbonet i matjorda kan bli frigjort og havne som klimagass i atmosfæren. For å kunne gi sikrere svar på hvor stor andel av halmen som kan fjernes fra jordet uten at det går på bekostning av jordas langsiktige bærekraft trenger vi ny kunnskap både om årlige halmavlinger og konsekvensene av fjerning av halm på innholdet av organisk materiale jord og klimagasser. Det er gjort lite når det gjelder bærekraftsanalyser for ulike produksjoner i norsk landbruk. Dette gjelder også oljevekster som trolig er den viktigste potensielle veksten for biodrivstoffproduksjon i Norge. Vi vet at det kreves relativt mye energi til dyrking av oljevekster, og effekten på CO₂ utslippet er mindre enn for flerårige vekster som for eksempel sukkerrør. I de fleste utenlandske undersøkelser gir likevel diesel produsert fra raps mindre CO₂ utslipp enn petroleumsdiesel. I en undersøkelse foretatt av EU kommisjonen var CO₂ utslippet fra diesel fra raps 36 % sammenlignet med vanlig diesel. Det blir i alle fall viktig å utvikle dyrkingsmetoder som krever minst mulig energi fra gjødsel og maskinbruk.

Oljevekster har kraftige og dyptgående rotsystem og har stor evne til å ta opp næringsstoffer i jorda om høsten. De fungerer således som effektive fangvekster for nitrogen. Et godt etablert bestand av høstoljevekster vil også kunne redusere faren for jorderosjon. Ved rett dyrkingsteknikk og balansert gjødsling vil en økning av oljevekstarealet som foreslått her, trolig ha liten effekt på miljøet i forhold til nåværende arealbruk.

7.2.3 CO₂ og karbonbinding

Organisk stoff i jord er svært viktig fordi den inneholder mange næringsstoffer og bidrar til bibeholding av vann. I tillegg er jorda, i boreale skoger, oftest det største lageret med karbon, og

er derfor viktig for sekvestrering av karbon. Derfor er det ikke nok å bare ta hensyn til tømmeret da man regner effekten av økt bioenergi bruk på karbonflukser: Man må også ta hensyn til endringer i jordas karboninnhold.

Det er velkjent at karbonmengden i jordas organiske sjikt blir ofte redusert etter hogst (for eksempel, se Covington (1981), der mengden av organisk stoff i det organiske sjiktet ble halvert i løpet av 15 år). Etterpå vokser ny skog og karbonmengden i jorda øker igjen i mange tiår: Den forventende tiden for denne økning varierer fra under 5 til 80 år (Prescott et al. 2000). På Nordmoen fant Clarke et al. (2007) at karboninnholdet i det organiske sjiktet økte med alder når alderen var over 30 år; forskjellen var dog ikke statistisk signifikant (Tabell y). I mineraljorda var det ingen tydelig mønster, og her også var det ikke noen signifikant forskjell (Clarke et al. 2007, Tabell z). Også Hu (2000) fant ingen signifikant endring i jordas organisk stoff 2-3 år etter konvensjonell hogst på tre flater på Østlandet: Denne tidsperiode er dog mye kort og signifikante endringer skulle ha kunnet oppstå seinere.

Tabell 24. Karbonlager i jord på fire granbestand med forskjellig alder på Nordmoen

	Bestandsalder (år)			
	10	30	60	120
Gjennomsnittlig C i O-sjiktet (kg C/m ²)	2,7	2,3	3,5	5,2
Gjennomsnittlig C i mineraljord (0-100 cm) (kg C/m ²)	6,2	6,4	6,8	6,2

Kilde: Data fra Clarke et al. (2007)

Reduksjonen i karboninnholdet i det organiske sjiktet etter hogst er ofte forklart med lavere karbontilførsel til jorda etter hogst (for eksempel tilførsel av nåler og blad slutter i stor grad sammen med økt nedbryting av organisk stoff som et resultat av høyere jordtemperaturer når jordoverflaten blir eksponert til solen. Andre har funnet at nedbryting blir redusert etter hogst, i hvert fall når det gjelder strø på overflaten (Yanai et al. 2003). Andre faktorer som mekanisk blanding av organisk og mineraljorda under hogst skulle også kunne ha betydning (Ryan et al. 1992, Yanai et al. 2003).

Det viser seg at effekten av økt biomasseuttak på jordas karboninnhold varierer, og er annerledes i mineraljorda enn i det organiske sjiktet. I to svenske granbestand, ble totalinnholdet av karbon og nitrogen redusert 15-16 år etter hogst, med 17-22% for karbon og 13-22% for nitrogen (Olsson et al. 1996b). Hele reduksjonen var i det organiske sjiktet: I mineraljorda økte karbon- og nitrogeninnholdet i mange tilfellen. I et sørlig furubestand ble det ingen endring i totalinnholdet av karbon og nitrogen, mens i et nordlig furubestand ble karboninnholdet redusert med 7% og nitrogeninnholdet økte med 7%. Ingen allmenn effekt av hogstintensitet ble funnet, men flatespesifikke effekter ble sett for nitrogen (Olsson et al. 1996b). I et forsøk på to danske granplantasjer, ble karboninnholdet i det organiske sjiktet på en flate upåvirket av hogstintensitet, mens på den andre flate ble det redusert med 35% der GROT ble tatt bort, sannsynligvis grunnet redusert tilvekst (Vesterdal et al. 2002). I dette forsøket ble det ingen forskjell i karbonmengden i mineraljorda som kunne bli forklart med fjerning av GROT. Johnson og Curtis (2001) sammenfattet resultater fra 26 studier fra forskjellige verdensdeler, inklusive skogøkosystemer som er helt forskjellige fra de norske. Etter heltrehogst ble den øvre mineraljordas karboninnhold redusert med i gjennomsnitt 6%, mens det økte etter konvensjonell hogst med i gjennomsnitt 18%: Denne økning ble observert mest blant barskogbestand. Sammenlignbare tall ble funnet for nitrogeninnholdet.

Oppsummert er skogsjord er viktig for karbonsekvestrering. En reduksjon i karboninnholdet i jordas organisk sjikt, men ikke i mineraljorda, er ofte sett etter hogst. Det tar mange tiår for karbonlagret i det organiske sjiktet å nå samme størrelsen som før hogst. Effekten av hogstintensitet virker å variere: På visse flater kan det bli en reduksjon i karboninnholdet i det

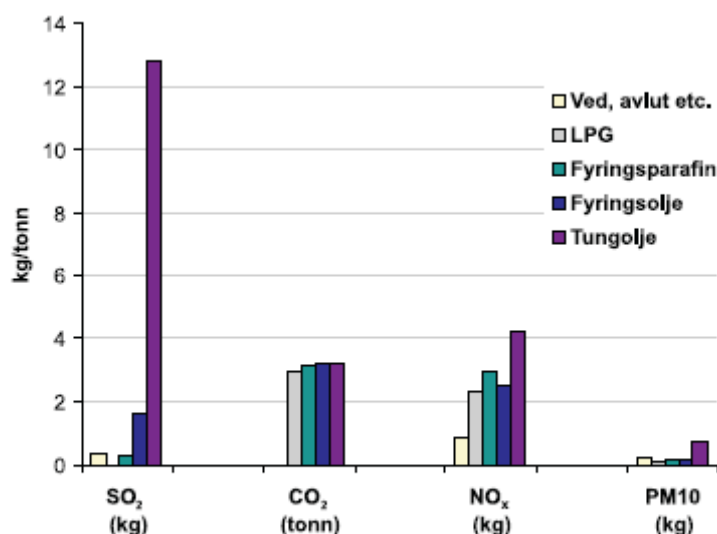
organiske sjiktet etter heltrehogst sammenlignet med konvensjonell hogst, mens på andre flater blir det ingen forskjell.

7.3 Miljøvirkninger knyttet til bruk av energi

Utslippene fra stasjonær forbrenning kommer fra mange ulike energikilder i mange ulike anvendelser. For eksempel benyttes søppel, fyringsolje, biomasse og gass i fjernvarmeanlegg. I industrien brukes tungolje, fyringsolje, naturgass, kull og koks, mens blant annet treforedling bruker mye treavfall og avlut i sin virksomhet.

Oljefyring gir utslipp av svoveldioksid (SO₂), karbondioksid (CO₂), nitrogenoksider (NO_x), samt noe svevestøv/partikler (PM). Utslipp fra oljefyring er avhengig av hvilke teknologier og brenslere som benyttes. Størrelse og alder på fyrkjelen og kvalitet på brenselet er viktige faktorer. Med biomasse menes primært ved, treavfall, bark og avlut, samt kommunalt avfall fra husholdninger og næringer som brukes i produksjon av fjernvarme. Forbrenning av biomasse gir utslipp av polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH), partikler (PM), nitrogenoksider (NO_x), karbonmonoksid (CO) og benzen. Hvor mye som slippes ut, og skadevirkningene av utslippet, avhenger av flere faktorer. De viktigste faktorene er om brenselet er vått eller tørt, type ovn, og om man fyrer med mye eller lite trekk.

Det vises til bl.a. SSBs Naturressurser og Miljø 2006 og til OED (2006) for nærmere beskrivelse av utslippene fra bruk av energi, både knyttet til biobrensel og til andre energibærere som økt bruk av biobrensel kan forenne. Bl.a. pekes det her på at utslipp fra vedfyring er en viktig kilde til nasjonale utslipp av blant annet svevestøv, tungmetaller, PAH og dioksiner. Statistisk sentralbyrås tall for utslipp til luft viser at vedfyring bidrar med om lag to tredeler av alt svevestøvutslipp (PM10) i Norge. Årsaken til at vedfyringen bidrar så mye til disse utslippene, er at mesteparten av veden brennes i gamle vedovner, og at disse ovnene slipper ut anslagsvis fem ganger så mye svevestøv som nye. Utskifting av eldre vedovner med pelletsaminer eller nye "rentbrennende" vedovner vil føre til en merkbar reduksjon i disse utslippene.



Figur 90. Utslipp til luft fra kjele (kg/tonn brensel)

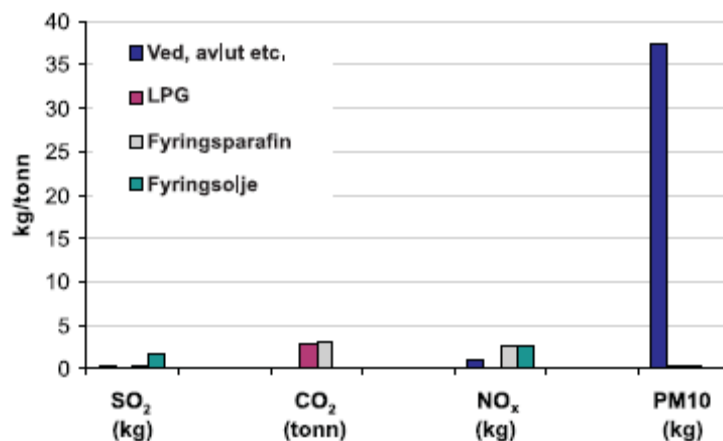
Kilde: OED, 2006 på grunnlag av SSB

Tabell 25. Utslipp av utvalgte stoffer i Norge i 2004* (1000 tonn)

	CO ₂	SO ₂	NO _x	Partikler (tonn)	PAH	nmVOC
Utslipp i alt	43827	25,3	214,8	61,5	152,7	265,2
Prosessutslipp	8433	14,7	10,7	12,5	83,1	202,7
Mobil forbrenning	16117	4,4	145,7	4,7	11,0	49,0
Stasjonær forbrenning	19 278	6,1	58,4	44,2	58,7	13,5
- ved/treavfall/avlut og pellets	0	0,6	2,8	41,3	53,7	10,5
- gass (inkl. naturgass, LPG, deponigass, brenngass og jernverksgass)	14 852	0,0	44,1	0,7	0,1	1,6
- diesel-, gass- og lett fyringsolje, spesialdestillat	2 467	1,2	6,5	0,2	0,2	0,6
- avfall (brukt i fjernvarmeanlegg)	194	0,2	0,8	0,0	0,7	0,5
- andre kilder	1765	4,0	4,0	2,0	4,0	0,2

* foreløpige tall

Kilde: OED, 2006 på grunnlag av SSB



Figur 91. Utslipp fra småovner (kg/tonn brensel)

Kilde: OED, 2006 på grunnlag av SSB

7.4 Næringsmessige konsekvenser

Det kan anføres en rekke næringsmessige konsekvenser knyttet til økt produksjon og forbruk av bioenergi. Det relateres ofte til sysselsettingsmessige virkninger i områder hvor det er behov for attraktive nye jobber og for å opprettholde bosetting og sysselsetting på sikt. Dette er primært knyttet til råstoffuttak og logistikk.

De næringsmessige konsekvensene av en økt satsing på bioenergibruk er dermed i stor grad avhengig av at den økte etterspørselen retter seg mot norsk råstoff, og utløser økt råstoffuttak. Dette kan stimuleres gjennom skogbruksrelaterte virkemidler.

Som det har fremgått foran vil en betydelig økt satsing på bioenergi forandre økt massevirkepris og økt avvirkning og således ha positiv virkning for skogbruksnæringen. Det samme gjelder for trelastindustrien gjennom økt etterspørsel og pris på biprodukter. Siden tømmeravvirkning er en form for sammenkoplet produksjon av sagtømmer og massevirke vil tilbudet av sagtømmer øke

og sagtømmerprisen forventes å bli redusert gjennom den økte etterspørselen etter massevirke. Dermed får trelastindustrien gevinst i begge ender: lavere råstoffkostnad og høyere pris på biproduktene. Noe av de samme effekter vil det kunne være for de deler av trevareindustrien som videreforedler trelast og selv har egne biprodukter. Klimameldingens mål om økt bruk av trevirke i bygninger som klimatiltak trenger derfor ikke å være i konflikt med mål om økt bruk av biobrensel.

Økt konkurranse om trevirke som følge av økt etterspørsel etter biobrensel vil derimot kunne ha negative konsekvenser for andre industrinæring. Plateindustrien har tradisjonelt vært mottaker av flis og spon fra trelast-/trevareindustrien. Med økt konkurranse kan, avhengig av industriens evne til å møte eventuelle økte råstoffkostnader, plateindustrien kunne få en utvikling som i Sverige med nedbygging av kapasitet. Treforedlingsindustrien som er mottaker av massevirke og celluloseflis kan på samme måte kunne oppleve økt konkurranse om råstoffet. Imidlertid importeres det i dag store kvanta både massevirke og celluloseflis som kan, avhengig av prisnivået og kvaliteter, substitueres med innenlandsk råstoff.

Jordbruket vil kunne bli både råvareleverandør og produsent av biodrivstoff. Det mest aktuelle innen produksjon synes å være gassproduksjon med basis i husdyrgjødsel og energivekster som gras og mais. Dette kan bli en viktig tilleggsnæring for større husdyrprodusenter. Trolig vil det ikke bli mange nye arbeidsplasser av det, men i alle fall vil råvareleveranser til biodiesel- og etanolproduksjon og produksjon av biogass kunne være med å opprettholde arbeidsplasser i jordbruket.

Etablerte og nye biodiesel fabrikker her i landet er i startfasen basert på importerte råvarer. På kort sikt betyr de således lite for arbeidsplasser ute i distriktene, men dersom vi greier å etablere en konkurransedyktig råvareproduksjon vil disse fabrikkene bli viktige kunder for norsk jordbruk. Hvis det blir aktuelt med norsk produksjon av etanol til drivstoff vil det trolig være aktuelt å knytte denne til Norske potetindustrier sine spritfabrikker, og dette vil kart være med å sikre arbeidsplasser i denne industrien som ligger i Oppland, Hedemark og Nord-Trøndelag.

Da de mest aktuelle råvarene fra jordbruket er knyttet til dyrking av korn og oljevekster, vil produksjonen i hovedsak komme fra korndistriktene på Østlandet og i Trøndelag. Klimatiske begrensninger gjør at tyngden av oljevekst dyrkingen vil bli i fylkene rundt Oslofjorden.

Tidligere studier har anslått sysselsettingseffekten til å være i størrelsesorden 3-400 nye sysselsatte pr. TWh innfyrt. Dette tallet kan imidlertid godt beregnes å bli høyere dersom en tar utgangspunkt i tall for sysselsetting i berørte næringer eller lavere dersom en regner med at bioenergiproduksjon fortrenger sysselsetting i andre næringer – i hvert fall dersom man ser Norge under ett:

Norsk Bioenergiforening anslår 300-400 nye, permanente arbeidsplasser per TWh i årlig uttak av biomasse. Siden mye av arbeidet med bioenergi skjer lokalt, som høsting, flising og transport, vil sysselsettingen i stor grad komme i distriktene. Sosiale fordeler lokalt ved bruk av bioenergi vil dermed bli høyere enn ved bruk av tradisjonelle energikilder.

I PFI m.fl. (2007) pekes det på at økte leveranser av bioenergi generelt vil gi grunnlag for næringsutvikling knyttet til investeringer, drift og produksjon. Det forventes en netto økt sysselsetting gjennom økt energiproduksjon fra biomasse fordi:

- Produksjon av bioenergi er mer arbeidsintensiv enn konvensjonell energiproduksjon.
- Økt produksjon av bioenergi synes i noen grad å være mulig uten å redusere sysselsetting i annen landbruks- og skogbruksvirksomhet.

PFI m.fl. (2007) peker videre på at et anlegg for produksjon av andre generasjon biodiesel eller bioetanol med en kapasitet på 100 millioner liter per år vil skape 40-50 arbeidsplasser. Et slikt

anlegg vil trenge ca 2 TWh biomasse per år. Det vil si at denne typen industriell foredling av biomasse gir 20-25 arbeidsplasser per TWh. Dette bekrefter at mesteparten av arbeidsplassene kommer desentralisert i forbindelse med avvirkning og transport.

Inklusive utbyggingsfasen opererer Østlandsstudien (Birkeland m.fl, 2005) med 300 til 1000 arbeidsplasser per TWh bioenergi.

I TERES II-prosjektet (he European Renewable Energy Study II, Energy for Sustainable Development Ltd., ALTENER Programme, 1996) er det gjort beregninger på netto økt sysselsetting som følge av økt produksjon av fornybar energi. Her er både direkte og indirekte sysselsettingseffekter beregnet, inkludert reduksjon i arbeidsplasser i andre energisektorer. Hoveddelen av den økte sysselsettingen vil være innen bioenergi, med 250-450 arbeidsplasser per TWh.

I distriktpolitisk sammenheng er det relevant at jordbruk, skogbruk og trelastindustri, er av våre mest distriktsbaserte næringer, jf. tabellen under, mens de positive effekter knyttet til transport og forbrenning først og fremst il forventes å gjelde i sentrale strøk.

Tabell 26. Andel sysselsatte i utvalgte innenfor distriktpolitiske virkeområde i 2005

	Norge	Herav innenfor distrikts- politisk virkeområde		LQ Distrikt
1 Jordbruk	57 112	31 763	55,6 %	3,8
2 Skogbruk	6 046	3 091	51,1 %	3,2
15 Trelast- og trevareindustri	15 709	7 529	47,9 %	2,8
16 Treforedling	7 251	261	3,6 %	0,1
33 Møbelindustri	8 752	3 594	41,1 %	2,1
Alle næringer	2 280 526	567 422	24,9 %	1,0

Kilde: PANDA

8 Rammebetingelser og virkemidler for bruk av bioenergi

8.1 Hvorfor ha en strategi og virkemiddelbruk for bioenergi?

Rasjonalet for en offentlig inngripen i energimarkedene har tradisjonelt vært begrunnet ut fra markedsimperfeksjoner av ulike slag, dvs. at det er nødvendig med offentlig inngripen for å kunne sikre en samfunnsøkonomisk rasjonell utnyttelse av energiressursene og å redusere negative miljøkonsekvenser av energibruken.

Slike imperfeksjoner kan være i form av negative miljøkonsekvenser, monopolistopptreden m.v. som innebærer at ressursbruken ikke blir samfunnsøkonomisk rasjonell selv om aktørene har god informasjonstilgang og foretar handlinger som er privatøkonomisk lønnsomme. Videre kan det være informasjonssvikt eller andre forhold som hindrer aktørene fra å gjennomføre handlinger som er privatøkonomisk lønnsomme, og dermed normalt også samfunnsøkonomisk lønnsomme.

Når det gjelder bioenergi er markedssvikten (trolig) bare delvis knyttet til produksjon og bruken av bioenergi, men heller mangelfull internalisering av miljøkostnader for andre energibære. Den mest øyefallende markedssvikten gjelder manglende og for svak prising av CO₂-utslippene i forhold til kravene som må stilles for å nå klimakonvensjonens målsettinger. Normalt bør imidlertid slike imperfeksjoner i andre markedet enn bioenergi markedet søkes korrigert gjennom virkemidler i disse markedet for at de ønskede miljø- og energipolitiske mål skal kunne nås med størst mulig grad av sikkerhet (styringseffektivt) og til lavest mulig kostnad for samfunnet (kostnadseffektivt).

Det synes derfor mest rasjonelt å prise miljøkostnadene ved forbrenning av fossile brensler gjennom miljøgraderte brenselavgifter, eventuelt supplert med mer tradisjonelle miljøpolitiske reguleringer, og for å håndtere hensynet til naturinngrep ved kraftutbygging gjennom konsesjonsbehandlingen.

Økt bruk av bioenergi medfører også negative eksterne kostnader på miljøsidene. Man bør derfor bruke virkemidler som direkte reduserer disse konsekvensene.

Eventuelle markedsimperfeksjoner knyttet til markedsmakt håndteres best ved tiltak som reduserer denne, mens svakheter/skjevheter i informasjonsflyten kan håndteres gjennom informasjonstiltak. Heller ikke det påviselige faktum at investeringer i energiomlegging ofte ikke gjennomføres uten en avkastning vesentlig over gjeldende og forventet rentenivå, er i seg selv en markedsimperfeksjon som fordrer offentlig inngripen. Årsakene til høye avkastningskrav kan være mange. F.eks. kan manglende kompetanse vedrørende, og tillit til, tradisjonelle lønnsomhetsberegninger være en forklaring, streng kredittrasjonering fra

kredittinstitusjonenes eller eventuelle (bedrifts)eieres side en annen, og stor risiko knyttet til fremtidig nettoinntekt fra prosjektet kombinert med risikoaverse aktører en tredje forklaring. Det er ikke uten videre irrasjonelt av personer og bedrifter å ta slike hensyn. Ser en på renta som et uttrykk for samfunnets alternative avkastning av kapitalen, vil imidlertid bruk av avkastningskrav som er vesentlig høyere enn rentenivået gi et lavere investeringsnivå enn hva som tilsynelatende er samfunnsøkonomisk lønnsomt. Hvis ikke "feiltilpasningen" er påviselig større ved investeringer i energiomlegging enn ved andre typer investeringer, er imidlertid dette mer et generelt problem knyttet til forhold som håndtering av usikkerhet, kapitalmarkedenes virkemåte og enkeltpersoners/bedrifters kompetanse. I så fall er det tvilsomt om selektive tiltak overfor en bestemt form for investering vil bidra til bedre samfunnsøkonomisk ressursbruk fordi dette kan fortrenge andre typer investeringer med større lønnsomhet.

En alternativ tilnærming til utvikling av strategier og virkemidler på bioenergiområdet med utgangspunkt i påviselige markedsimperfeksjoner, er å styre etter politisk omforente kvantitative mål som kan forutsettes å være basert på en totalavveining av ulike samfunnshensyn, herunder internasjonale forpliktelser.

I denne utredningen har vi derfor hatt hovedfokus på de uttalte mål som Regjeringen har uttrykt på bioenergiområdet og drøftet realisme og nødvendige virkemidler for å nå disse. Det mest sentrale mål i så måte er målet i Klimameldingen om at: *Regjeringen vil sikre målrettet og koordinert virkemiddelbruk for økt utbygging av bioenergi med inntil 14 TWh innen 2020.*

Godtas dette målet som premiss for bioenergi strategien blir utfordringen å finne strategier og virkemidler som gjør at målet nås med størst mulig grad av sikkerhet (styringseffektivt) og til lavest mulig kostnad for samfunnet (kostnadseffektivt).

8.2 Generelle vurderinger

I drøftingen av virkemidler har en lagt til grunn at bruken av biobrensler skal bidra til en langsiktig miljøvennlig, sikker og kostnadseffektiv energiforsyning. Dessuten at man ønsker å ta hensyn til positive og eventuelt negative nærings og distriktspolitiske konsekvenser. Med dette som utgangspunkt vurderes en mulig virkemiddelbruk og de ulike kvantitative målsettingene som er kommet til uttrykk i offentlige dokumenter.

Videre vurderes hvilken dosering og hvilket knippe av virkemidler som vil resultere i aktuelle målsettinger for bioenergi.

8.3 Rammebetingelser som påvirker produksjon og bruk direkte

8.3.1 Skatter og avgifter

I dag fremmes bruk av biobrensler først og fremst gjennom avgifter og direkteregulering i investering og bruk av andre energibærere og former. Disse tiltakene dreier etterspørselen over mot biobrensler og andre miljøvennlige energiløsninger.

Gjeldende avgiftene på olje og elektrisitet og forslaget for 2008, herunder prosentvis endring er gjengitt i tabellen under.

<i>Avgift på elektrisk kraft, øre/kWh</i>	2007	2008	Økn %
Generell sats	10,23	10,50	2,6
Redusert sats	0,45	0,45	-
<i>Avgift på mineralske produkter</i>			
<i>Grunnavgift på fyringsolje mv.</i>			
Mineralolje, kr/liter	0,429	0,845	97,0
Mineralolje i treforedlingsindustrien, kr/liter	-	0,120	-
<i>CO₂-avgift</i>			
Petroleumsvirksomhet, kr/liter el. Sm ³	0,80	0,45	-43,8
Mineralolje, kr/liter	0,54	0,55	1,9
Mineralolje i innenriks luftfart, kr/liter	0,54	0,65	20,4
Mineralolje i treforedlings-, sildemel- og fiskemelindustrien, kr/liter	0,27	0,28	3,7
Bensin, kr/liter	0,80	0,82	2,5
Naturgass, kr/Sm ³	0,47	0,48	2,1
LPG, kr/kg	0,60	0,62	3,3
Svovelavgift, kr/liter	0,07	0,072	2,9

Som det framgår ønsker man å øke grunnavgiften på mineralolje med 40, 5 øre literen slik at avgiften pr. kWh nyttegjort energi kommer på nivå med elavgiften som foreslås økt til 10,5 øre kWh

Tabell 27. Samlede avgifter regnet om til CO₂-kostnader pr. tonn for de alternativer til biobrensler

	Grunnavgift	CO ₂ -avgift	Svovelavgift	Samlet	Pr. kWh nyttegjort	NOK/tonn CO ₂ eq
Fyringsolje	0,845	0,55	0,07	1,465	0,173	551
Naturgass pr. kg	0,48				0,053	205
LPG pr kg	0,62				0,046	205
Gasskraft	0,105				0,105	300

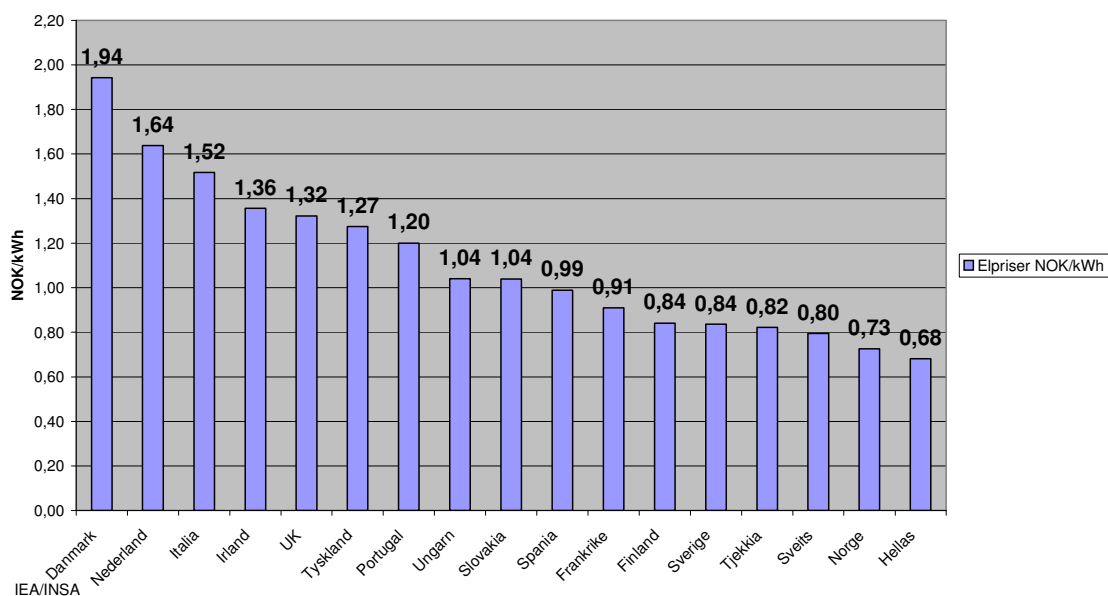


Figur 92. Kvotepreiser (EU-DECC07 og EU-DECC08) og CO₂-avgift på ulike produkter og anvendelser. Kroner per tonn CO₂

Kilde: European Climate Exchange, Norges Bank og Finansdepartementet

Som det framgår av figuren over ligger CO₂-avgiftene i Norge noe over og noe under markedets forventning for Kyotoperioden som gjenspeiles i kurven (EUADDEC08). Regner man også med grunnavgiften el-avgiften er allere negative miljøkonsekvenser priset inn på et meget høyt nivå både i forhold til prisforventningene i Kyotoperioden og langsiktige CO₂-kostnader. Når man likevel ikke oppnår en massiv omlegging til biobrensler utover tradisjonell vedbruk, kan det skyldes at man i sterkt grad undervurderer det langsiktige CO₂-kostnadene, at en omlegging vil ta lang tid fordi endringer først og fremst oppnås i forbindelse med nybygging og rehabilitering eller at omlegging til biobrensler er en dårligere ide enn andre alternativer for utslippsreduksjoner fordi kostnaden ved en slik omlegging er høyere enn antatt.

8.3.2 Elavgifter og prisen på elektrisitet



Figur 93. Elpriser til husholdninger i Europa i 2006/2007 NOK/kWh omregnet fra USD/kWh med 6 NOK/USD

Kilde: INSA på grunnlag av IEA

Prisen på el til husholdninger i Norge er blant de laveste i Europa. Dette skyldes både relativt rimelige kraftpriser, spesielt med hensyn til mellom og topplast, konkurransesituasjonen i elbransjen og elavgiftene. I de øvrige landene har man således langt sterkere insitamenter for å benytte andre oppvarmingsløsninger enn elektrisitet. Elavgifter favoriserer imidlertid også olje, gass, parafin og kull, mens et bredere spekter av miljøprising mer målrettet vil redusere miljøbelastningen i energiforsyningen. Med en kvotepris på 700 NOK/tonn vil kraftprisene øke med ca 25 øre/kWh. Med en meget høy klimapricing vil elprisene i Norge således fortsatt være på nivå med dagens gjennomsnitt i Europa.

8.3.3 Kvotehandling

I tillegg til CO₂-avgiften har man også i Norge innført et nasjonalt kvotesystem for handel med CO₂-kvoter. Det arbeides for å knytte det norske kvotesystemet til EUs kvotesystem. For perioden 2008-2012 vil det norske kvotehandlingssystemet omfatte om lag 40 prosent av klimagassutslippene og omfatte utslippskilder som i dag er ilagt CO₂-avgift. Det er meningen å fjerne avgiften fra landbasert virksomhet som får kvoteplikt.

Det er vanskelig å gi presise anslag både for kostnadene knyttet til utslippsreducerende tiltak i Norge og for framtidig kvotepris. EU har nylig anslått den globale karbonprisen til 37 euro per tonn CO₂-ekvivalenter i 2020, tilsvarende om lag 300 kroner, i et alternativ med en ambisiøs internasjonal klimaavtale der utslippene i industrilandene reduseres med 60 prosent i 2050 sammenliknet med 1990. Dette er også i tråd med den prisutviklingen som Stern-rapporten anslår i en utslippsbane der konsentrasjonen av klimagasser i atmosfæren stabiliseres på rundt 550 ppm.

Som vist i tidligere kapitler vil utviklingen i kostnadene for CO₂-utslipp, enten disse internaliseres gjennom kvotehandel eller avgifter være blant de viktigste incitamentene for overgang til biobrensler og andre mer klimavennlige energiløsninger.

8.3.4 Grønne sertifikater

I et elsertifikatmarked ilegges forbrukerne av kraft en plikt til å dekke en gitt andel av sitt forbruk med ny fornybar el. Dette ordnes rent praktisk ved at alle forbrukere som omfattes av systemet må kjøpe sertifikater tilsvarende en viss andel av sitt forbruk. Produksjon basert på definert fornybare energikilder er berettiget til å motta sertifikater som kan selges i markedet. Dermed får produsentene av fornybar energi inntekter fra to markeder, kraftmarkedet og sertifikatmarkedet. Det samlede sertifikatkravet bestemmer hvor mye fornybar kraft som vil bli produsert. Sertifikatmarkedet klareres når sertifikatprisene gir tilstrekkelig tilskudd til produksjon av fornybar kraft for å dekke kravet til en hvis andel fornybar elektrisitet. Summen av kraft og sertifikatpriser må derfor dekke marginale utbyggingskostnader for fornybar kraft. Størrelsen på sertifikatprisene blir avhengig av hvor mye dyrere fornybar kraft blir i forhold til konvensjonelle kraftkilder. For forbrukeren øker utgiftene til kraft med den obligatoriske andel ganger sertifikatprisen. Dersom andelen er 15% av forbruket og sertifikatprisen 20 øre kWh, øker forbrukerens elpriser med 3 øre kWh. En sterk utbygging av fornybar kraft kan imidlertid føre til lavere priser i kraftmarkedet. Med en rask utbygging av fornybare kilder og et lite elastisk tilbud i det tradisjonelle kraftmarkedet foreligger det derfor muligheter for at forbrukeren for en periode samlet sett vil betale mindre for kraften. Et grønt elsertifikatmarked slik det i dag praktiseres blant annet i Sverige, fremme bruken av fornybar kraft og ikke fornybar varme basert på biobrensler.

For biobrensler innebærer et system med grønne elsertifikater først og fremst en støtte til biobaserte kraftvarmeanlegg i konkurranse med vindkraft og småkraftanlegg. Hvilke biobaserte kraftvarmeanlegg som vinner fram i denne konkurransen vil være avhengig av anleggenes konkurransevne i sertifikatmarkedet. For Norges del vil dette i hovedsak være avhengig av utviklingen i vindkraftkostnadene og hvilke konsesjoner som gis til utbygging av vind og småkraftanlegg. Kostnadene ved biobasert kraftvarme er avhengig av investeringskostnadene, prisen på biobrensler, elvirkningsgraden og brukstid. For små anlegg er elvirkningsgraden lav men kan stige til 35% for de største anleggene. Ved siden av skaleffekter bidrar dette til at et sertifikatsystem først og fremst fremmer industriell kraftvarme og kraftvarme i store fjervarmesystemer hvor anlegget brukes som grunnlast. Både skalaeffekter og lav brukstid gjør det mindre aktuelt med biobasert kraftvarme i mindre fjernvarmeanlegg. Ut fra størrelsesforhold synes dette derfor mest aktuelt i Oslo-regionen. Som tidligere påpekt kan dette bane vei for storskal import av pellets fra f.eks Canada, slik man ser tendenser til både i Sverige, Danmark og på kontinentet.

Det er mulig, men det byr på adskillig større praktiske problemer å innføre et grønt sertifikatsystem for grønn varme. For det første er varme ikke en homogen vare som elektrisitet siden det ikke er en direkte sammenheng mellom forbruk av energibærere og varmeleveranser. Dette lar seg løse tilnærmet tilfredsstillende gjennom sjablonberegninger. Men det vil være et

større problem å inkludere f.eks varmpumper hvor årsvirkningsgraden er svært varierende og hvor en svært stort antall forbrukere er leverandørene. Måle, kontroll og administrasjonskostnadene kan da bli meget store. Med hensyn til biobrensler kan man tenke seg mange varianter. F.eks vil det være mulig å tildele sertifikater til produsenter av flis og pellets solgt til varme- eller elproduksjon, men hvor elproduksjon som sådan ikke får sertifikater. Videre at sertifikatplikten legges på store varmeforbrukere og elforbrukerne som før. I denne utredningen har vi ikke gått inn på effektivitetsegenskapene og de mest praktiske designalternativene. Dette vil i seg selv kreve en større utredning.

8.3.5 Tarifferingsbestemmelser

Spørsmålet om nettarifering står sentralt i valg av oppvarmingsløsninger, ikke minst i større næringsbygg som betaler avgifter for uprioritert kraft. Forskriften om nettariffer, slik den er utformet i dag innebærer at utkoblbar tariff en rettighet for kunder med en brenselsfyrt reserve. Forskriftene sier:

§ 15-2. Nettselskapenes tilbud om redusert tariff til utkoblbart forbruk

Nettselskapene skal tilby redusert tariff til alle kunder som har elkjele med brenselsfyrt reserve. Nettselskapet kan tilby redusert tariff til annet uttak som har redusert krav til leveringspålitelighet.

Formålet med utkoblbart forbruk er å kunne avlaste nettet ved at nettselskapet kan koble ut dette forbruket som følge av akutt eller forventet knapphet på overføringskapasitet, at utkoblbart forbruk kan bidra til en samfunnsøkonomisk effektiv utnyttelse av overføringskapasiteten, samt å stimulere til økt forbrukerfleksibilitet. (FOR 1999-03-11 nr 302: Forskrift om økonomisk og teknisk rapportering, inntektsramme for nettvirksomheten og tariffer)

Formålet med ordningen er altså å sikre en samfunnsøkonomisk effektiv utnyttelse av overføringskapasiteten. Ordningen innebærer at alle kunder med vannbåren varme og en brenselsreserve har rett til å kreve utkoblbar tariff. I dag omfatter dette markedet en energibruk på ca 5 TWh (med betydelige variasjoner fra år til år). Gjennomsnittspris for nettleie i dette segmentet er beregnet til 6 øre per kWh. Den reelle besparelsen er avhengig av hvilken kunde det dreiser seg om. Anslagene varierer mellom 5-8 øre og 10-15 øre i gjennomsnittlig besparelse.

Ordningen påvirker i stor grad potensialene for konvertering til bionergi fordi uprioritert kraft benyttes i større bygg som allerede har installert vannbåren varme. OED har bedt NVE og Statnett utrede alternativer til ordningen og ulike alternativer vil her bli vurdert. Bransjen (Nobio) mener at slik markedet fungerer i dag er det en mulig målkonflikt mellom målet om 14 TWh ny bioenergi (klimameldingen) og målet om effektiv utnyttelse av overføringskapasiteten (forskriften om nettariffer). Tilbyderne av lokal biovarme retter seg primært mot kommunale bygg, næringsbygg og større boligkomplekser med vannbåren varme. I tillegg er bioenergi et brensel som i stor grad brukes i norsk fjernvarme – og bio forventes å øke sin brenselsandel i fjernvarmen årene fremover. (Norske fjernvarmeselskaper har i følge Nobio omfattende planer om økt bruk av bio – både ved å øke fornybarandelen i eksisterende anlegg fra dagens 60 % til ca 85 %, samt nyetableringer med fornybarandel på mist 70 %) På bakgrunn av dette er det vannbårne varmemarkedet i Norge det segmentet der det raskest kan oppnås store volumer biovarme. I følge Nobio opplever tilbyderne av biovarme og fjernvarme i dag at UKO-rabattene er utbredt i et marked mellomstore offentlige og private bygg – som i praksis aldri kobles ut.

De mener derfor at man bør se på mulige innretninger der målkonflikten unngås. I den sammenheng bør man vurdere innføring av frivillighet i stedet for dagens obligatoriske ordninger, opsjonsordninger osv samtidig som man i større grad betaler for faktiske utkoplinger, og i mindre omfang gir vedvarende rabatter

En annen retning enn å redusere omfanget av ordningen kan være en generell innføring av variabel tariffing. Det kan gi samfunnsøkonomiske gevinster dersom en større gruppe gis anledning til taps og trengselsavhengig tariffing. Ved siden av å bidra til en jevnere flyt og lavere investeringskostnader i nettet, gis det insitamenter til lokal reserveløsninger og fleksibilitet. For eksempel vil man på den måten kunne øke lønnsomheten av vannbåren varme i større eneboliger og mindre næringsbygg. Ved å investere i større blandebatterier kan byggene koble ut el i høylastperioder når tariffingen ligger høyt. Dessuten kan brukerne ved å investere i kjelanlegg basert på elkolber og biobrennere utnytte løpende prisforskjeller mellom biopellets og kraftpriser. For samfunnet kan det bidra til større fleksibilitet og energisikkerhet. Samfunnsøkonomisk vil det derfor være bedre å internalisere miljøkostnadene ved kraftproduksjon på andre måter.

All overgang til alternativ oppvarming bidrar i seg selv til redusert investeringer i kraftnettet. Den store sesongvariasjonen i kraftnettets belastning er forårsaket av varmeforbruk. Dersom man flytter varmeproduksjonen over fra elektrisitet til andre varmekilder, som for eksempel fjernvarme, vil man få en jevnere belastning av kraftnettet. Man vil fortsatt ha de daglige variasjonene i effektforbruk i kraftnettet, men de vil i mindre grad være avhengige av årstid. Videre betyr en slik overføring av varmeforbruk fra elektrisitet til fjernvarme et redusert effektbehov i kraftnettet totalt sett, etter som oppvarming av tappevann (som også skjer på sommerstid) fjernes fra kraftnettet. Det betyr igjen at man kan oppnå en jevnere kapasitetsutnyttelse av kraftnettet gjennom hele året. Dessuten blir differansen mellom topp- og bunnlast over døgnet redusert etter som mye av de daglige svingningene også er varmerelatert (for eksempel en konsekvens av dusjing om morgenen). På denne bakgrunn er det viktig å sikre en optimal tariffing i nettet som samtidig gir de rette insitamenter for anvendelse av alternative oppvarmingsløsninger. Dette er et omfattende spørsmål det ikke har vært anledning til å gå i dybden på denne utredningen.

8.3.6 Anvendelse av bygningsloven, energiloven og annet lovverk

Prissignalene fra avgifter og kvotepriser vil ikke nødvendigvis ha like stort gjennomslag for alle sektorer og samfunnsaktører. Dette blir ofte brukt som argument for en mer direkte reguleringer. Et eksempel kan være plan- og bygningsloven med tilhørende byggeforskrifter. Selv med god informasjon fra myndighetene kan det være lite rimelig at privatpersoner fullt ut tar inn over seg sannsynlig framtidig klimapolitikk med tilhørende økning i energiprisene. Dermed kan det hevdes å være et samfunnsøkonomisk fornuftig tiltak f.eks å regulere energibruken i bygg.

Dette forutsetter imidlertid at sentrale myndigheter har bedre informasjon om hvilke energiløsninger som passer best i forskjellige byggene. Som påvist i kapitlet foran vil valget av optimale energiløsninger være bestemt av lokale forhold og høyst individuelle spørsmål knyttet til hvert enkelt bygg med hensyn til størrelse alder, lokale forsyningskostnader, brukstid osv. Dette taler derfor mot at myndighetene benytter seg av direkte reguleringer og heller bruker generelle økonomiske virkemidler som gjør det mulige å ta hensyn til det store variasjonene. Dette argumentet er gyldig både for nye og gamle bygg. Generelt vil kostnadene ved energiomlegging være lavere i nye bygg enn i eksisterende bygningsmasse, både fordi investeringene i eksisterende løsninger allerede har påløpt en gang, og fordi ombygging oftest kan være svært kostbart. Men det kan tenkes at det vil være lønnsomt med en omlegging av deler av eksisterende bygningsmasse og en stor andel av ny bygningsmasse.

Det er utvilsomt riktig at privatpersoner neppe tar inn over seg klimapolitikken med tilhørende økning i energiprisene. For det første er klimakostnadene neppe priset inn på riktig nivå i alle sammenhenger, rett og slett fordi det foreløpig ikke finnes noe system for etablering av "riktige" langsiktige CO₂-priser. Konsekvensene for framtidig energipriser har de færreste grep om,

verken ”profesjonelle” private aktører eller offentlige myndigheter. Men dersom man mener at kvotesystemet eller avgiftene gir en for liten eller for treg omlegging av energibruken kan det være mer hensiktsmessig å øke avgiftene, redusere kvotemengden enn å korrigere markedet gjennom detaljforskrifter. Når man observerer avikende adferd i forhold til offisielle regnestykker over lønnsomme tiltak er det vel så sannsynlig at regnestykkene er feil som folk adferd. Det er nemlig ikke spesielt vanskelig å finne regnestykker over tiltakskostnader hvor en lang rekke kostnadskomponenter er utelatt i forhold til prosjekt- og byggekostnader som faktisk påløper. Det er heller ikke vanskelig å påpeke mangelfull oversikt over teknologiløsninger og valgmuligheter.

I vurderingen av husholdningenes tilpasning er det viktig å ta hensyn til at husholdningene i tillegg til sine egne budsjetttrammer tar hensyn til et begrenset tidsbudsjett som spesielt for folk i etablerings og småbarnsfasen kan være svært begrenset. Tid brukt til planlegging, gjennomføring og drift av alternative oppvarmingsløsninger kan fort bli en tyngende post. Videre innebærer overgang til nye energiløsninger en betydelig risiko. For husholdninger så vel som for bedrifter er det derfor rasjonelt å legge til grunn relativ risiko og mulighetene for risikohåndtering i beslutningene. Man bør derfor være forsiktig med å konkludere med for høye avkastningskrav og irrasjonell adferd. For husholdninger så vel som bedrifter kan det være rasjonelt å innta en vente og se holdning i perioder med stor usikkerhet dersom kostnadene ved å vente er lavere enn gevinsten av å vente på bedre informasjon. Et svar på dette kan være offentlig subsidiering av pilotprosjekter og markedsintroduksjon av nye energiløsninger i en innledningsfase slik at man raskere får erfaring med kost/nytte av alternative oppvarmingsløsninger. En sterkere dosering av økonomiske virkemidler i en overgangsfase kan være et alternativ som er mindre krevende administrativt.

Det blir ofte hevdet at pålegg er en effektiv driver for innovasjon i bygningsbransjen og påvirker hvor mye tekniske løsninger blir benyttet. Før man benytter pålegg som innovasjonsdriver, bør man gjennom flere alternative utredninger være rimelig sikre på at man utløser et lønnsomt potensial med ”riktig” prising av eksternaliteter, ellers blir pålegget raskt kostbart.

8.3.7 Investeringsstøtte

Investeringsstøtte kan være et egnet alternativ dersom man har grunnlag for å anta at aktørene operer med et for høyt avkastningskrav. Investeringsstøtte, gunstige offentlige lånordninger med lavere krav til sikkerhet kan være aktuelle virkemidler. Siden det ofte er unge mennesker i etableringsfasen som investerer i bolig kan dette føre til begrensninger i lånemuligheter og høye skyggepriser på kapital. Derfor velges lett lite kapitalkrevende og kjente løsninger som panelovner og elektrisitet framfor mer kapitalkrevende kjel og vannbåren varme.

I klimaspørsmålet står man overfor en kollektiv risiko som bør prises inn i markedet. For den enkelte er det ikke rasjonelt å legge vekt på denne risikoen, siden individuelle tiltak har tilnærmet ingen effekt på problemet i forhold til kollektiv aksjon. Denne risikoen kan internaliseres gjennom prisene på utslipp, men også gjennom gunstige låneordninger som vrir risikoen til fordel for mindre klimaskadelige løsninger.

8.3.8 Virkemiddelapparatet til ENOVA

Enova skal fremme en langsiktig miljøvennlig omlegging av energibruk og energiproduksjon. Enova er finansiert over Energifondet (påslaget på nettariffen) og avkastning fra Grunnfond. Årlig disponibelt beløp er antatt å nå ca 1,5 mrd per år fra 2010. Målene er 12 TWh spart og produsert ny fornybar energi innen utgangen av 2010, 30 TWh innen 2016. ENOVAs program for bioenergi er for tiden knyttet til Varmeprogrammet og biobrenselsprogrammet.

Varmeprogrammet har som mål å

- Fremme leveranse av varme til bygg og/eller prosess
- Varmeanlegg, fjernvarme, energisentraler, termisk elproduksjon

Biobrenselprogrammet har som foreløpig mål å

- Fremme næringsvirksomhet innen verdikjeden
- Bygge kapasiteter i industriell skala
- Anleggsutstyr skogsbrensel, min. 10 GWh år
- Anlegg pellets/briketter, min. 60 GWh/år
- Brenselterminaler for import/eksport

Husholdningene

- Tilskudd pelletskamin

I henhold til Stortingsmelding nr. 11 regner man med at ca 1/3 av de samlede rammer skal gå til fornybar elektrisitet og 2/3 til øvrige virksomheter innen energiomlegging. Dersom man antar at de tre hovedområdene fornybar elektrisitet, enøk og fornybar varme hver får 1/3 innebærer dette at Enova vil kunne øke et årlig gjennomsnittstilskudd på 500 millioner kroner pr år. Med 14 TWh fornybar varme gir dette et gjennomsnittstilskudd på 3,6 øre kWh. Omregnet i kroner pr. tonn utslipp fra et gasskraftverk tilsvarer dette ca 100 NOK/tonn CO₂. Enovas virkemidler er derfor i hovedsak rettet mot å utløse potensialer som er på grensen av det lønnsomme privatøkonomisk. Enovas virkemidler bidrar til å redusere risikoen med å introdusere nye energiløsninger.

Markedsforholdene i energi- og kvotemarkedene og eventuelt andre virkemidler vil derfor være avgjørende for at man skal få utløst ytterligere 14 TWh bioenergi.

8.4 Offentlige ansvar

I en rekke sammenhenger vil det offentlige være beslutningstaker for investeringer i oppvarmingsløsninger. I første rekke gjelder dette bygningsmassen det offentlige har ansvaret for. Men arealplanlegging og beslutninger om introduksjon av f.eks fjernvarmeløsninger i sentrum og tettbygde områder er det viktig at det offentlige legger til grunn en ”riktig” størrelse på framtidige klimakostnader. På samme måte som det er fastlagt et offentlig avkastningskrav, kan det være hensiktsmessig at man fastlegger hvilken CO₂-kostnads som bør legges til grunn i offentlige beregninger f.eks med hensyn til utforming av bystrukturer og infrastrukturer. Men strengt tatt bør det være samsvar mellom klimakostnader i private og offentlige beslutninger.

8.5 FOU, kompetansebygging og informasjonsspredning

Resultatene fra forskning og utvikling er i stor grad et kollektivt gode. Forskjellen mellom privat- og samfunnsøkonomiske lønnsomhetsvurderinger gjør at det normalt vil skje for lite forskning og utvikling i privat regi. Dette tilsier at staten subsidierer utvikling og testing av ny teknologi, eventuelt tidlig kommersialisering av teknologien, for å redusere denne usikkerheten og for å oppnå positive eksterne virkninger i form av spredning av klimavennlig teknologi. Tilsvarende vil det være rasjonelt å bidra til finansieringer og teknologiutvikling innen produksjon, distribusjon og anvendelse av biobrensler, ved siden av all annen klimavennlig teknologi.

I bevilgning av FOU-midler er det imidlertid viktig å hindre fortregning av privat FOU som er basert på behov for kommersiell beskyttelse av resultater.

8.5.1 Behov og nytte av økte FOU investeringer

I denne rapporten påpekes flere flaskehalsar som kan reduseres eller fjernes gjennom FOU, produktutvikling og aktiv markedsintroduksjon.

På bruksområdet står man overfor potensialer med forventningsvis lave teknologisprang. Potensialet for kostnadseffektiv punktoppvarming med biobrensler i hus installert pipe kan økes betraktelig dersom man blant annet kan øke mulighetene for

- gode masseproduserte siloløsninger (tette for fukt)
- automatisk mating
- styring
- distribusjon av varme
- støybekjempelse

Pelletsovner har potensiale for lengre brukstid, automatisk styring og drift og dermed lavere driftskostnader enn vedovner. Det gir også høyere virkningsgrad. Gode og rimelige siloløsninger er imidlertid viktig for å redusere behovet for egeninnsats.

Støy knyttet til vifter er et meget påpekt problem knyttete til pelletskaminer.

Varmedistribusjon er et generelt problem knyttet til alle former for punktoppvarming. Generelt er det en fordel å få distribuert varmen på gulvnivå til så mange rom som mulig, i stedet for at varmen forsvinner rett oppunder taket. Av den grunn kan det være hensiktsmessig å iverksette et FOU program dedikert til distribusjon av varme fra punktoppvarming og programmer for utvikling av mer brukervennlige pelletsbrennere med hensyn til drift og støy.

Kombinasjonene av økte krav til energieffektivisering i bygningsmassen og mildere klima, gjør det spesielt viktig å utvikle enklere oppvarmings og distribusjonsløsninger på basis av biobrensler i boligsegmentene. Et eget FOU prosjekt som klargjør mulige teknologivalg og utviklingsmuligheter på dette området bør initieres.

I rapporten ”Forsight 2007 til 2027”: Bioenergi utarbeidet i forbindelse med RENENERGI programmet er det listet opp en rekke aktuelle FOU tema som kan bidra til å utvikle verdikjeden fra innhøsting til stasjonær og mobil forbrenning av bioenergi. Innenfor stasjonær anvendelse nevnes følgende aktuelle forskningstemaer.

- Forbrenningsteknologi blant annet med sikte på bruk av ”Jomfruelig” biomasse, foredlet biobrensel, returflis, blandinger av jomfruelig biomasse og avfallsfraksjoner
- Videreutvikling av kaminer og andre små anlegg: Reduksjon av utslipp, bruk av foredlet brensel, brukervennlighet, virkningsgrad
- Videreutvikling av små kjeler: Reduksjon av utslipp, brukervennlighet, automatisering, bruk av foredlet biobrensel
- Videreutvikling av større kjeleanlegg: Bruk av blandingsbrensler (bio/avfallsfraksjoner), reduksjon av utslipp, gassrensing, optimalisering for reduksjon av driftskostnader, virkningsgrad, beleggdannelse og korrosjon

Det generelle målet for FOU-aktiviteten bør være forbedringer innen følgende hovedparametre

- Økte virkningsgrader for et bredt spekter av biomasse
- Utslippsreduksjoner
- Kostnadsbesparelser
- Reduserte driftskostnader
- Kostnadsreduksjoner ved varmedistribusjon

For å kunne utvikle en effektiv forskning innen disse områdene er det viktig først å skaffe seg oversikt over hvilke områder som allerede er velutviklet i de ulike forsknings- og utredningsmiljøene hvilken verdi som er knyttet til ulike teknologiske utviklingssteg og sannsynligheten for å lykkes med gjennombrudd. FOU aktivitet kan på den måten styres i forhold til den samfunnsøkonomiske verdien av forskningsinnsatsen og gjør det lettere å avdekke kritiske faktorer og mulige tidshorisonter for den videre utviklingen. Det kan reises en rekke innvendinger mot denne formen for styring av forskningsvirksomheten. - Forskningsresultater kan komme fra personer og vinkler det er umulig å fastslå på forhånd. -Et "mislykket" forskningsprosjekt kan gi verdifull innsikt på andre områder osv.

8.5.2 FOU innen kraftproduksjon

Det er i dag kostbart å produsere elektrisitet med utgangspunkt i biobrensler på grunn av lav virkningsgrad, høye kapitalkostnader og begrensede muligheter for lang brukstid dersom man samtidig skal benytte spillvarmen.

I dag er elproduksjon fra basert på kjel, damp mottrykksturbiner og eventuelt kondensere den mest vanlige produksjonsprosessen. I en mottrykksturbin ekspanderer dampen til et trykk høyere enn atmosfæretrykk. Dampen anvendes deretter til industrielle prosesser eller til fjernvarme (hetvann), hvor den kondenserer og går tilbake til kjelen. Elvirkningsgrad blir da lavere enn for en kondenserende turbin der det tas ut mer energi til elproduksjon. I følge en undersøkelse foretatt av KanEnergi er de fleste kjelanleggene knyttet til sagbruk og treforelding i dag mindre enn 20 MW. Elvirkningsgraden ved 16 bars trykk vil da ligge i størrelsesorden 10 - 15 %. For større turbiner og med høyere trykk og temperaturer, kan elandelen komme opp mot 20 %. I markedet med liten forskjell i prisene mellom el og varme velges ofte løsninger med lav elvirkningsgrad.

Den mest aktuelle teknologien for biobasert elproduksjon er tradisjonell kullkraftteknologi. Samfyring med eksisterende kullkraftverk og industriell kraftvarmeproduksjon er derfor blant de mest aktuelle områdene for anvendelse av biobrensler til elproduksjon på kort sikt. På disse områdene ligger forholdene bedre til rette i Sverige, Danmark og Finland enn i Norge, hvor potensialene er forholdsvis begrensede. KanEnergi har beregnet potentialet for biobasert elproduksjon til 0,5 TWh fram til 2010.

Med økt elvirkningsgrad og renere forbrenning som motivasjon foregår det flere steder i verden utvikling av nye teknologier når det gjelder omdanning av trebrensel og avfall til gass. FOU-aktiviteten er dermed i stor grad konsentrert til områdene gassifisering, pyrolyse og produksjon av biogass i bioreaktorer. Det pågår også forskning innen elproduserende teknologier som mikrogassturbiner, Stirlingmotorer, etc. Særlig innen disse områdene forventes teknologisk utvikling de nærmeste år. Områdene og teknologiene har i dag ulik teknologisk status eller modenhet, og de vil nødvendigvis konkurrere om det samme kundegrunnlaget den dagen de er fullt ut kommersialisert.

Gjennom gassifisering dannes det metan (CH₄), propan (C₃H₈), karbonmonoksid (CO) og hydrogengass (H₂) som kan benyttes i gassmotorer eller gassturbiner og på sikt også i

brenselceller. Utvikling i anvendelsen av brenngassen følger ulike spor. Noen eksempler er kombinerte gass- og dampprosesser (combined cycle), sambrenning med naturgass og såkalt dampgassifisering der resultatet er en meget hydrogenrik gass som kan benyttes i gassmotorer (som i dag), gassturbiner samt MCFC – og SOFC-brenselceller. For det sistnevnte finnes det et demoprojekt i Østerrike hvor bl.a en SOFC-brenselcelle er levert av norske Prototech. Anlegget skal i neste fase oppskaleres til 20 MW. Det forventes en langsiktig utviklingsbane på minst 10 år for denne teknologien.

Ved sambrenning med naturgass gassifiseres biobrensel, og gassen kjøres rett inn i dampkjel etter gassturbinen (som brenner naturgass). Biogass er da tilleggsfyring og utgjør 10-30 % av energien totalt. Biogassen får da tilgang på et mye større og avansert anlegg med kjel og dampturbin for naturgass. Elvirkningsgraden for bioandelen forventes å bli ca. 50 %.

Pyrolyse karakteriseres ved at omdanningsprosessen skjer i en atmosfære uten oksygen. Råstoffet blir varmet opp til en temperatur der alle flyktige komponenter fordampes, og man står igjen med en tørr rest som består av karbon, metaller, metallsalter og andre stoffer som ikke brytes ned ved den temperatur som er valgt. Det foregår dessuten en lang rekke termokjemiske reaksjoner. De flyktige komponentene gjenvinnes dels som væske, dels som gass. Gassen fra pyrolyse egner seg normalt godt til brensel, enten i brenner, i gassmotor eller gassturbin. Ved fraksjonert destillasjon av væsken fra prosessen, er det mulig å utvinne produkter som biodiesel, fyringsolje, tjærestoffer, løsemidler osv..

8.5.3 Behov og nytte av støtte til markedsintroduksjon

I sitt brev til OED i forbindelse med utformingen av en bioenergi har ENOVA påpekt en generell skepsis og lav kunnskap om alternative oppvarmingsløsninger hos tilbydere og etterspørrere. Dette inntrykket er det ikke vanskelig å få bekreftet, men kan være avhengig av hvilket varmesegment man retter seg mot. Som påpekt er det forholdsvis komplisert å sette seg inn i hvilket oppvarmingsalternativ som under ulike forutsetninger vil være gunstigst. Det for vil det naturlig nok først og fremst være store profesjonelle aktører som har økonomisk rasjonale til å sette seg inn i forholdet og vurdere alternativer. For mindre brukere kan søkeprosessen og utredningene rett og slett bli for kostbare. Så lenge alternative løsninger både kan være dyrere eller i det minste ikke opplagt lønnsomme vil det heller ikke brukes mye tid på kunnskap på hypotetisk lønnsomme prosjekter og kunnskapen vil være lav hos tradisjonelle aktører rettet mot mindre brukere. For storskala brukere av varme er man mer vant til å bruke profesjonelle vel skolerte konsulenter og leverandører både med hensyn til valg av løsninger og utforming av anlegg. Man vil derfor forvente at denne gruppen har bedre kunnskap om de aktuelle alternativene.

Generelt eksisterer det stor usikkerhet om prisene på teknologi og tjenester og hva oppvarmingssystemet vil kost til slutt. Forbrukerne har dessuten vanskelig for å sammenligne tilbud på kjeler vannbåren varme og f.eks varmepumper. Mange vet intuitivt at man må legge på en betydelig faktor for ukjente kostnader plunder og heft i byggeprosjekter. Dette favoriserer kjente lett kontrollerbare kostnader knyttet til el og panelovner.

Det kan ta tid å få spredt tilstrekkelig med troverdig markedsinformasjon om alternative oppvarmingsløsninger. En subsidiering av uavhengig uttesting av utstyr med sikte på faktisk effektivitet og kostnader kan bidra til å redusere den enkeltes utredningsbehov og usikkerhet og dermed bidra til realisering av en stordriftsfordel på dette området, vel og merke forutsatt at det eksisterer økonomisk rasjonale for å skifte.

Det kan ofte ta lang tid før nye løsninger får et gjennombrudd og blir alminnelig kjent og akseptert i markedet. Det kan derfor medføre meget høye introduksjonskostnader aktøren ikke nødvendigvis får igjen etter at produktet "tar av" dersom det er lett for andre aktører å etablere seg på dette tidspunktet. På den annen side kan "first mover" få en betydelig markedsposisjon det vil være vanskelig for andre å erobre den dag produktet tar av. Det offentlig kan redusere introduksjonsrisikoen ved å gi støtte til markedsintroduksjon. Men det forligger da naturlig nok også en ekstra fare ved at en som har satset på rent privat initiativ blir utkonkurrert av et selskap som får offentlig finansiering til introduksjon.

8.6 Konkurranshindringer og adgangsbarrierer

Mindre aktører som vil måtte benytte leverandørene, utbyggere og håndverkere som "konsulenter" Disse vil ikke nødvendigvis handle til beste for eiere og bruker av et bygg. Dessuten er Norge preget av at handelen skjer gjennom et fåtall grossister med stor påvirkingskraft for deler av byggebransjen. Dette gjelder særlig rørleggere.

Det blir påstått av enkelte at legging av vannbåren varme i Norge er dobbelt så dyrt som i Sverige. Dette er ikke nærmere undersøkt men er faktor av meget stor betydning ved valg av energiløsninger for størsteparten av boligmassen. En årsak til dette kan være at vannbåren varme foreløpig er lite utbredt i Norge. Dermed blir leverandørene mindre effektive og har mindre muligheter for utnyttelse av stordriftsfordeler. Et større omsetningsvolum kan redusere kostnadene og tiltrekke seg konkurrenter f.eks fra Sverige. For at dette skal skje må man imidlertid først etableres en klar lønnsomhet til bruk av vannbåren varme og bioenergi.

8.7 Regulering av fjernvarmeutbygging.

I reguleringen av fjernvarmeutbyggingen bør man sikre at anleggene er samfunnsøkonomisk lønnsomme. Det vil si at summen av kostnadene, inklusive miljøkostnader og andre eksternaliteter ved oppvarmingsløsningene som fjernvarmesystemet erstatter, overstiger kostnadene ved fjernvarme.

For det andre bør nettet bygges ut så langt marginalinntektene overstiger marginalkostnadene. Dersom fjernvarmeselskapen må behandle alle likt med samme pris for samme vare kan det her ligge en konflikt siden marginalkostnad i fjernvarmenettene kan ligge lavere enn gjennomsnittskostnadene ved optimal utbygging. Dermed må selskapene drives med underskudd. Men siden fjernvarmeselskapene kontrollerer området vil de kunne drive effektiv prisdiskriminering hvor de trekker ut hele konsumentoverskuddet. Undersøkelsene i denne rapporten som understøttes av rapporten til Xergia om Fjernvarme og lokal varmesentraler viser at lønnsomhetsvurderingene av fjernvarme i mange sammenhenger må benytte lokale varmesentraler som utgangspunkt for lønnsomhetsvurderingene og ikke kostnadene med elektrisitet. Det kan gi lønnsomhetsfordeler og større potensiale for bruken av biobrensler om man heller konverterer lokale varmesentraler fra olje og el til biobrensler. Det kan gi laver kostnader og større fleksibilitet.

Vedlegg

Vedlegg 1: Resultater fra tidligere utredninger om potensialet for bioenergi i Norge

Anslagene til det interdepartementale arbeidsutvalget (OED 1997)

Type biobrensel	Anslått potensial
Biprodukter fra trelastindustrien	Trelastindustrien har svært beskjedne uutnyttede biobrenselkvanta, og nye bioenergibrukere eller brikett-/ pelletsprodusenter som ønsker å benytte bark og flis fra sagbrukene vil trolig møte konkurranse fra dagens brukere.
Skogsflis	<p>Det er store regionale forskjeller både når det gjelder skogens potensiale som biobrenselleverandør og "type" biobrensel. Potensialet for utnyttelse av skogen til energiformål er vurdert som følger:</p> <ul style="list-style-type: none">• Utnytting av hogstavfall i skogfylkene på Østlandet kan bidra med store kvanta, pga stor avvirkning, "lett" terreng, korte driftsveilegder og ikke minst nærhet til store befolkningsentra.• Utnytting av uutnyttede lauvskogressurser på Vestlandet og i Nord-Norge til energiformål avhenger av en rekke faktorer bl.a. om ressursene er tilgjengelig (driftskostnader) og om lauvet har en alternativverdi (massevirke, sagtømmer, spesialsortiment e.l.)
Avfall	Det anslås et samlet potensial for energi fra avfall til ca. 3,5 TWh pr. år under forutsetning av at det utvikles ny infrastruktur i form av nye anlegg i prosessindustrien, tilrettelegging for bruk av fjernvarme m.m. Dersom det legges opp til å produsere elektrisitet fra avfall vil energiutnyttelsesgraden bli betydelig lavere
Bi- og avfallsprodukter fra treforedlingsindustrien	<ul style="list-style-type: none">• Det antas å være små potensialer for ytterligere energiutnyttning av eget produksjonsavfall eller innkjøpt biobrensel.• Prisen på andre energibærere som olje og tilfeldig kraft er av avgjørende betydning for ytterligere bruk av biobrensel i treforedlingsindustrien. Treforedlingsindustrien har pr. i dag halv CO₂-avgift. Biobrensel medfører store investeringskostnader i anlegg, gir lavere utnyttelsesgrad, samt hevdes å være mer problematisk å bruke enn andre energibærere.• Det finnes et potensiale i økt utnyttelse av slam, men dette er i første rekke av miljømessig interesse siden energigevinsten må antas å være marginal.

Teknisk potensial, brenselkostnader, beregnet og anslått potensial for ulike råstoffkilder i Norge. De beregnede potensial er utført ved kjøring av MARKAL-modell (NOU 1998)

	Forbruk 1997 TWh	Teknisk potensial 2020 TWh	Innhøstings- kostnader øre/kWh	Elpris ³ 43 ø/kWh 2020 TWh	Elpris ⁴ 70 ø/kWh 2020 TWh	Anslått 70 ø/kWh 2020 TWh
Lauvskog, tynningsvirke, hogstavfall	-	10,0 ⁵	8-18	-	5,0	5,0
Halm	-	2,0	17	-	-	0,3
Flis og bark fra treforedling/sagbruk	5,2	5,7	<5 ¹	5,7	5,7	5,7
Avfall («kommunalt» og fra industri og annet)	1,3	5,0	<5 ¹	3,4	4,8	4,0
Ved	6,0	8,0	30	4,4	4,4	7,0
Sum biomasse potensial	12,5	30,7		13,5	19,9	22,0

¹⁾ Det er forutsatt at avfallsgebyr/alternativ deponeringskostnad er trukket fra.

²⁾ Innkjøpt ved. MARKAL-beregninger «anbefaler» lavere forbruk en faktisk da innhøstingskostnaden er høy.

³⁾ En elpris til sluttbruker på 43 øre/kWh, eks MVA i 2020 forutsetter at dagens energipriser og virkemidler videreføres til 2020.

⁴⁾ En elpris til sluttbruker på 70 øre/kWh, eks MVA i 2020 forutsettes at det innføres forbruksavgifter på elektrisitet, olje og bioenergi (halv avgift) slik at energibruken i 2020 ikke skal være større enn i dag.

⁵⁾ Det tekniske potensialet fra skogbruket er justert opp i forhold til omtalen i teksten da det mot 2020 ventes at hogstpotensialet øker som følge av et økende skogsvolum.

Biomasseressurser til energiformål i Norge, TWh. Kilde: KanEnergi et al. (2003).

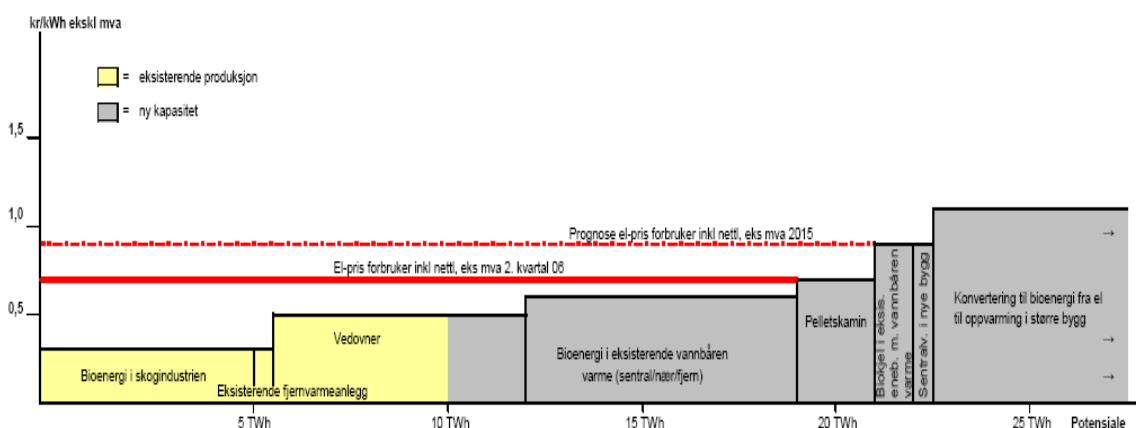
	Avvirkning/ produksjon	Import	Biprodukter	Til energiformål i dag	Mulig økt anvendelse	Sum
Trelast	6,4	1,9	4,6	0,9	3,7	4,6
Treforedling	10,0 ^{*)}	5,6	5,4	5,3	0,1	5,4
Møbel- og trevare	0,5	1,8	1,2	0,7	0,5	1,2
Husholdningsavfall	4,4	Utsortert: 2,0		0,9	1,5	2,4
Treavfall, BA	0,9			0,3	0,5	0,8
Deponigass	1,0			0,1	1,0	1,1
Annen biogass	3,0			0,1	3,0	3,1
Skogsbrensel	7,2	Hogstavfall, lauvtrevirke mm		7,2	12-16	19,2-23,2
Halm og kornavrens	4,5			0,1	4,5	4,6
Sum				16	27-31	43-47

^{*)} herav flis fra trelastindustrien: 2,4 TWh, flis fra møbelindustrien og trevareindustrien 0,3 TWh.

Potensialet for økt bruk av bioenergi i ulike kostnadsklasser (KanEnergi 2007)

Ressurser uttrykt i TWh fordelt i kostnadsklasser					
	< 0 øre/kWh	0-5 øre/kWh	5-10 øre/kWh	10-15 øre/kWh	15-20 øre/kWh
Tynningsvirke					1,2
Lauvtrevirke				2	4
Hogstavfall				1	3
Massevirke				0,7	1
Bark, treforedling			0,1		
Flis, trelastindustri				1,5	2,2
Flis, møbel og trevareindustri				0,3	0,2
Husholdningsavfall	1,5				
Treavfall (bl.a. fra bygg og anlegg)	0,5		(0,5) ¹		
Halm				2	1
Kornavrens		0,1			
Deponigass		0,3			
Biogass – industri	0,3				
Biogass – våtorganisk husholdningsavfall	0,2				
Biogass – kloakk		0,3			
SUM	2,5	0,7	0,1	7,5	12,6

1) fliset treavfall selges som brensel størrelsesorden 8-10 øre/kWh



Teknisk-økonomiske potensiale i Norge for bioenergi til oppvarming basert på skogråstoff. Kostnadene inkluderer alle kostnader (råstoff, kapitalkostnader, drift og vedlikehold). Råstoffkostnadene er basert på dagens priser (vil stige med økende etterspørsel). Trømborg et al. (2007)

Vedlegg 2: Prognoseforutsetninger for uttak av stammevirke, GROT og stubber/røtter

Ved prognoseberegningene har en forutsatt en bærekraftig utnyttelse av skogen svarer til et balansekvantum som er det høyeste kvantum en kan avvirket i dag uten at kvantumet må reduseres i framtiden (100 år), gitt et bestemt skogbehandlingsprogram.

Skogbehandlingen defineres spesielt gjennom tynningsprogram og innsats i skogkultur. Tidligste hogstmodenhetsalder er satt lik alderen ved inngang til hogstklasse V.

Tynningsstrategien er basert på Braastads tynningsslips med relativt moderat tynning. Ved et treantall på mer enn 180 trær pr dekar er det for boniteter bedre eller lik H_{40} lik 11 forutsatt 1 tynning for gran og 2 tynninger for furu og lauv. For lavere boniteter med samme treantall er det forutsatt 1 tynning. For treantall mellom 120-180 trær pr dekar er det for boniteter bedre eller lik H_{40} lik 11 forutsatt 1 tynning for alle treslag. For andre boniteter og treantall er det ellers ikke forutsatt noen tynning.

Det er beregnet to alternative prognoser for uttak av stammevirke, der det ene forutsetter utnyttelse av alt produktivt skogareal, mens det andre setter visse økonomiske begrensninger på hvilke arealer som kan utnyttes (reduert areal). Disse forutsetningene fremgår av tabellen under. De produksjonsmessige forutsetningene gjelder begge alternativer, mens de driftsmessige beskrivningene gjelder alternativ 2.

Prognoseforutsetninger for kvantumsprognoser

Kategori	Forutsetninger
Tilvekstkorreksjon	10% reduksjon i forhold til tilvekstfunksjoner
Skogkultur	Høy innsats i skogkultur
Driftsveiavstand	< 1,5 km
Taubanehelling	< 90%
Rånetto	> 0

Når det gjelder utnytting av GROT og stubber/grove røtter, så er det lagt inn ytterligere restriksjoner da det her er en mer komplisert logistikk som nok kan forbedres betraktelig i framtiden. Arealer som er utelatt er delvis av teknisk art og delvis av økonomiske grunner. Kvantum hentet fra 2. gangstynning og fra frøtrehogst gir så lite kvantum at det ikke kan påregnes å hente ut GROT og stubber/røtter. Arealer på boniteter lavere enn bonitet H_{40} lik 11 er også utelatt da det er noe usikkert om dette fører til utarming av jordsmonnet på disse fattigere markene. For stubber er 1. gangstynning og taubaneterreng utelatt en teknisk grunner. Når det gjelder GROT er 1. gangstynning medregnet da dette kan drives økonomisk som fulltredrift (utdrift av trær med kvisten på). Forutsetningen for økonomisk drift av GROT fremgår under.

Forutsetninger for estimering av økonomisk drivbar GROT.

Kategori	Forutsetninger
Bonitet	$H_{40} = 11$ og bedre
Stående volum pr. dekar	> 15 m ³ pr dekar
Driftsveiavstand	< 500 m
Tynning	Førstegangstynning med heltretynning
Uttak	70% av beregnet mengde
Hogstform	Ikke 2. gangstynning og frøtrehogst

Når det gjelder stubber og grove røtter er dette ikke forutsatt utnyttet ved noen tynning. Ved taubanedrift har en forutsatt at GROT kan utnyttes ved at en kan vinsje fram hele treet, mens stubber og grove røtter her ikke kan utnyttes. Forutsetninger for økonomisk drivbarhet ses her:

Forutsetninger for estimering av økonomisk drivbare stubber/grove røtter

Kategori	Forutsetninger
Bonitet	$H_{40} = 11$ og bedre
Terreng	Ikke taubaneterreng
Driftsveiavstand	< 500 m
Høgstform	Ikke tynning og frøtrehogst

Skogens tilvekst er et resultat av næringsinnholdet i jorda og klimaet. I tillegg kan produksjonen økes ved aktiv gjødsling. Vi er nå inne i en periode med økende temperatur som i Norge stort sett vil ha positiv effekt på skogtilveksten. I tillegg vil det ved økende priser på virke kunne være aktuelt å gjødsle visse deler av arealet. Det er vanskelig å forutsette effekten av dette, men en har her analysert effekten av en økning av tilveksten fra tilvekstfunksjonene på 10%. Dette alternativet er benevnt med økt produksjon.

De langsiktige prognosene omfatter 100 år fram. Balansekvantumet gir imidlertid en oversikt over det høyest mulig jevne kvantum en kan avvirke uten å måtte senke kvantumet i framtiden. En har derfor valgt å presentere resultatene for første 10-årsperiode fordi den vil være mest aktuell for dagens beslutninger. Selv om kvantumet over tid vil holde seg på samme nivå, kan fordelingen på treslag og fordelingen mellom tynning og hovedhogst forandre seg fordi den aktuelle skogtilstand vil endres over tid.

Vedlegg 3 Om SSBs Energistatistikk

Energivarebalansen følger energiflyten på norsk jord, uavhengig av nasjonaliteten til brukerne. Energi brukt som råstoff, dvs. energi som ikke brukes som brensel, men som innsatsvare i industriproduksjonen, skilles ut fra det øvrige forbruket. All energi brukt til transportformål, uavhengig av forbrukergruppe, samles i en egen sektor. Tall fra energivarebalansen blir rapportert til internasjonale organisasjoner som OECD/IEA og FN. Energivarebalansen følger internasjonalt anbefalte standarder for hvordan den skal settes opp og vil derfor vanligvis kunne sammenlignes med internasjonal statistikk på området. Energivarebalansen omregnet til en felles enhet kalles *energibalansen*

Energiregnskapet følger energibruken i norsk økonomi på samme måte som nasjonalregnskapet. All energi brukt i norske næringer og husholdninger skal være med. Energi som brukes av norske turister/transportnæringer i utlandet tas med, mens det som utenlandske transportnæringer/turister bruker i Norge trekkes ut. Energiregnskapet tar med forbruket av all energi under den næringen forbruket hører hjemme, uavhengig av om forbruket går til oppvarming eller transport. Råstoff fordeles også på næring sammen med det øvrige energiforbruket.

"Netto innenlands sluttforbruk" viser det teoretiske energiinnholdet i bærere som er levert til sluttforbruk - tilført energi. Verdiene på dette målenivået har dermed en utnyttingsgrad eller effektivitet på 100 prosent for alle energibærerne i sluttforbruket. Noe slikt er ikke mulig for andre energikilder enn elektrisitet. Det blir ikke tatt hensyn til det tapet en får når energibærerne blir brukt til å framstille varme, drive motorer osv. I f.eks. et fyringsanlegg er det en del av det teoretiske energiinnholdet som ikke kommer forbrukeren til gode som varme, ettersom fyringsanlegget ikke kan utnytte energiinnholdet i ved, olje osv. 100 prosent. Kapittel 6 i NOS Energistatistikk 2000, (se lenke nedenfor) inneholder en tabell som viser forbruk av nyttiggjort energi. Dette forbruket er regnet ut på grunnlag av tall fra energibalansen og bruksvirkningsgradene for ulike energibærere (se tabell under).

Produksjonstallet for ved er regnet ut på grunnlag av informasjon om forbruk av ved fra NOS Skogstatistikk, NOS Industristatistikk og forbruksundersøkelsen. Forbruk av ved og avlut i industrien er hentet fra SSBs statistikk over energibruk i industrien. Disse mengdeoppgavene er usikre. Vedforbruket til private husholdninger er basert på data fra den årlige forbruksundersøkelsen. Fra 2003 har det også vært egne undersøkelser om produksjon og bruk av biobrensel. Byrået får nå data fra Norsk Bioenergiforening, som har halvårlige undersøkelser om biobrensel. Gruppen Ved, avfall og avlut omfatter også pellets, briketter, treavfall, sagflis, spon, bark og flis

Gjennomsnittlig energiinnhold, tetthet og virkningsgrader etter energivare¹

Energibærer	Teoretisk energiinnhold	Tetthet	Virkningsgrader		
			Industri og bergverk	Transport	Annet forbruk
Kull	28,1 GJ/tonn	..	0,80	0,10	0,60
Kullkoks	28,5 GJ/tonn	..	0,80	-	0,60
Petrolkoks	35,0 GJ/tonn	..	0,80	-	-
Råolje	42,3 GJ/tonn = 36,0 GJ/m ³	0,85 tonn/m ³	..	..	..
Raffinerigass	48,6 GJ/tonn	..	0,95	..	0,95
Naturgass (2006) ²	39,9 GJ/1000 Sm ³	0,85 kg/Sm ³	0,95	..	0,95
Flytende propan og butan (LPG)	46,1 GJ/tonn = 24,4 GJ/m ³	0,53 tonn/m ³	0,95	..	0,95
Brenngass	50,0 GJ/tonn	..	..	..	..
Bensin	43,9 GJ/tonn = 32,5 GJ/m ³	0,74 tonn/m ³	0,20	0,20	0,20
Parafin	43,1 GJ/tonn = 34,9 GJ/m ³	0,81 tonn/m ³	0,80	0,30	0,75
Diesel-, gass- og lett fyringsolje	43,1 GJ/tonn = 36,2 GJ/m ³	0,84 tonn/m ³	0,80	0,30	0,80
Tungdestillat	43,1 GJ/tonn = 37,9 GJ/m ³	0,88 tonn/m ³	0,80	0,30	0,70
Tungolje	40,6 GJ/tonn = 39,8 GJ/m ³	0,98 tonn/m ³	0,90	0,30	0,75
Metan/ Deponigass	50,2 GJ/tonn	..	..	..	..
Ved	16,8 GJ/tonn = 8,4 GJ/fast m ³	0,5 tonn/fm ³	0,65	-	0,65
Treavfall (tørrestoff)	16,25-18 GJ/tonn = 6,5-7,2 GJ/fm ³	0,4 tonn/fm ³	..	..	..
Avfall	10,5 GJ/tonn	..	..	..	..
Elektrisitet	3,6 GJ/MWh	..	1,00	1,00	1,00
Uran	430-688 TJ/tonn	..	..	..	..

¹ Det teoretiske energiinnholdet kan variere for den enkelte energivare; verdiene er derfor gjennomsnittsverdier.

² Sm³ = standard kubikkmeter (15 °C og 1 atmosfæres trykk).

Kilder: Energistatistikk, Statistisk sentralbyrå, Norsk Petroleumsinstitutt, Kjelforeningen - Norsk Energi og Norges byggforskningsinstitutt.

Energienheter

	PJ	TWh	Mtoe	Mfat	MSm ³ o.e. olje	MSm ³ o.e. gass	quad
1 PJ	1	0,278	0,024	0,18	0,028	0,025	0,00095
1 TWh	3,6	1	0,085	0,64	0,100	0,090	0,0034
1 Mtoe	42,3	11,75	1	7,49	1,18	1,055	0,040
1 Mfat	5,65	1,57	0,13	1	0,16	0,141	0,0054
1 MSm ³ o.e. olje	36,0	10,0	0,9	6,4	1	0,90	0,034
1 MSm ³ o.e. gass	39,9	11,1	0,9	7,1	1,11	1	0,038
quad	1053	292,5	24,9	186,4	29,29	26,33	1

1 Mtoe = 1 mill. tonn (rå)oljeekvivalenter

1 Mfat = 1 mill. fat råolje (1 fat = 0,159 m³)

1 MSm³ o.e. olje = 1 mill. Sm³ olje

1 MSm³ o.e. gass = 1 mrd. Sm³ naturgass

1 quad = 10¹⁵ Btu (British thermal units)

1 joule (J) = 1 watt x 1 sekund

Kilder: Energistatistikk, Statistisk sentralbyrå og Oljedirektoratet.

Vanlig benyttede prefikser

Navn	Symbol	Faktor
Kilo	k	10^3
Mega	M	10^6
Giga	G	10^9
Tera	T	10^{12}
Peta	P	10^{15}
Exa	E	10^{18}

Referanser

Angelidaki I, Ellegaard L, Ahring BK, 2003, Applications of the anaerobic digestion process. I "Biomethanation II", red. Ahring BK, Advances in Biochemical engineering/Biotechnology 82, ISBN 3-540-44321-5.

Arvidsson H, Lundkvist H. 2003. Effects of crushed wood ash on soil chemistry in young Norway spruce stands. For Ecol Manage 176: 121-132.

Arvidsson H, Vestin T, Lundkvist H. 2002. Effects of crushed wood ash application on ground vegetation in young Norway spruce stands. For Ecol Manage 161: 75-87.

Arvidsson H. 2001. Wood Ash Application in Spruce Stands. Effects on Ground Vegetation, Tree Nutrient Status and Soil Chemistry. PhD Thesis. Silvestria 221, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.

Asdal Å, Breland TA, Luz Herrero M, Norgaard E, 2002, Kompostkvalitet – dokumentasjon og anbefalinger. Planteforsk Grønn Forskning 16/2002.

Baardsen, S. 1998. Econometric analyses of roundwood markets and sawmilling in Norway. Doctor scientiarum theses 1998:29. Norges Landbrukshøgskole (Universitetet for miljø- og biovitenskap, Ås.

Ballard TM. 2000. Impacts of forest management on northern forest soils. For Ecol Manage 133: 37-42.

Bekkevold S, 2007, Pers. samtale.

Berglund M, Börjesson P, 2003, Energy systems analysis of biogas systems, IMES/EESS Report No. 44, Department of Environmental and Energy Systems Studies, Lund University, Lund, Sweden.

Bergquist J, Örlander G, Nilsson U. 1999. Deer browsing and slash removal affect field vegetation on south Swedish clearcuts. For Ecol Manage 115: 171-182.

Birkeland, Eide og Tveiten, 2005. 10 TWh ny fornybar varme på Østlandet – en mulighet i 2016 (Østlandsstudien). Norsk Energi 2005

Briseid T, Eek E, Linjordet R, 2006, Biologiske prosesser i sedimenter – En litteraturstudie, Bioforsk Rapport, Vol. 1 nr. 123.

Brunner I, Zimmermann S, Zingg A, Blaser P. 2004. Wood-ash recycling affects forest soil and tree fine-root chemistry and reverses soil acidification. Plant Soil 267: 61-71.

Bøen A, Haraldsen TK, Sørheim R, 2004, Muligheter for bruk av avfallsbasert biorest fra anaerob biologisk behandling, Jordforsk rapport nr. 127, 23 s.

Callesen I, Ingerslev M, Raulund-Rasmussen K. 2007. Dissolution of granulated wood ash examined by in situ incubation: Effects of tree species and soil type. *Biom Bioenerg* doi 10.1016/j.biombioe.2007.06.014.

Clarke N, Wu Y, Strand LT. 2007. Dissolved organic carbon concentrations in four Norway spruce stands of different ages. *Plant Soil* doi 10.1007/s1110-007-9384-4.

Covington WW. 1981. Changes in forest floor organic matter and nutrient content following clear cutting in northern hardwoods. *Ecology* 62: 41-48.

Econ, 2007: Biodrivstoff – status og utsikter. Publikasjon R-2007-069. Econ Pöyry. Oslo

Eklind Y, Beck-Friis B, Bengtsson S, Ejlertsson J, Kirchmann H, Mathisen B, Nordkvist E, Sonesson U, Svennson BH, Torstensson L, 1997, Chemical characterization of source-separated organic household wastes. *Swedish J. agric. Res.* 27: 167-178

Enova, 2007. Fornybar energi 2007.

Fahey TJ, Hill MO, Stevens PA, Hornung M, Rowland P. 1991. Nutrient Accumulation in Vegetation Following Conventional and Whole-Tree Harvest of Sitka Spruce Plantations in North Wales. *Forestry* 64: 271-288.

Fossum M, 1998, Behandlingsprosesser for kjøttbeinmel, SINTEF Energiforskning, Rapport TR A4677.

Fremstad C, 2007, Satsing på reduserte klimagassutslipp og kretsløpstekning i Tine Meierier Foredrag på møtet "Kunnskapsstatus og viktige forskningsbehov innen bioenergi og klimagassutslipp", 11. oktober 2007, UMB, Ås.

Gonzales MV, Asaadi M, Ouki S, 2006, Effect of sludge composition on the degree of stabilisation and gas production during mesophilic anaerobic digestion (MAD) <http://www.thameswater.co.uk/en_gb/Downloads/PDFs/Paper_Treatment_1_Mgonzalez.pdf

Grønlund A, 2007, Personlige samtaler

Haveraaen O. 1981. The effect of cutting on water quantity and water quality from an East-Norwegian coniferous forest. *Medd Nor inst skogforsk* 36.7: 1-27.

Hohle, Erik E. (red.), 2001, Bioenergi – miljø, teknikk og marked, ISBN 82-995884-0-5, Energigården.

Hu J. 2000. Effects of harvesting coniferous stands on site nutrients, acidity and hydrology. Doctor Scientiarum Theses 2000:29, Norges landbrukshøgskole, Ås.

IEA, 2007. Global wood pellets markets and industry. July 2007

Ingerslev M, Mälkönen E, Nilsen P, Nohrstedt HO, Oskarsson H, Raulund-Rasmussen K. 2001. Main findings and future challenges in forest nutritional research and management in the Nordic countries. *Scand J For Res* 16: 488-501.

Jacobson S, Kukkola M, Mälkönen E, Tveite B. 2000. Impact of whole-tree harvesting and compensatory fertilization on growth of coniferous thinning stands. *For Ecol Manage* 129: 41-51.

- Johnson DW, Curtis PS. 2001. Effects of forest management on soil C and N storage: meta analysis. *For Ecol Manage* 10: 227-238.
- Jonsell M. 2007. Effects on biodiversity of forest fuel extraction, governed by processes working on a large scale. *Biomass Bioenerg* doi 10.1016/j.biombioe.2007.06.018.
- KanEnergi m.fl., 2003. 2003, Bioenergiressurser i Norge. Utarbeidet av Lena N. Berg, Per F. Jørgensen, Petter Heyerdahl og Gunnar Wilhelmsen for Norges vassdrags- og energidirektorat, Oslo.
- KanEnergi, 2007. Biomasse – nok til alle formål. Utredning om dagens potensial, betalingsvillighet og mulige effekter for annen industri ed bygging av kraftvarmeanlegg basert på bioenergi. KanEnergi, mars 2007.
- Karlton E, Saarsalmi A, Ingerslev M, Mandre M, Gaitnieks T, Ozolincius R, Varnagiryte I. 2007. Wood ash recycling – possibilities and risks. In: Röser D, Asikainen A, Raulund-Rasmussen K, Stupak I (eds.), *Sustainable use of forest biomass for energy – a synthesis with focus on the Nordic and Baltic countries. Managing Forest Ecosystems Vol. 12*, Springer, in press.
- Knap AH, Norgaard E, 2004, Biogass –ombygging av eksisterende komposteringsanlegg for kildesortert våtorganisk avfall. *Biotek/Norsk Jordforbering*. 73s.
- Levende Skog. 2007. Standard for et bærekraftig norsk skogbruk. http://www.levendeskog.no/levendeskog/vedlegg/levende_skog_standard_bokmaal_04.06.2007_15.22.19.pdf.
- Linjordet R, Lystad H, 2000, Kjøttbeinmel som gjødselvarer. Risiko og nytteverdi. *Jordforsk Rapport*, 2000.
- Marthinsen J, Bjørn E, 2004, Framtidige løsninger for håndtering av matavfall fra storhusholdninger. Mepex, Prosjektrapport 472-360.
- Morken J, Sørby B, Sørby I, Birkeland K, Sakshaug S, 2005, Bruk av bioenergi i landbruket. Er det lønnsomt å bygge gårdsbiogassanlegg, og hvilke fordeler kan bonden og samfunnet oppnå? Rapport fra forprosjekt på Holm gård, Re i Vestfold”. *Grønn kunnskap*, Vol. 9 Nr. 121, Planteforsk.
- NFR, 2007. ”Foresight 2007 – Biodrivstoff og bioenergi”. En rapport fra prosjektet Foresight 2007 i regi av RENERGI-programmet i Forskningsrådet. Norges Forskningsråd, Oslo.
- Nedland KT, 2000, Statusrapport for slam – Bruksområder. Aquateam, rapport nr. 00-018.
- Nedland KT, 2005, Statusrapport for bruk av avløpsslam – endringer siden år 2000. Aquateam, rapport nr. 05-029.
- Nilsen P. 2001. Fertilization Experiments on Forest Mineral Soils: A Review of the Norwegian Results. *Scand J For Res* 16: 541-554.
- Nisbet TR. 2001. The role of forest management in controlling diffuse pollution in UK forestry. *For Ecol Manage* 143: 215-226.

Nobio m.fl., 2007. 10 år med røde tall – barrierer for økt utbygging av lokale varmesentraler og nærvarmeanlegg. Utarbeidet av Norsk bioenergiforening, Norsk varmepumpeforening og Norsk petroleumsinstitutt for Enova SF 2007

NOU, 1998. Energi- og kraftbalansen mot 2020. NOU 1998: 11. Olje- og energidepartementet 3. juli 1998.

Nykvist N, Rosén K. 1985. Effect of clear-felling and slash removal on the acidity of northern coniferous soils. *For Ecol Manage* 11: 157-169.

OECD, 2007. Round Table on Sustainable Development, 2007: Biofuels: is the cure worse than the disease?

OED, 1997. Det interdepartementale arbeidsutvalget for bioenergi. Olje- og energidepartementet, Oslo

OED, 2006 Fakta 2006 om energi og vannressurser i Norge. Olje- og energidepartementet, Oslo.

Ohr K, 2003, Biogassanlegg i Tyskland og Sverige. NRF rapport nr. 8/2003.

Olsson BA, Bengtsson J, Lundkvist H. 1996a. Effects of different forest harvest intensities on the pools of exchangeable cations in coniferous forest soils. *For Ecol Manage* 8: 135-147.

Olsson BA, Staaf H, Lundkvist H, Bengtsson J, Rosén K. 1996b. Carbon and nitrogen in coniferous forest soils after clear-felling and harvests of different intensity. *For Ecol Manage* 82: 19-32.

Olsson BA, Staaf H. 1995. Influence of harvesting intensity of logging residues on ground vegetation in coniferous forests. *J Appl Ecol* 32: 640-654.

Ozolinčius R, Buožytė R, Varnagirytė-Kabašinskienė I. 2007b. Wood ash and nitrogen influence on ground vegetation cover and chemical composition. *Biomass Bioenerg* doi 10.1016/j.biombioe.2007.06.015.

Ozolinčius R, Varnagirytė-Kabašinskienė I, Stakėnas V, Mikšys V. 2007a. Effects of wood ash and nitrogen fertilization on Scots pine crown biomass. *Biomass Bioenerg* doi 10.1016/j.biombioe.2007.06.016.

Palviainen M, Finér L, Mannerkoski H, Piirainen S, Starr M. 2005. Changes in the above- and below-ground biomass and nutrient pools of ground vegetation after clear-cutting of a mixed boreal forest. *Plant Soil* 275: 157-167.

PFI m.fl., 2007. Fra biomasse til biodrivstoff – Et veikart til fremtidige løsninger. Utarbeidet i samarbeid mellom PFI, ZERO, TØI og NoBio. Trondheim/Oslo mai 2007.

Piirainen S, Finér L, Mannerkoski H, Starr M. 2004. Effects of forest clear-cutting on the sulphur, phosphorus and base cations fluxes through podzolic soil horizons. *Biogeochemistry* 69: 405-424.

Planteforsk, 2005, Planteforsk: Husdyrgjødsel, avløpsslam og silopressaft – innhold og virkning (gjødslinghåndbok).

Prescott CE, Maynard DG, Laiho R. 2000. Humus in northern forests: friend or foe? For Ecol Manage 133: 23-36.

Proe MF, Dutch J. 1994. Impact of whole-tree harvesting on second-rotation growth of Sitka spruce: the first 10 years. For Ecol Manage 66: 39-54.

Raulund-Rasmussen K, Stupak I, Clarke N, Callesen I, Helmisaari H-S, Karlton E, Varnagiryte-Kabasinskiene I. 2007. Effects of very intensive biomass harvesting on short and long term site productivity. In: Röser D, Asikainen A, Raulund-Rasmussen K, Stupak I (eds.), Sustainable use of forest biomass for energy – a synthesis with focus on the Nordic and Baltic countries. Managing Forest Ecosystems Vol. 12, Springer, in press.

Rosland J. 2007, Pers. samtale

Rothpfeffer C, Karlton E. 2007. Inorganic elements in tree compartments of *Picea abies*-Concentrations versus stem diameter in wood and bark and concentrations in needles and branches. Biomass Bioenerg doi 10.1016/j.biombioe.2007.06.017.

Rothpfeffer C. 2007. From wood to waste and waste to wood – aspects on recycling waste products from the paper-pulp mill to the forest soil. PhD Thesis, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.

Ryan DF, Huntington TG, Martin CW. 1992. Redistribution of soil nitrogen, carbon and organic matter by mechanical disturbance during whole-tree harvesting in northern hardwoods. For Ecol Manage 49: 87-99.

Schroeder M. 2007. Insect pests and forest fuel. In: Röser D, Asikainen A, Raulund-Rasmussen K, Stupak I (eds.), Sustainable use of forest biomass for energy – a synthesis with focus on the Nordic and Baltic countries. Managing Forest Ecosystems Vol. 12, Springer, in press.

SeMM, NILF, 2007. Norsk landbruk i karbonøkonomien. Elementer av et mulig fremtidsbilde. Norsk institutt for landbruksøkonomisk forskning, Oslo.

SFT, 2005, Reduksjon av klimautslipp i Norge – En tiltaksanalyse for 2010 og 2020. TA-2121/2005, ISBN 82-7655-269-2

Skullerud H, 2006, Pers. samtale

SLU 2004. Bioenergiutredningen. URL:
http://www.sfak.slu.se/ShowPage.cfm?OrgenhetSida_ID=2632

Solheim OE, Fjordside C, Panter K, 2003, Hydrolysis and digestion of biodegradable municipal waste at Lillehammer, Norway – 2 years full scale experience. 8th European Biosolids and Biowastes Conference. Wakefield, England

Solumgruppen, 2006, Bryggerier er langt mer enn øl
<http://www.norskjordforbedring.no/bistroemmer/bryggeriindustri>, lesedato 14.12.2006

SSB 2007. Én av fire med overskudd i skogbruket. <http://www.ssb.no/emner/10/04/20/stskog/>

Staaf H, Olsson BA. 1994. Effects of Slash Removal and Stump Harvesting on Soil Water Chemistry in a Clearcutting in SW Sweden. Scand J For Res 9: 305-310.

Stenberg I. 1994. Hvittryggspett *Dendrocopos leucotos*. I: Gjershaug JO, Thingstad PG, Eldøy S, Byrkjeland S (red.) Norsk fugleatlas. Norsk Ornitologisk Forening, Klæbu, s. 306-307.

Størdal, S & Ørbeck, M. (1996) Bioenergi i treforedlingsindustrien. ØF-rapport nr. 35/96. Østlandsforskning, Lillehammer.

Størdal, S. 2003. Biobrensel i Norge: marked, potensial og barrierer. ØF-rapport nr. 18/2003. Østlandsforskning, Lillehammer.

Størdal, S., Baardsen, S. 2002. Estimating price taking behavior with mill-level data: the Norwegian sawlog market 1974-1991. *Canadian Journal of Forest Research* 32: 401-411.

Størdal, S., Nyrud, A.Q. 2003. Testing roundwood market efficiency using a multivariate cointegration estimator. *Forest Policy and Economics* 5: 57-68.

Størdal, S. 2004. Impacts of the European Economic Area Agreement on the structure and concentration of roundwood sales in Norway. *Forest Policy and Economics* 6: 49-62.

Stupak I, Asikainen A, Jonsell M, Karlton E, Lunnan A, Mizaraite D, Pasanen K, Pärn H, Raulund-Rasmussen K, Röser D, Schröder M, Varnagiryte I, Vilkryste L, Callesen I, Clarke N, Gaitnieks T, Ingerslev M, Mandre M, Ozolincius R, Saarsalmi A, Armolaitis K, Helmisaari H-S, Indriksons A, Kairiukstis L, Katzensteiner K, Kukkola M, Ots K, Ravn HP, Tamminen P. 2007. Sustainable utilisation of forest biomass for energy – possibilities and problems, policy, legislation, certification and recommendations. *Biomass Bioenerg* doi 10.1016/j.biombioe.2007.06.012.

Swaan, 2006. Domestic and international markets for wood pellets. Foredragfoiler fra oktober 2006 av John Swaan, executive direktor wood pellets organisation of Canada.

Trømborg, E., Bolkesjø, T.F., Solberg, B. 2007. Skogbasert bioenergi til oppvarming – økonomisk potensiale i Norge og effekt av økonomiske virkemidler. INA-fagrapport 9. Institutt for naturforvaltning, Universitetet for miljø- og biovitenskap, Ås.

Vennesland, B., Hobbeldstad, K., Bolkesjø, T., Baardsen, S., Lileng, J., Rolstad, J. 2006. Skogressursene i Norge 2006. Muligheter og aktuelle strategier for økt avvirkning. Viten fra Skog og landskap 03/2006. Norsk institutt for skog og landskap, Ås.

Vesterdal L, Jørgensen FV, Callesen I, Raulund-Rasmussen K. 2002. Skovjordens kulstoflager – sammenligning med agerjorde og indflydelse af intensiveret biomasseudnyttelse. I: Christensen BT (red.), Biomasseudtag til energiformål – konsekvenser for jordens kulstofbalance i land- og skovbrug. DJF rapport Markbrug 72, pp. 14-28.

Wetterlund, E. 2007. Kampen om kubbarna - En studie av konkurrensen om skogsråvaran, i Karlsson, M och Palm, J (red.) Omställning för uthållighet - essäer om energisystem i utveckling. Arbetsnotat nr 34, Program Energisystem. Linköpings universitet, 2007. URL: http://www.ikp.liu.se/energi/staff/eliwe/Publikationer/Wetterlund-Kampen_om_kubbarna.pdf

Wilhelmsen G, Marthinsen AK, Sandberg E, Fladset PO, Kjerschow E, Teslo E, 2001, Biobrensel – egenskaper og produksjon. I: Bioenergi – Miljø, Teknikk og marked, Energigården. Red. Hohle EE, ISBN 82-995884-0-5.

Worldwatch Institute, 2007: Biofuels for Transport: Global Potential and Implications for Energy and Agriculture.

- Worrell R, Hampson A. 1997. The influence of some forest operations on the sustainable management of forest soils – a review. *Forestry* 70: 61-85.
- Yanai RD, Currie WS, Goodale CL. 2003. Soil Carbon Dynamics after Forest Harvest: An Ecosystem Paradigm Reconsidered. *Ecosystems* 6: 197-212.
- Økland B (red.) 2002. Insekter, sopp og karplanter innført til Norge ved tømmerimport fra Russland og Baltikum. *Aktuelt fra skogforskningen* 2/02: 1-24.
- Økland B (red.) 2004. Sopp, insekter og karplanter innført til Norge ved tømmerimport fra Russland og Baltikum. *Aktuelt fra skogforskningen* 5/04: 1-24.
- Ørbeck, M. & Hesthagen, N. (1996) Trelastindustrien som energiprodusent, -bruker og -leverandør. ØF-Rapport nr. 17/96. Østlandsforskning, Lillehammer.
- Ørbeck, M. & Rydehell, M. (1998) Norsk trebrensel til Sverige? Norsk produksjon og anvendelse av trebrensel sett i lys av endringer i svenske virkemidler og markeder. ØF-rapport nr. 06/98. Østlandsforskning. Lillehammer.
- Ørbeck, M. & Størdal, S. (1996) Skogsflis til energiformål. ØF-Rapport nr. 36/96. Østlandsforskning, Lillehammer.
- Ørbeck, M., Leirvik, B. & Sandberg, E. (2001) Ny fornybar varmeenergi i Norge – En utredning om varmemarkedet og Varmeanleggsordningen. ØF-rapport nr. 12/2001. Østlandsforskning, Lillehammer.
- Åström M, Dynesius M, Hylander K, Nilsson C. 2005. Effects of slash harvest on bryophytes and vascular plants in southern boreal forest clear-cuts. *J Appl Ecol* 42: 1194-1202.
- Åström M, Dynesius M, Hylander K, Nilsson C. 2007. Slope aspect modifies community responses to clear-cutting in boreal forests. *Ecology* 88: 749-758.

Bioenergi i Norge – potensialer, markeder og virkemidler

Den foreliggende utredningen skal være en del av kunnskapsgrunnlaget for Regjeringens utarbeiding av en egen bioenergiestrategi. Utredningens hovedmålsetting er å kartlegge mulighetene for å etablere og videreutvikle velfungerende omsetningssystemer for bioenergi med bakgrunn i kartlegging og drøfting av ressurstilgang på biobrensler i Norge, herunder omfanget av import og eksport, kostnader ved å øke tilgangen på biomasse til energiformål, dagens bruk av bioenergi, miljøkonsekvenser av økt bruk av bioenergi, konkurranse med bruk av biomasse til andre forhold, rammebetingelser som påvirker produksjon og forbruk og mulige næringsmessige konsekvenser

Rapport nr.: 17/2006

ISSN nr: 0809-1617