



Bioenergi i Noreg

Håvard Hamnaberg og Maria Sidelnikova
(red.)

25
2011

R A P P O R T



Bioenergi i Noreg

Mot ein kostnadskurve for meir uttak

Rapport nr 25-11

Bioenergi i Noreg

Utgjeve av: Noregs vassdrags- og energidirektorat

Redaktørar: Håvard Hamnaberg og Maria Sidelnikova

Forfattarar: NVE Seksjon for resurser og KanEnergi (Vedlegg)

Trykk: NVE sitt hustrykkeri

Opplag: 50

Framside: Rune Stubrud

ISBN: 978-82-410-0771-2

Samandrag:

Emneord: bioenergi, potensial, kostnad, fornybar energi

Noregs vassdrags- og energidirektorat

Middelthunsgate 29

Postboks 5091 Majorstua

0301 OSLO

Telefon: 22 95 95 95

Telefaks: 22 95 90 00

Internett: www.nve.no

November 2011

Innhold

1	INNLEIING	8
1.1	DEN POPULÆRE BIOENERGIEN	8
1.2	POTENSIAL	8
1.3	MILJØ- OG KLIMAEFFEKTER.....	10
1.3.1	<i>Er bioenergi klimanøytralt?.....</i>	11
2	METODE	12
2.1	SVAKHEITER.....	12
2.2	INNDELING	12
2.3	KJELDER FOR ESTIMATA.....	13
2.4	KOSTNADAR	13
2.4.1	<i>Kostnadar vs. priser.....</i>	13
2.4.2	<i>Flis og gass</i>	13
2.4.3	<i>Kvalitet</i>	14
2.5	KVA AVGJER TILGANGEN PÅ RÅSTOFF I MARKNADEN?.....	15
2.5.1	<i>Aktivitet i andre bransjar.....</i>	15
2.5.2	<i>Barrierar</i>	15
2.5.3	<i>Marknadsutvikling.....</i>	16
3	POTENSIAL OG KOSTNADAR	17
3.1	SKOGBRUK	17
3.1.1	<i>Treet sine delar.....</i>	17
3.1.2	<i>Tømmer frå slutthogst.....</i>	20
3.1.3	<i>Tynning</i>	22
3.1.4	<i>Greiner og toppar</i>	23
3.1.5	<i>Stubbar og røter</i>	26
3.1.6	<i>Oppsummering</i>	26
3.2	PLEIE AV LANDSKAP	27
3.2.1	<i>Kraftgater</i>	27
3.2.2	<i>Rydding av jernbaneliner</i>	28
3.2.3	<i>Rydding av vegkantar</i>	29
3.2.4	<i>Biomasse frå kulturlandskap</i>	29
3.2.5	<i>Oppsummering</i>	30
3.3	JORDBRUK.....	30
3.3.1	<i>Halm</i>	30
3.3.2	<i>Kornavrens.....</i>	33
3.3.3	<i>Husdyrgjødsel</i>	33
3.3.4	<i>Energivekstar</i>	34
3.3.5	<i>Oppsummering</i>	34
3.4	BIPRODUKT FRÅ INDUSTRI.....	34
3.4.1	<i>Trelastindustri.....</i>	34
3.4.2	<i>Papir- og masseindustri</i>	35
3.4.3	<i>Møbel- og trevareindustri</i>	35
3.4.4	<i>Bygg og anlegg</i>	35
3.4.5	<i>Næringsmiddelindustri</i>	35

3.4.6	<i>Oppsummering</i>	35
3.5	HUSHALD OG TENESTEYTING	36
3.5.1	<i>Matrestar</i>	36
3.5.2	<i>Kloakk</i>	36
3.5.3	<i>Anna avfall</i>	36
3.5.4	<i>Oppsummering</i>	36
3.6	DEPONIGASS	37
3.7	BIOMASSE FRÅ VATN OG HAV	37
3.8	OM AVFALL	37
3.9	OPPSUMMERING	38
3.9.1	<i>Kostnadskurven</i>	40
4	VIDARE ARBEID	41
VEDLEGG A: KJELDER		42
VEDLEGG B: REGIONINNDELING		43
VEDLEGG C: KANENERGI OG ECON PÖRY SIN RAPPORT		44

Føreord

Det er viktig å få grep om kor mykje bioenergi vi kan gjere tilgjengeleg i Noreg og kva det vil koste. Bioenergi er svært populært som alternativ til fossile brensel, noko mellom anna Klimakur 2020 synte.

NVE registerer at det er diskusjonar i det offentlege rom om kor ønskeleg det er å bruke bioenergi i stor skala, men vi er ikkje i posisjon til å ta stilling i det spørsmålet. Med dei rådande teljemåtar er bioenergi utsleppsfree, fornybar energi, og det treng verda store mengder av for å redusere drivhusgassutsleppa.

Kjeldene til bioenergi er mangfaldige og det er krevjande å komme fram til nøyaktige kartleggingar av potensial og kostnadar. I NVE jobbar Ressursseksjonen i Energiavdelinga med desse spørsmåla, som krev meir av vår merksemd i åra som kjem.

Denne rapporten går gjennom dei ulike kjeldene til bioenergi og søker å setje opp ein kostnadskurve. Ein kostnadskurve er eit steg på vegen, men ikkje nok til å få eit rett bilet av korleis marknaden vil reagere på myndighetene sine verkemiddel – det trengst også eit bilet av kva pris produsentane vil krevje for å gjere bioenergi tilgjengeleg.

Vi er altså langt frå å vere i mål med denne rapporten, men vi vel likevel å publisere han som ein status for NVE sin kunnskap om bioenergipotensialet i Noreg. Vi håpar rapporten kan bidra til eit konstruktivt ordskifte og betra data og analysar av bioenergi i Noreg.

Oslo, november 2011

Marit d. Fossdal

Marit Lundteigen Fossdal
avdelingsdirektør

Håvard Hamnaberg
Håvard Hamnaberg
fung. seksjonssjef

Samandrag

Denne rapporten er ei vidareutvikling av ein rapport frå KanEnergi og Econ Pöyry NVE fekk overlevert etter bestilling i 2009. NVE har arbeidd fram ei sjølvstendig framstilling av stoffet, og til ein viss grad gjort våre eigne vurderingar.

Hovudføremålet med rapporten har vore å legge eit grunnlag for vidare arbeid i NVE med tilgangen på bioenergi – der ambisjonen er å etablere ei tilbodskurve for Noreg. Det er valt å dele inn potensialet etter økonomisk sektor, men det ligg også geografiske fordelinger i materialet.

Innhaldet og konklusjonane står for NVE si rekning, men det vert gjort ei rad tilvisingar til underlagsrapporten frå KanEnergi og Econ Pöyry. Den opphavlege rapporten er publisert som vedlegg til denne rapporten.

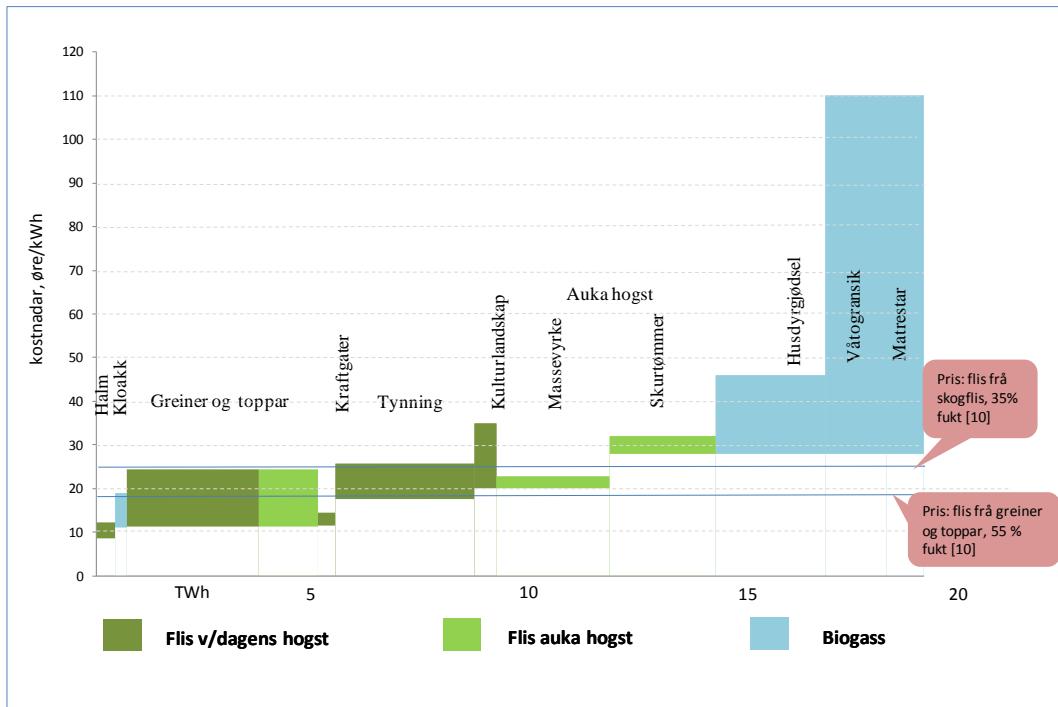
Hovudkonklusjonen frå dette arbeidet er at det er mogleg å gjøre tilgjengeleg om lag 14 TWh meir bioenergi i Noreg enn det som vert brukt i dag, til ein kostnad som ligg lågare enn ca. 30 øre/kWh. Nesten heile dette potensialet stammar frå skogen og krev ein auke i uttaket opp til netto balansekvantum¹. Dei største ressurskategoriane er stammevyrke ved auka slutthogst (5 TWh), tynningsvyrke (3,2 TWh) og greiner og toppar (4,4 TWh). Medan ressurspotensialet frå skogen er godt dokumentert, er kostnadsestimata ved auka hogst til balansekvantum svært usikre.

Ytterlegare 5 TWh kan vere tilgjengeleg i form av biogass til en kostnad som er både høgare og har større usikkerheit enn den faste bioenergien.

Til saman er det sett kostnadar på ressurskategoriar som utgjer ca. 19 TWh, medan om lag 3,5 TWh står att utan at vi veit kva kostnadane vil vere for å gjøre dei tilgjengelege. Den største kategorien her er stubbar og røter.

Det er sett opp ein kostnadskurve basert på dette arbeidet, som er attgjeven her. Denne reflekterer berre tekniske kostnadar, og tek ikkje omsyn til løn, provisjonar, skattar eller avgifter. Verdien av alternativ bruk av biomassen er heller ikkje vurdert. Kostnadskurva må difor ikkje forvekslast med ei tilbodskurve.

¹ Balansekvantum: Det volumet ein kan ta ut av skogen årleg utan å måtte redusere det i framtida – ressursmessig berekraftig uttak.



Det vidare arbeid har som siktemål å etablere ei tilbodskurve for bioenergi i Noreg og å på generell basis betre datagrunnlaget for analysar.

1 Innleiing

Denne studien er hovudsakleg basert på arbeid gjort av KanEnergi og Econ Pöyry i 2009. Kåre Hobbelstad (Norsk institutt for skog og landskap) og Morten Øhrbeck (Østlandsforskning AS) har også vore bidragsytarar i dette arbeidet. Grunna eit ønske om ei anna framstilling og supplerande dokumentasjon er rapporten omarbeidd og redigert av NVE. Den opphavlege rapporten er publisert som vedlegg til denne rapporten som dokumentasjon av arbeidet som vart gjort av KanEnergi og Econ Pöyry i 2009.

I arbeidet med rapporten til KanEnergi oppretta NVE ei referansegruppe, der medlemmene var Ellef Grimsrud (Viken Skog), Trond Bratsberg (Enova), Hege Haugland (dåverande Statens forureiningstilsyn, no Klima- og forureningsdirektoratet), Ivar Asbjørn Leirvåg og Arild Tokle (Statskog).

Arbeidet i NVE er gjort i Ressursseksjonen i Energiavdelinga, og utover redaktørane har Karen Nybakke og Knut Hofstad vore sentrale i arbeidet.

1.1 Den populære bioenergien

Bioenergi har til alle tider spela ei viktig rolle i energiforsyninga i Noreg, og bruken har ligge stabilt på rundt 14-15 TWh årleg, fordelt halvt om halvt på vedfyring og industriell bruk. Interessa for bioenergi har vore stigande dei seinare åra, motivert mellom anna av klimaproblematikken og fornybarsatsingen.

Ein indikator for interessa for bioenergi såg ein i Klimakur. Utgreiingsarbeidet Klimakur 2020 vurderte tiltak og verkemiddel for å redusere utsleppa av norske drivhusgassar. For tiltaka vart også endringa i etterspurnaden etter energibeararar registrert. Oppsummeringa av alle tiltaka syntetiserte ein svært stor etterspurnad etter bioenergivarar – større enn dei potensiala ein har operert med tidlegare.

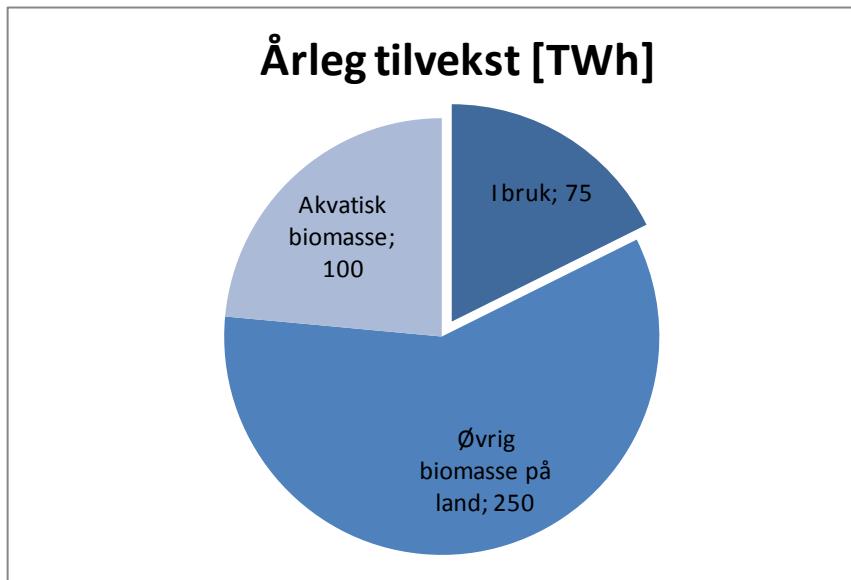
Hovudgrunnen til at bioenergi er så etterspurd til klimatiltak er at det ofte er relativt enkelt å føse denne energitypen inn – ofte er det små investeringar i utstyr som skal til for å kunne bruke meir bioenergi. Eit eksempel er transportsektoren – bilparken skiftast svært sakte ut, slik at omlegging til t.d. elektriske bilar vil ta lang tid. Flytande bioenergi kan derimot til ein viss grad brukast i dagens bilpark utan investeringar og strukturelle omstillingar.

Bioenergi er også populært grunna regjeringa sin politikk for å legge om frå direkte bruk av elektrisitet til oppvarming til oppvarming via vassborne system. Bioenergi er ein konkurransedyktig måte å skaffe varme til slike system på. Dessutan har bioenergi gode eigenskapar med omsyn til forsyningssikkerheit, då han kan lagrast. Bruk av bioenergi kan også avlaste kraftnettet i kalde periodar.

1.2 Potensial

Den årlege tilveksten av biomasse i Noreg er, basert på innstråla energi og verknadsgraden i fotosyntesen, stipulert til om lag 425 TWh. Dette fordeler seg på landbasert biomasse (325 TWh) og akvatisk biomasse (100 TWh) [1].

Ein tidlegare studie [1] har sett den utnytta delen av denne tilveksten til 15 – 20 prosent, altså vert om lag 75 TWh av tilveksten nytta til mat, før, varer og energi. Rundt 20 TWh av tilveksten går til jordbruksprodukt og ei lik mengd til skogbruksprodukt.

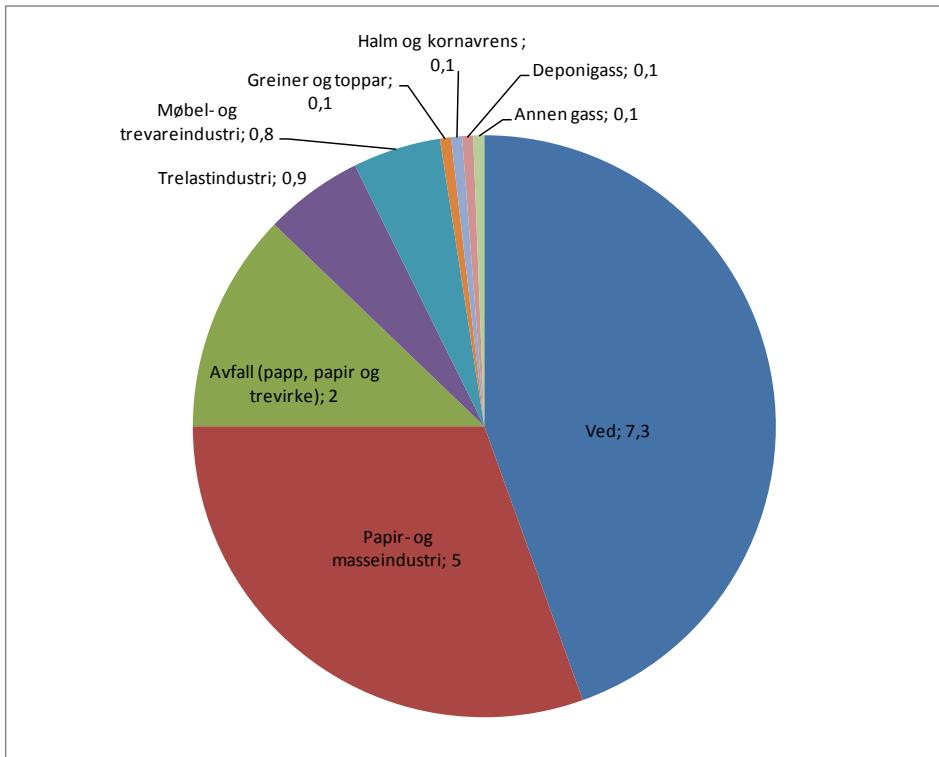


Figur 1: Årleg tilvekst av biomasse i Noreg. Kjelde: Energigården [1]

Det finst ulike estimat for tilgangen på bioenergi i Noreg utover det som vert nytta i dag. Mellom dei viktigaste kjeldene er Østlandsforskning sin studie [8] frå 2007, som danna grunnlag for regjeringa sin bioenergistrategi [6].

KanEnergi har gjort ei rad vurderingar av bioenergipotensial på oppdrag frå NVE. Den fyrste vart gjort i 2003 [2] og ei oppdatering vart gjort i 2008 (denne rapporten vart ikkje publisert). Desse rapportane oppsummerer dagens bruk av bioenergi og vurderer moglegheitene for å auke bruken ut frå økologiske og tekniske tilhøve.

KanEnergi skriv at det årleg vert brukt 16 TWh bioenergi i Noreg [2], i hovudsak i form av biomasse frå skogbruk og jordbruk og bioavfall fyrt inn i fjernvarmeanlegg (sjå Figur 2). Dei viktigaste bruksområda var vedfyring, varmeføremål i industrien og brenning av bioavfall. Det er verdt å merke seg at kunnskapen om bruken av ved dels stammar frå spørjeundersøkjingar, sidan vedøkonomien til ein viss grad er uformell.



Figur 2: Årleg bruk av bioenergi i Noreg (TWh). Kjelde: KanEnergi.

Studien frå 2008 syntetiserte at det teknisk sett er mogleg å auke bruken til 34 – 36 TWh i året, der dei største kjeldene var tynning, greiner og toppar, rydding av kulturlandskap, bioavfall, halm og organisk materiale som kan omformast til biogass. I den nyaste studien er potensialet noko høgare enn i studien frå 2003, basert på at ein trur det er ressursgrunnlag til å hente ut meir biogass enn i den førre studien (basert på [9]).

Sjølv om KanEnergi sitt siste arbeid oppdaterer potensiala var hovudføremålet med dette arbeidet å setje opp ein kostnadskurve for bioenergipotensialet. Det er viktig å streke under at vi har studert kostnadar, som ikkje må forvekslast med prisar (sjå kapittel 2).

1.3 Miljø- og klimaeffektar

Både ved uttak og bruk av bioenergi påverkar ein naturen, på grunn av inngrep i økosystem og utslepp ved brenning og transport av råstoff.

Som med andre energikjelder vil miljøeffektane variere kvalitativt og kvantitativt. I nokre tilfelle kan effektane vere positive også, som ved rydding av kulturlandskap.

Konfliktpotensialet ser ut til å vere størst når det gjeld hausting i skog. Ein rapport frå Nordisk ministerråd [3] går gjennom effekta av hausting av biomasse når det gjeld biodiversitet, landskap og kulturminneverdiar. Nokre stadar kan ein hauste bioenergi med avgrensna eller delvis positive effekta på naturmangfaldet, medan andre stadar er det eit stort potensial for konflikta.

Dei store konfliktane er knytta til hogst i rike skogtypar, truga vegetasjonstypar og habitat med konsentrasjon av artar (spesielt artar på raudlista²) og i gammal naturskog. Andre moglege konfliktar er mogleg skifte av treslag i skogen ved innføring av meir rasktveksande tresortar.

Om lag halvparten av artane på raudlista er knytte til skogen, først og fremst sopp og biller³. Mange av artane på raudlista treng stabile miljøtilhøve og tilgang på daud ved med ulik storleik og ulik grad av nedbryting.

Inon⁴-områda vil også verte minka av auka uttak, spesielt ved utviding av skogsvegnettet.

Biomasse henta frå rydding av kraftgater og vegkantar, innsamling av greiner og toppar og tynningshogst kan sannsynlegvis gjerast utan store konfliktar med naturmangfald eller andre miljøinteresse. I tillegg til rydding av attgrodd kulturmark kan denne typen hausting av biomasse ha positiv verknad på landskapet og delvis også på naturmangfaldet.

Myndighetene har ikkje direkte kontroll med uttak av bioenergi frå skog, i motsetnad til det ein har gjennom konsesjonssystemet som eksisterer for vindkraft og vasskraft. Slik sett vil det vere vanskeleg på førehand å vurdere kor skadeleg eit auka uttak vil vere.

Bruk av bioenergi fører til utslepp til luft, spesielt i form av partiklar og nitrogenoksid, men også CO₂. Bruttoutsleppa frå brenning av bioenergi er på 370 gram CO₂ per kWh innfyrt energi, som er på line med utsleppa frå brenning av kol [10].

1.3.1 Er bioenergi klimanøytralt?

NVE registerer at det i det siste har vore diskusjonar om bioenergi er ei klimanøytral energikjelde.

Utgongspunktet er at bioenergi er del av det ”korte” karbonkrinslaupet på jorda, og at karbonet som vert slept ut ved forbrenning vil verte spegl av eit tilsvarande opptak der uttaket vart gjort. Bioenergi er også definert som ei nullutsleppskjelde i FN-organa IPCC og UNFCCC. Også i EU sitt fornybardirektiv er bioenergi sett på som fornybar energi på line med vind- og vasskraft. Direktivet syner likevel ein viss skepsis til bioenergi, då det er lagt stor vekt på reglar for å sikre at spesielt flytande bioenergi har relle positive klimaeffektar, der det også vert teke omsyn til energibruk og utslepp i verdikjeda fram til nyttbar energiberar.

Mot synet på bioenergi som utsleppsfrift vert det ført fleire argument. Det eine går på utslepp i verdikjeda, knytt til energibruk (skogsmaskiner, transport, prosessering). Vidare vert det peika på at det er kunnskapshol når det gjeld effektar på karbonlagringa i jordsmonnet der biomassen har stått. Til sist vert det også ført som argument at karboninnhaldet i atmosfæren vil vere mindre om ein let skogen stå – tabloid sagt er det ei billeg form for karbonlagring.

Tema rundt klimanøytralitet, karbonlagring og klimaskog er ikkje vidare diskutert i dette arbeidet.

² Norsk Rødliste (raudlista) vert publisert av Artsdatabanken, og gjev eit oversyn over truga artar i Noreg.

³ Figur 13 på side 76 i Norsk Rødliste 2006 syner talet på artar som vert påverka negativt av ulike aktivitetar knyttte til skogbruk.

⁴ Inngrepsfrie naturområde i Noreg (Inon) er eit omgrep som Direktoratet for naturforvalting nyttar for å skildre kor mykje natur som ikkje er påverka av tekniske inngrep.

2 Metode

Målsetjinga for dette arbeidet har vore å kartlegge kostnadene ved auka uttak av bioenergiressursar i Noreg. Ein har avgrensa arbeidet til å berre dekke ”tekniske kostnadane,” altså produksjonskostnadene og noko transport.

Grunnlaget for denne rapporten har vore arbeid utført av KanEnergi og EconPöyry. Dersom kjelder eller resonnement ikkje er spesifisert er det dei to selskapa som står bak (sjå Vedlegg C: KanEnergi og Econ Pöyry sin rapport).

Ressursen biomasse er krevjande å kartlegge. Tal frå landsskogtakseringa fortel langt ifrå alt om kva som er mogleg å ta ut av bioenergi frå skogen, og langt mindre kva kostnadane ved eit slikt uttak vil vere. Eigartilhøve, teknologi, svært ulik topografi, og dermed tilgang til skogsressursen, i tillegg til at mengdene er svært dårlig dokumentert gjer skogressursen innfløkt. Dessutan ligg råstoffet i fleire sektorar. I ein del tilfelle er kostnadene og ressursmengdene basert på ”gjengse oppfatningar,” som KanEnergi/EconPöyry anten har henta frå referansegruppa eller samtalar med bransjeaktørar.

2.1 Svakheiter

Denne rapporten har fleire svakheiter, som vi håpar kan rettast opp i seinare utgåver.

Ein av dei mest openberre svakheitene er at vi ikkje har kunnskap om skogressursane i Finnmark, då landsskogtakseringa ikkje omfattar dette fylket. Utover det er kunnskapen om biomassen i skogen nokså solid, medan kostnadene ved auka hogst er meir usikre. Umogen teknologi eller lite røynsle i Noreg med dei einskilde ressurstypane gjer kostnadsverdningane usikre.

Eit spesifikt problem med kostnadene ved å framskaffe biogass er at kostnadene ved innsamling av råmateriale til produksjonen ikkje er tekne med.

Auka tilgang til bioenergi er også knytt til biprodukt og restar frå anna aktivitet, som biomasse frå landskapspleie eller biomasse frå skogindustri. Bioenergipotensialet frå desse aktivitetane er ikkje fullt og heilt dokumentert i dag. Biomasse kan brukast til fleire føremål og tilgangen til ressursar er eit resultat av eit samspel mellom mange aktørar på fleire marknadar. Eit eksempel er at trevyrke kan brukast både i treforedlingsindustrien og til bioenergi.

Det er ikkje teke omsyn til marknadsdynamikk i denne rapporten. Vi har difor lagt til grunn at aktivitetane i dei andre marknadane vert haldne på det noverande nivået. Det er heller ikkje teke omsyn til kva verknadar ein auke i etterspurnaden etter bioråstoff vil ha på marknaden.

Alternativverdi er heller ikkje vurdert – altså: Vi har ikkje vurdert kva nytte vi vil ha av å bruke bioenergiressursen på anna vis. Dersom råvaren kan bli brukt til fleire føremål, går den tapt for andre aktivitetar når den vert brukt som bioenergi. Dette fører til tap for samfunnet og bør reknast med i ein samfunnsøkonomisk analyse. Eksempel på dette er tømmer som har ein høg verd når det vert nytta som byggemateriale eller som råstoff til treforedling.

2.2 Inndeling

Når ein skal studere potensial og kostnadene for ein så amorf kategori som bioenergi er, må ein kategorisere. I ei kategorisering må ein vere konsekvent, spesielt når det er stor usikkerheit, mellom anna for å unngå dobbeltteljing.

Her har vi valt å gruppere etter økonomisk sektor; altså skogsdrift, jordbruk, industri, hushald-osb. Alternativt kunne ein gruppert etter energiberar eller etter geografi, men vi meiner det ville gjort det vanskelegare å gjennomføre analysen.

Framstillinga startar med den ”reine” bioenergien lågast i verdikjedane, nemleg skog og kulturlandskap, før han held fram med jordbruk og går vidare til bioenergi som kan finnast som biprodukt og bioavfall etter annan økonomisk aktivitet (industri og hushald).

2.3 Kjelder for estimata

Kjeldene for estimata for ressursmengder er dels eigne utrekningar som er spesifiserte i denne rapporten eller i KanEnergi/Econ Pöyry i vedlegget, eller (fyrst og fremst) basert på tidlegare utgreningar. To svært sentrale rapportar er Østlandsforskning sin rapport *Bioenergi i Norge – potensialer, markeder og virkemidler* [8], som låg til grunn for regjeringa sin bioenergistrategi, og Østfoldforskning sin rapport *Potensialstudie for biogass i Norge* [9].

2.4 Kostnadar

Dette arbeidet har hatt som mål å setje opp eit framlegg til ein kostnadskurve for auka uttak av bioenergi på norsk jord. Resultatet er kostnadar, ikkje prisar, for å gjere bioenergi tilgjengeleg i form av flis eller biogass.

2.4.1 Kostnadar vs. prisar

Kostnadar i denne samanheng tyder summen av kostnadane for kvar aktivitet som er naudsynt for å gjere flis eller biogass tilgjengeleg på eit nærmare definert punkt i Noreg. Desse aktivitetane kan framstillast som ein ”verdikjede,” og det er definert for kvar kostnad kva aktivitetar som er tekne med i utrekningane av kostnad. Mellom anna varierer det i kva grad transport er med.

Sjølvे råvaren er ikkje representert i kostnadane her, sjølv om ein del av ressursen vil ha ein alternativ bruk. Dersom ein råvare har ein alternativ bruk som har ein positiv verdi, vil det vere eit samfunnsøkonomisk tap å bruke denne, og ein burde ha inkludert dette som ein kostnad. Det er ikkje teke med her, men bør med i framtidige analysar.

Prisar skil seg frå kostnadar ved at dei vert settet i marknaden som ein funksjon av tilbod og etterspurnad, og vil inkludere skattar og avgifter.

Det er ein stor internasjonal bioenergimarknad, og det er lite truleg at større uttak av bioenergi i Noreg vil påverke dei internasjonale prisane. Internasjonale bioenergiprisar vil også avgrense den nasjonale priseffekten av større nasjonalt tilbod av bioenergi.

Det er ikkje gjort vurderingar av noverande eller framtidige bioenergiprisar, men dette kan vere aktuelt å ta med ved framtidige analysar. Då kan kostnadskurvane supplerast med vurderingar av kva seljarane vil krevje av profitt og kva skattar og avgifter som må betalast, for slik å komme fram til ei tilbodskurve. Denne kan så samanliknast med utsiktene for internasjonale bioenergiprisar for å kunne vurdere kor stor del av bioenergipotensialet i Noreg som kan utløysast ”av seg sjølv,” altså utan subsidiar.

2.4.2 Flis og gass

Det er ikkje alltid enkelt å komme fram til eintydige kostnadar for bioenergi, då desse er ein funksjon av fleire tilhøve. Dei viktigaste variablane er geografi, teknologi, transportlengd og i kva grad ressursen er eit biprodukt frå annan aktivitet.

Dei verdikjedene vi har studert stoppar ved ferdig flis/ved eller ikkje oppgradert biogass. Ei slik tilnærming er mellom anna valt for å forenkle problemstillingane – det vert fort komplisert om ein også skal vurdere flyten vidare via ulike energiberarar til ferdige energitenester.

Kostnadars knytt til dyrking av råstoff og kostnadars til infrastruktur fell utanfor denne analysen. Det same gjeld kostnadars for å avverje miljøeffektar, t.d. gjødsling og spreiling av aske.

Dersom bioenergien kjem som eit resultat av annan aktivitet, er ikkje kostnadane ved hovudaktiviteten ført over på bioenergiberaren.

2.4.3 Kvalitet

Denne rapporten vurderer kostnadars ved å ta ut bioenergi i Noreg og gjere denne tilgjengeleg som flis eller biogass. Kostnadars ved oppgradering eller foredling av flis/gass er ikkje dekkja her.

Både fast biobrensel og biogass varierer i brennverdi og kvalitet ut frå korleis produksjonen har skjedd. Innhaldet av vatn er ein vesentleg parameter av fleire grunnar.

For det første avgjer fuktinnhaldet effektiv brennverdien per masseining. Det er altså mogleg å auke brennverdien på flisa ved å tørke han. Dette kan utgjere eit visst energipotensial, men er ikkje studert her.

For det andre avgjer fuktinnhaldet lagringsevna til flisa. Ein haug rå flis med fukt over 50% kan ikkje lagrast lenge før det går varmgong i flisa grunna nedbrytingsprosessar, medan vyrke som er tørka ned til 30-35 prosent fukt kan flisast opp og lagrast.

Store varmesentralar kan i mange høve nytte ganske rå flis (fukt på 40-45 prosent), eller bark med fukt på 55 prosent, medan mindre anlegg toler fukt opp til 35 prosent med dagens teknologi.

I denne rapporten brukar vi effektiv brennverdi for trevyrke med 55 % fukt. Reknar vi med ein nedre brennverdi på 5,32 kWh/kg tørrstoff, vert effektiv brennverdi 4,49 kWh/kg tørrstoff for trevyrke med 55 % fukt. Ut frå desse føresetnadene får ein ca 1800 kWh⁵ ut av ein fastkubikkmeter rått vyrke (fm³) og 720 kWh for ein lauskubikkmeter (lm³) skogsflis. Ein fastkubikkmeter utgjer 2,5 laus kubikkmeter flis.

Det er fleire tilhøve som påverkar kvaliteten til brenslet og med det verdien på brenslet:

- Storleiken på flisa. For varmeprodusentane er det svært viktig at flisa har nokolunde einsarta storlek og at det ikkje er lange trebitar som kan stogge matesystema.
- Finstoff. Varmeprodusentane vil ikkje ha for mykje finstoff av di dette kan påverke drifta. Støv gjev problem med handtering av brenslet, gjev utslepp til luft og gjev dårlig arbeidsmiljø.
- Ureiningar. Flis som inneheld framandlekamar kan gje stans i drifta. Sand, jord, gjørme m.m. inneheld mineral som lagar slagg ved brenning. I mindre kjelar kan også bark vere ei uønskt ureining.

Kvalitetskrava gjer det ofte naudsynt å blande brensel av ulike typar for å få god nok kvalitet. Til dømes er det vanleg å blande lass frå ulike kjelder saman, eller å blande inn flis frå heiltrevyrke saman med flis frå greiner og toppar. Slik kvalitetssikring skjer gjerne på terminalar eller ved store varmesentralar. Denne typen kostnadars er ikkje teke med i denne studien.

⁵ Basis densitet er antatt 400 kg/fm³.

2.5 Kva avgjer tilgangen på råstoff i marknaden?

I denne rapporten konsentrerer vi oss om å vurdere kostnadane ved å gjøre meir bioenergi tilgjengeleg frå norske kjelder. Prisen på bioenergi og kostnadane ved å framstaffe han er i stor grad avgjerande for kor mykje bioenergi som blir tilbode på marknaden.

Det er likevel viktig å peike på at det ikkje berre er kostnader og pris som avgjer kor mykje bioenergi som vert gjort tilgjengeleg.

Nokre tilhøve som påverkar kor mykje bioenergi som vert tilbode, utanom pris, er aktivitetar i andre sektorar som bioenergiressurser er avhengig av, barrierer som hindrer auka tilgang til bioenergiråvarer (til dømes topografi og eigarskapsstruktur i skogbruket) og teknologi.

Vidare kan miljørestriksjonar påverke potensialet. Moglege skadelege verknadar frå auka uttak av bioenergi er drøfta i kapittel 1.3.

2.5.1 Aktivitet i andre bransjar

Nokre bioenergiressursar er knytte til andre aktivitetar, som til dømes skogsdrift, jordbruk og treforedling. Ressursane kan gjerast tilgjengelege som ein konsekvens av aktiviteten, t.d. i form av bioavfall eller biprodukt, eller dei andre aktivitetane kan konkurrere med energiaktørar om ressursen. Dersom aktivitetsnivået i ein av desse bransjane endrar seg, vil det påverke tilbodet av bioenergivarer.

Eit par eksempel:

Dersom uttaket av tømmer for sal til byggebransjen fell, kan tilbodet av greiner og toppar falle som ein konsekvens av lågare uttak av tømmer. Dette kan vegast opp av at det kan verte ledig kapasitet til å ta ut tømmer til energiføremål.

Innsatsfaktorane til biogassproduksjon (gjødsel, matavfall, fiskefett og liknande) er tynt spreidde geografisk sett og krev komplisert logistikk. Kostnadseffektiviteten til biogass-anlegg kan difor vere avhengig av at aktørar i fleire bransjar og i fleire verksemder held opp eit prognostisert aktivitetsnivå. Dessutan er lønsemada i biogassanlegg avhengig av at avfallsanlegget kan nytte biogassen sjølv, eller at det er mottakarar av gassen i nærleiken.

Bioenergivarer er også innsatsfaktorar i annan produksjon, som treforedling og matproduksjon. Etterspurnaden frå desse sektorane vil også vere med på å påverke tilgangen, og dermed prisane på biomasse til energiføremål.

2.5.2 Barrierar

Det er ein del strukturelle og teknologiske barrierar som kan verke mot at det potensialet som er skildra her lett kan takast i bruk.

For det fyrste er norske skogareal fordelt på mange eigrarar, som kvar har små eigedommar. Denne eigarstrukturen er ikkje gunstig med tanke på å utvikle storskala hogstaktivitet som kan gje låge nok kostnadar for uttak av greiner og toppar og liknande. Eigarstrukturen kan også gjøre det vanskeleg å få bygd det naudsynte skogsvegnettet for rasjonell drift. Moderne skogsmaskinar er dessutan kostbare og vil krevje større/eigna skogsareal for å kunne forsvarast økonomisk.

I ein del tilfelle kan utnytting av nokre av ressursgruppene krevje utvikling av ny teknologi for norske tilhøve. Eit eksempel på dette er utnytting av stubbar og røter frå skog – eit anna er utnytting av gjødsel o.a. til biogassproduksjon i liten skala.

2.5.3 Marknadsutvikling

Det er mogleg at kostnadane ved uttak av bioenergi kan falle ettersom etterspurnaden aukar, då ein kan oppnå stordriftsfordelar. Dette er delar av forklaringa på dei lågare kostnadane vi ser i våre naboland, sjølv om dei viktigaste er lettare terreng og kortare transportdistansar.

Ein større, meir mogen marknad vil også gjere det meir interessant å tilby lagertenester, som vil glatte ut prisskilnadane mellom sesongane.

3 Potensial og kostnadar

I dette kapitlet vurderer vi kostnadar ved uttak av dei mest vanlege formene for bioenergi. Det er valt å organisere framstillinga etter økonomisk sektor: skogbruk, pleie av landskap, jordbruk, industri og hushald.

3.1 Skogbruk

Det største potensialet for bioenergi finn vi i skogen. Noko av potensialet kan hentast ut utan å auke den klassiske hogstaktiviteten i skogen, ved å ta ut tynningsvyrke, greiner og toppar. Den største mengda tilgjengeleg bioenergi heng derimot tett saman med aktiviteten i trelastindustrien. Om ein skal auke uttaket av bioenergi mykje utover dagens hogst må ein hogge stammevyrke til energiføremål.

Dei siste tiåra har skogbruket vorte meir mekanisert. Berre mindre delar av dagens hogst skjer manuelt, det er i hovudsak hogstmaskiner og lassberarar som gjer arbeidet. Medan realprisen på tømmer har falle i den same perioden, har mekanisering og auka produktivitet ført til lågare kostnadar slik at inntektene til skogeigarane har halde seg akseptable. Norsk skogsdrift er altså moderne og ein kan ikkje vente seg lågare kostnadar i nær framtid.

Sidan starten av det 20. hundreåret har tilvoksteren i norske skogar auka kraftig, mellom anna grunna massiv skogplanting mellom 1950 og 1970.

Utrekninga av kor mykje bioenergi som kan hentast ut frå norske skogar er gjort med basis i den åttande landstakst⁶.

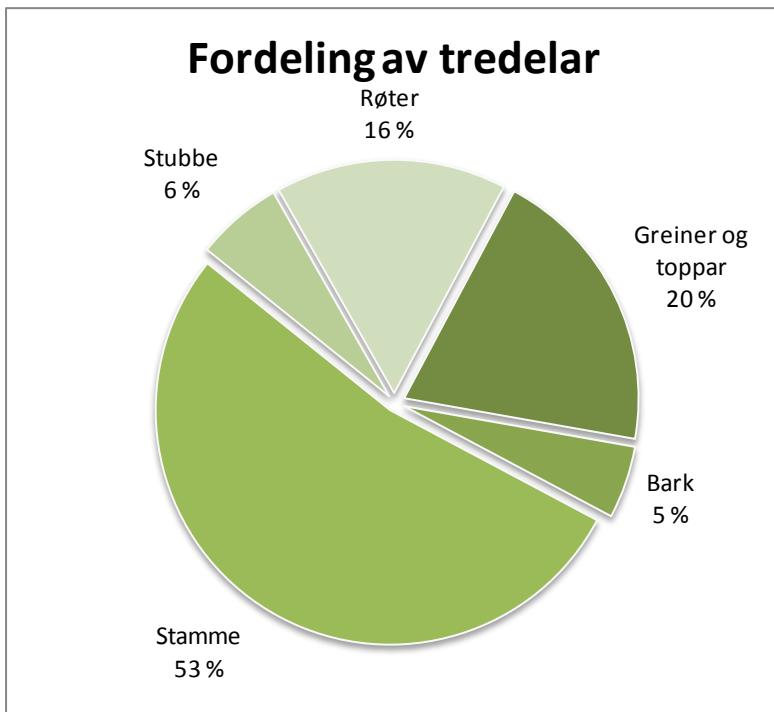
I det vidare er Noreg delt inn i fire regionar etter skogtilstand og dagens takt i hogsten. Region 1 er låglandet på Austlandet, region 2 er dal- og fjellområda på Austlandet og heile Sørlandet. Region 3 er Vestlandet, medan region 4 er Noreg nord for Dovre. Finnmark er ikkje teke med, av di landstaksten ikkje omfattar dette fylket. Sjå Vedlegg B: Regioninndeling for eit kart som syner regioninndelinga.

3.1.1 Trete sine delar

3.1.1.1 Fordeling og terminologi

Eit tre er delt i stamme, stubbe og røter, bark og greiner og nåler (inkludert toppar). Den prosentmessige fordelinga av biomasse i eit tre er gjeve av Marklund sine funksjonar, som er vist i Figur 3. Fordelinga er henta frå [11].

⁶ Landstakst er kortform for Landsskogtakseringa, som vert utført av Institutt for skog og landskap kvart femte år. Den åttande landstaksten er presentert i [5].



Figur 3: Prosentmessig fordeling av biomasse på dei ulike delane av treet etter Marklund sine funksjonar. Kjelde: Institutt for skog og landskap.

I det vidare omtalar vi hogst av stammevyrke i form av to aktivitetar: slutthogst og tynningshogst. Uttak av greiner og toppar, som er det same som greiner og nåler, er omtala for seg, og det same er uttak av stubbar og røter. Uttak av bark er ikkje omtala i denne rapporten.

Mesteparten av hogsten i skogbruk er slutthogst. Ved slutthogst vert trevyrke levert til både sagbruk og trefordling, medan tynningsvyrke, spesielt frå fyrstegangstynning, stort sett berre eignar seg til treforedling.

Eit sentralt omgrep er **balansekvantum**. Dette refererer til den mengda ein kan ta ut på lang sikt, altså den mengda ein kan ta ut i dag utan å måtte redusere uttaket i framtida. Her nyttar vi omgrepet **brutto balansekvantum**, som er ein reint fysisk storleik, og **netto balansekvantum**, der ein har redusert kvantumet for å nærme seg praktiske storleikar.

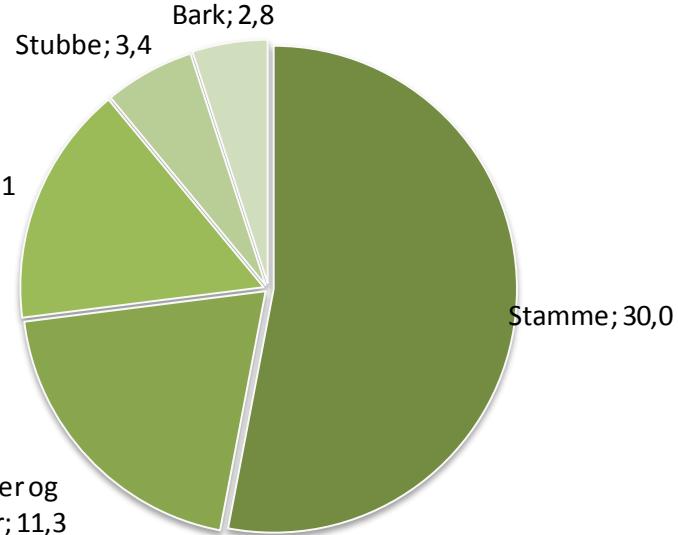
Spesifikt har ein for netto balanskvantum trekt frå 10 prosent av massen/energimengda av miljømessige grunnar, og ein har trekt frå område som av ulike grunnar er utilgjengelege. Samla gjer det at netto balansekvantum er 25 prosent mindre enn brutto balansekvantum.

3.1.1.2 Energimengder

I følgje Institutt for skog og landskap er brutto balansekvantum i den norske skogen på heile 16,8 millionar tonn tørrstoff [11], som tilsvrar 75,4 TWh⁷. Ein reduksjon på 25 prosent til netto balansekvantum gjev 56,6 TWh, i sum for alle tredelar. Figur 4 syner fordelinga på delane i trea, gitt biomassefordelinga etter Marklund sine funksjonar og lik brennverdi for dei ulike tredelane.

⁷ Med effektiv brennverdi 4,49 kWh/kg ved 55 % fuktighet (sjå kap. 2.4.3).

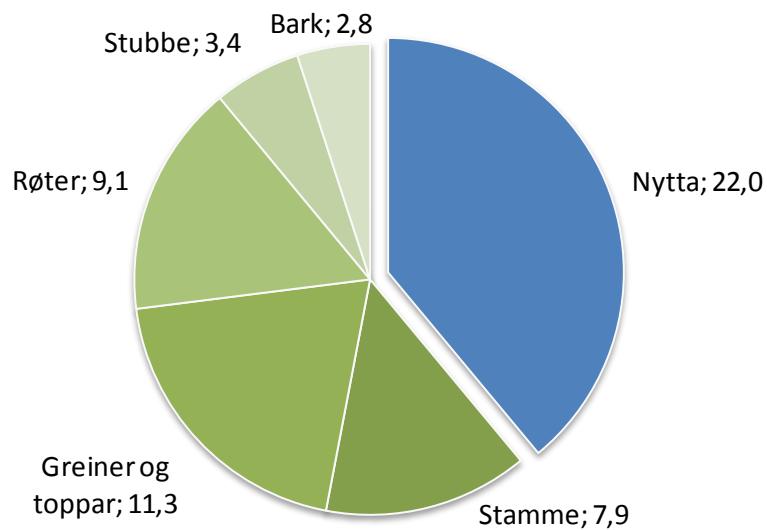
Fordeling av netto balansekvantum på tredelar (TWh)



Figur 4: Fordeling av netto balansekvantum på tredelar ved 55 prosent fukt. Kjelde: Institutt for skog og landskap, NVE.

Ein stor del av netto balansekvantum er nytta i dag. Institutt for skog og landskap estimerer dette til 26,3 TWh ved 0 % fukt. Ved 55 % fukt vert dette 22 TWh. Vi kan gå ut frå at det aller meste av dette er i form av stammevyrke (sjå Figur 5).

Fordeling av netto balansekvantum på tredelar, inkludert bruk (TWh)



Figur 5: Fordeling av netto balansekvantum på tredelar, inkludert bruk, ved 55 prosent fukt. Kjelde: Institutt for skog og landskap, NVE.

Vi ser her at det står att mykje biomasse i skogen, men at den største delen av den unytta bioenergien er anna type biomasse enn stammevyrke.

3.1.2 Tømmer frå slutthogst

Den klassiske hogstaktiviteten i skogen i dag er stort sett frå slutthogst. Det er vanleg å dele tømmer inn i to kategoriar, basert på kvalitet: skurtømmer og massevyrke. **Skurtømmer** har høgast kvalitet og vert nytta i sagbruk. **Massevyrke** er tømmer som ikkje held kvalitetskrava til sagbruk på grunn av råteskader el.l. Dette vert i dag stort sett kjøpt av treforedlingsindustrien, og prisane ligg på rundt halvparten eller ein tredel av prisane på skurtømmer.

Dei siste åra er slikt tømmer av låg kvalitet i aukande grad kjøpt inn av produsentar av biobrensel, særleg i Sverige og Finland, noko som illustrerer at det er konkurranse på tvers av sektorar om bioenergiressursar.

Tømmer brukt til energiføremål kallar ein **energivyrke**. I Noreg vert lite tømmer brukt til energiføremål.

3.1.2.1 Ressursen

Som synt i Figur 5 står ein att med ein *teoretisk* maksimal mogleg auke i hogsten til netto balansekvantum som tilsvarer ei energimengd på ca. 8 TWh i form av stammevyrke (ved 55% fukt).

I denne framstillinga er noko under halvparten av dette omtala under delkapitlet om tynningshogst, og er dekka av kostnadskurven i den kategorien, medan resten er handtert som slutthogst (sjå Tabell 1).

Potensial	
Sum potensial massevyrke	7,9 TWh
Kan hoggast ved tynning	2,9 TWh
Rest: Slutthogst	5 TWh

Tabell 1: Korleis er massevyrke bokført i kostnadskurven?

Volumet som kan komme frå auka slutthogst er teke inn i kostnadskurven, sjølv om vi ikkje har kostnadstal for dette. Vi har valt å legge til grunn observerte prisar i 2008 på massevyrke og skurtømmer frå Statens landbruksforvaltning⁸ (sjå Tabell 2). Det er sannsynleg at kostnadane ved auka uttak av tømmer opp mot balansekvantum er høgare enn kostnadane ved dagens uttak, men dette har vi ikkje grunnlag for å seie noko konkret om.

Vidare har vi lagt til grunn at fordelinga mellom skurtømmer og massevyrke ved auka hogst er lik fordelinga mellom dei to kvalitetane i 2008 som vist i Tabell 2. Det betyr at ved auka hogst er 2,4 TWh (48 % av 5 TWh) i form av skurtømmer og 2,6 TWh (52 % av 5 TWh) i form av massevyrke.

⁸ Statens landbruksforvaltning, Tømmeravvirkning og –priser (2007-2010)
www.slf.dep.no/no/statistikk/skogbruk

	Pris, kr/m ³			Volum	
	min	maks		m ³	%
Skurtømmer	453	391	474	3 964 300	48
Massevyrke	272	237	288	4 238 000	52
Total				8 202 300	100

Tabell 2: Avverking og prisar for skurtømmer og massevyrke i 2008.

Kjelde: Statens Landbruksforvaltning.

3.1.2.2 Kostnadur

Kostnadane for uttak av **trevyrke** (massevyrke og skurtømmer) varierer med terrenget, transportlengd, volum og storleiken på trea.

KanEnergi/EconPöyry har vurdert kostnadane for kvart steg i verdikjeda fram til ferdig flis. Utgongspunktet er ein pris på massevyrke (gran) levert skogsbilveg. Denne prisen, som då sjølvsagt inkluderer fortenesta til skogeigarane, er publisert av Statens landbruksforvalting i fyrste kvartal 2009, og gjeld kalenderåret 2008⁹.

KanEnergi/EconPöyry har altså ikkje komme fram til ein *kostnad* for uttak av massevyrke, men brukar prisen i staden. Basert på ein personleg samtale har selskapet indikert ein faktisk kostnad på 4,5 -7,5 øre/kWh, men det er uklårt kva dette inkluderer.

Kostnadane for dei andre ledda i verdikjeda er gjort av Viken Skog. I sum gjev analysen ein "kostnad" på 20,2-22,7 øre/kWh for massevyrke og 27,9-32 øre/kWh for skurtømmer, som er synt i Tabell 3.

Steg	Massevyrke (øre/kWh)	Skurtømmer (øre/kWh)
Pris levert skogsbilvei	11,9-14,4	19,6-23,7
Transport	4	4
Mellomlagring terminal	1,4	1,4
Flising	2,9	2,9
Total produksjonskostnad	20,2-22,7	27,9-32

Tabell 3: "Kostnadur" ved slutthogst.

I denne analysen er det ikkje teke omsyn til transport til brukarane, men KanEnergi estimerer denne kostnaden til 3 øre/kWh. I følgje KanEnergi vil massevyrke kunne bli aktuelt som energiråstoff dersom betalingsviljen i energimarknaden er 24-25 øre/kWh. Betalingsviljen for flis er framleis for låg til at større volum med massevyrke til energiføremål vert utløyst.

⁹ Se fotnote 8.

3.1.3 Tynning

Ved tynning høgg ein nokre av trea innanfor eit område, slik at dei som står att veks raskare og får betre kvalitet. Ein kan hogge for å tynne fleire gongar før ein høgg heile området, og samla utgjer tynningshogsten 10-15 prosent av alt som vert hogge.

Slik tynningsvyrke, spesielt frå fyrstegongstynning, er ofte veleigna til bioenergi, og vert elles klassifisert som massevyrke.

Det er to måtar å hente ut tynningsvyrke på; med eller utan greiner og toppar. I det siste tilfellet kvistar ein treet på hogststaden og lett greinene og toppane ligge att. I det fyrste tilfellet fraktar ein ut heile treet, noko som gjev ein vinst på 10 – 15 prosent i volum.

Tynning er eit element i langsigktig forvalting av skog. Kor mykje som vert gjort kjem an på skogeigar sine preferansar og kva prisar han ventar framover.

3.1.3.1 Ressursen

I følgje Institutt for Skog og Landskap kan ein teoretisk ta ut om lag 20 prosent av netto balansekvantum ved tynningshogst. Fyrstegongstynning vil utgjere rundt 60 prosent av dette volumet, og det er dette som fyrst og fremst er eigna som biobrensel.

Tabell 4 syner potensialet for å ta ut meir bioenergi frå skogen ved tynningshogst. Tabellen er delt opp etter om trea vert henta ut med greiner og toppar eller ikkje. Det er rekna med at greinene og toppane legg til 10 prosent i energimengd.

	Uttak av berre stamme		Uttak av heile tre	
	mill m ³ *	TWh**	mill m ³ *	TWh**
Region 1	1,04	1,87	1,14	2,05
Region 2	0,20	0,36	0,22	0,40
Region 3	0,24	0,43	0,27	0,49
Region 4	0,12	0,21	0,13	0,23
Sum	1,60	2,88	1,76	3,17

Tabell 4: Energipotensial frå tynning. Kjelder: *Norsk institutt for skog og landskap og KanEnergi.
**rekna ut frå brennverdi på 1800 kWh/m³.

3.1.3.2 Kostnadene

Det er rekna ut kostnadene for uttak av tynningsvyrke ved uttak av heile treet (heiltrevyrke) og av berre stamme (stammevyrke). Kostnadane er vurderte av Viken Skog, og synte i Tabell 5 og Tabell 6. Transport til forbrukar fell utanfor systemgrensene i denne analysen, men er oppgjeven til 3,6 øre/kWh.

Steg	Kostnad (øre/kWh)
Hogst og utkjøring	11,4-19,4
Tørking i ranke	0,4
Flising	5,7
Totalt	17,6-25,6

Tabell 5: Kostnadene for flis frå heiltre ved tynningshogst.

Heiltrevyrket vert flisa opp på staden i staden for å verte transportert til terminal og flisa opp der, slik at flisingenkostnaden er høgare for heiltrevyrket.

Steg	Kostnad (øre/kWh)
Hogst, kvisting og utkjøring	10,3-14,3
Transport	5,1
Mellomlagring på terminal	1,4
Flising	2,9
Total	19,7-23,7

Tabell 6: Kostnadar for flis frå stammevyrke, dvs kvista tre.

Dersom ein tek ut tynningsvyrke for å selje det som bioenergi er det naturleg å ta det ut som heiltre, grunna større energimengd og potensielt lågare kostnad. I det vidare er det difor tynningsvyrke som heiltre som er teke med i kostnadskurven.

3.1.4 Greiner og toppar

Greiner og toppar er eit biprodukt frå hogst. Dette vert stort sett liggande att i skogen med dagens praksis, og er så langt ein lite nytta ressurs. I våre naboland aukar bruken av greiner og toppar til energiføremål, t.d. vart det nytta 1,7 millionar m³ av dette i Finland i 2006.

Dersom ein reknar om greinene og toppane til fastvolum utgjer de 20-25 prosent av stammevolumet, men ikkje alt dette kan utan vidare nyttast.

Mykje av næringsstoffa i ung skog er i greinene og toppane¹⁰. Uttak av greiner og toppar over lang tid kan difor føre til utarma jord og nedgong i skogproduksjonen. For å bøte på dette kan ein måtte føre næringsstoffa attende til skogen ved å spreie aske eller gjødsle på annan måte.

Det er vanleg å legge att minst 30 prosent av greinene og toppane for å minske næringstapet i hogstflata, og i nokre næringsfattige område let ein alt ligge att. På stadar med beresvak mark og i ulendt terreng brukar ein greiner og toppar som eit beredekke/armeringsteppe for skogsmaskiner. Etter slik bruk vert greinene og toppane ueigna som brensel. Uttak av greiner og toppar krev også eigna lagerareal langs veg og areal for å manøvrere maskiner.

3.1.4.1 Ressursen

Institutt for skog og landskap v/Kåre Hobbelstad¹¹ har gjort ei vurdering for KanEnergi/EconPöyry av kor mykje greiner og toppar som kan takast ut ved dagens hogsttakt og dersom ein aukar hogsten til balansekvantum. Tabell 7 syner resultata fordelt på regionar.

	Auka uttak ved dagens hogst	Ved netto balansekvantum
	mill m ³	mill m ³
Region 1	1,04	1,33
Region 2	0,25	0,44
Region 3	0,10	0,30
Region 4	0,28	0,35
Sum	1,67	2,42

Tabell 7: Mogleg auka uttak av greiner og toppar. Kjelde: KanEnergi

¹⁰ Skog og landskap: Glimt 03/09.

¹¹ Basert på den 8. landsskogtakst, tolka og tilrettelagd av Kåre Hobbelstad, som også har sitte i referansegruppa til KanEnergi. Når det i det vidare er referert til Norsk institutt for skog og landskap referer det til samme datagrunnlag og tilretteleggjar. Sjå elles [5].

Til saman gjev dette eit samla potensial på 1,67 millionar m³ ved dagens hogst, noko som stig til 2,42 millionar m³ dersom hogsten aukar til balansekvantum. Dette tilsvarar 3 TWh og 4,4 TWh.

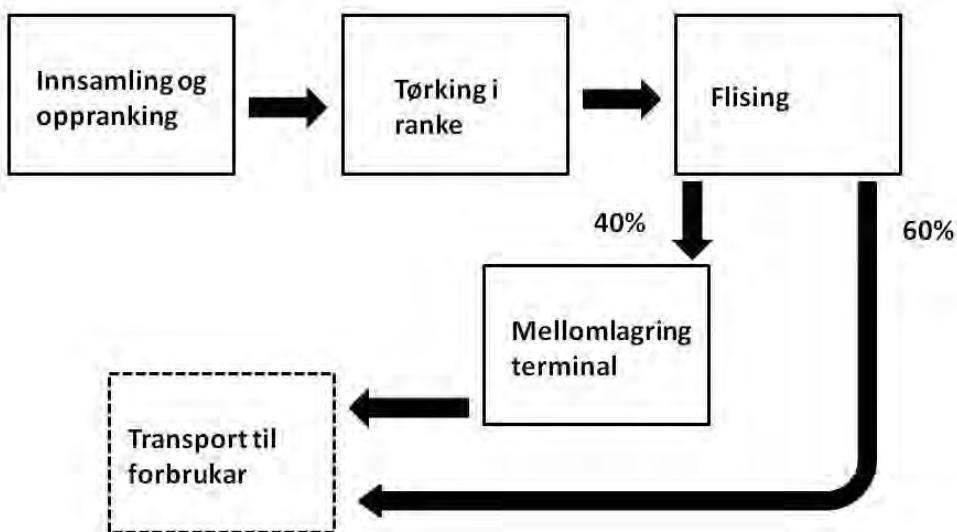
Ein bør merke seg at delar av dette potensialet (ca 0,3 TWh) også er teke med under tynningshogst, då toppane og greinene i heiltreet som vert tynna ut er ein del av biomassen i det totale volumet.

3.1.4.2 Kostnadar

Når vi vurderer kostnadane ved å hente ut meir greiner og toppar frå skogen ser vi bort frå kostnadane ved hogst og kvisting – dette er kostnadar som er knytte til uttaket av tømmeret. Kostnadar knytt til gjødsling eller tilbakeføring av oske er heller ikkje tekne med.

Den mest aktuelle måten å hente ut greiner og toppar på er å tørke dei i rankar, flise han opp i skogen og frakte ut ferdig flis. Alternativt kan ein komprimere biomassen og frakte han til flising ved terminal. Kostnadar ved ei slik handtering er ikkje kjend og dermed ikkje omtala her, men det kan nemnast at sjølve flisinga er billegare ved terminal enn i skogen.

Kostnadane for å auke uttaket av greiner og toppar er altså knytt til flising i skogen og transport til terminal. Noko må lagrast til fyringssesongen, og ein har difor gått ut frå at 40 prosent av flisa vert transporterte til terminal for lagring, medan 60 prosent vert frakta rett til forbrukar.



Figur 6: Verdikjede greiner og toppar til flis

For å vurdere kva kostnaden kan vere for innsamling og opprankning har KanEnergi basert seg på Østlandsforskning (2007), medan kostnadane for resten av verdikjeden er vurdert av Viken Skog. Kostnadane for innsamling, transport og opprankning kjem an på terren og avstandar, og er difor delt opp etter tungt eller lett terren og små eller store avstandar.

Ein har berre teke med 40 prosent av kostnadane ved transport og mellomlagring, då berre 40 prosent av biomassen er føresett å gå gjennom dei stega. Transport til forbrukar er ikkje med i denne analysen, men KanEnergi set kostnaden ved dette til 4,1 øre/kWh.

Resultatet er oppsummert i Tabell 8, og er nærmare skildra i KanEnergi/Econ Pöyry sin rapport.

Steg	Kostnad (øre/kWh)		
	Lette tilhøve	Middels tilhøve	Vanskelege tilhøve
Innsamling og opprankning	2,6	4,5	15,6
Tørking		0,4	
Flising		5,7	
Transport		2,1 (=5,1*0,4)	
Mellomlagring terminal		0,6 (=1,4*0,4)	
Totalt	11,3	13,2	24,4

Tabell 8: Kostnadar for flis frå greiner og toppar. Kjelde: KanEnergi og Østlandsforskning

For å få eit bilet på korleis ressursen fordeler seg mellom dei tre kategoriane driftstilhøve, har Institutt for skog og landskap v/Kåre Hobbelstad gjort ei vurdering av korleis terrenget er i dei fire regionane ein opererer med i denne samanhengen.

Driftstilhøve (%)			
	Lette	Middels vanskelege	Vanskelege
Region 1	10	85	5
Region 2		70	30
Region 3		60	40
Region 4	5	75	20

Tabell 9: Driftstilhøva i regionane. Kjelde: KanEnergi

Denne fordelinga er kopla med informasjon om ressursen i dei ulike regionane, noko som gjev grunnlag for å setje opp ein tabell for kostnadar og energimengder, synt i Tabell 10.

Driftstilhøve	Potensial for greiner og toppar (TWh)		Kostnadar (øre/kWh)
	Dagens hogst	Tillegg for hogst ved balansekvantum	
Lette	0,21	0,06	11,3
Middels	2,39	0,99	13,2
Vanskelege	0,40	0,30	24,4
Sum	3,01	1,35	

Tabell 10: Kostnadar og energimengder, greiner og toppar.

3.1.4.3 Kostnadsutvikling

Ein tek ut lite greiner og toppar i Noreg i dag. Dersom marknaden for brensel frå skogen aukar, kan det verte meir interessant å kjøpe spesialmaskiner for å ta ut greiner og toppar, noko som kan gje lågare kostnadar for å ta ut denne biomassen.

For å illustrere kor lågt prisane kan falle, kan ein sjå nærmare på svenske tilhøve, der marknaden er 5 – 10 gonger større enn i Noreg. I Sverige er greiner og toppar langt viktigare som energiråstoff. Den største kostnadskomponenten er innsamling, terrengtransport og opprankning, som i denne

analysen er sett til 21 – 124 NOK/lm³. I Sverige ligg kostnadane på 23 – 24 NOK/lm³, i følgje EconPöyry. Kostnadane for flising ligg også noko lågare enn i Noreg.

Data frå eit varmeverk i Mälardalen syner ein kostnad for flising på 11-12 øre/kWh, inkludert ein råvarekostnad på 3,5 øre/kWh, noko det vil vere vanskeleg å komme under i Noreg.

3.1.5 Stubbar og røter

Stubbar og røter har ein biomasse lik 30 prosent av stammen for gran og furu og noko mindre for bjørk. Det er ikkje andre økonomiske bruksområde for ressursen.

Bruken av denne biomassen til energiføremål er ikkje utbreidd i Noreg, medan han både i Sverige og Finland vert nytta til energi. Det er relativt dyrt å få stubbar og røter fram til forbrukar, og sand og jord gjev meir oske ved brenning enn ved andre bioenergikjelder.

Det er fordelar og ulemper med å ta ut stubbar og røter. Fordelane går på det driftsmessige i skogen – det vert lettare å plante nytt og ein slepp smitte av rotrote til neste generasjon skog. Ulempene er miljømessige – uttaket gjev større risiko for erosjon og skadar det biologiske mangfaldet. Det er eit omdiskutert spørsmål om det er miljømessig forsvarleg å ta ut store mengder stubbar og røter.

Ved hausting av stubbar til biobrensel er det vanleg å ta desse ut av jorda med gravemasking og legge dei i haugar. Slik vert dei liggjande i eitt år for å verte vaska reine av regnet. Neste steg er å køyre dei til terminal for å reinske dei meir og knuse dei. Sjølv etter dette er biomassen ureina, og høver best for store anlegg (større enn 10 MW).

3.1.5.1 Ressursen

Dersom ein tek ut alle stubbar og røter som i dag vert ståande att etter sluthogst, sit ein att med 4,7 millionar m³ (8,5 TWh), i følgje Institutt for skog og landskap, men det reelle potensialet er sterkt avgrensa av praktiske og miljømessige omsyn.

Dersom ein tek bort potensial i taubaneterreng og i terregn som er lengre enn 500 meter frå driftsvegar i tillegg til potensial i område med dårlege veksttilhøve¹², ender ein opp med eit potensial på 1,6 millionar m³, eller 2,9 TWh.

3.1.5.2 Kostnadar

Det er ikkje gjort studier av kostnadar ved stubbar og røter i Noreg, og KanEnergi har difor ikkje sett kostnadar på denne ressursen. Likevel kan ein seie at dette er ein ressurs som er dyrare enn greiner og toppar, særleg grunna ureininga som gjer oppflising dyrare.

I Finland ligg kostnaden på rundt 80 NOK/fm³ for stubbemasse samla inn til skogsveg innanfor ein avstand på 200 meter til vegen. Dette er kostnadar som forutset ”markberedning,” altså ein aktivitet der ein fjernar torvlag for å skunde på den naturlege forynginga av skogen.

Grunna uviss miljøkonsekvens og manglande kostnadstal er ikkje stubbar og røter tekne med i kostnadskurven.

3.1.6 Oppsummering

Skogen er vår viktigaste kjelde til bioenergi, og dei største tilleggsressursane frå skogen får ein ved å auke uttaket til netto balansekvantum. Tabell 11 gjev eit oversyn for bioenergipotensialet frå

¹² Inkluderer altså berre skog med bonitet H₄₀ = 11 og betre.

skogen. **Fysisk potensial** refererer til netto balansekvantum, medan **Nyttbart potensial** refererer til den delen av det fysiske potensialet det er sett kostnadar på.

	Fysisk potensial (TWh)	Nyttbart potensial (TWh)	Kostnad (øre/kWh)
Stammevyrke	7,9	-	-
- Uttak ved auka slutthogst (massevyrke)	-	2,6	20,2-22,7
- Uttak ved auka slutthogst (skurtømmer)	-	2,4	27,9-32
- Uttak ved tynningshogst (berre stamme)	-	2,9	17,6-25,6
Greiner og toppar	7,4		
- Ved dagens hogst	-	3	11,3-24,4
- Ved hogst til balansekvantum	-	4,4	11,3-24,4
Stubbar og røter	8,5	2,9	Ukjend

Tabell 11: Bioenergi frå skogen. Oppsummering.

3.2 Pleie av landskap

Landskapet vårt vert heile tida rydda for biomasse. Dette gjeld m.a. rydding av kulturlandskap og hagar, vegkantar, kraftliner og jernbanenett. Noko av dette vert nytta til energiføremål, spesielt i private heimar, men det er mogleg å nytte meir av det. Kunnskapen om denne sektoren, både mengder og kostnadar, er avgrensa, og oversлага som er gjort her er usikre.

3.2.1 Kraftgater

I Noreg er det om lag 200 000 kilometer med luftlinjer på alle spenningsnivå. Desse er eigde av 157 nettselskap som også ryddar traseane desse linene går i.

3.2.1.1 Ressursar

Kraftnettet under 11 kV utgjer over halvparten av den samla lengda og har smale gater. Sidan tidleg på 2000-talet har fleire nettselskap auka innsatsen for å rydde gatene på dei låge spenningsnivåa for å halde veksten nede. Det er difor lite truleg at det er eit signifikant energipotensial under desse linene, og det er sett bort frå denne delen av kraftnettet.

For liner med spenningsnivå frå 11 kV og oppover vert det rydda gater med breidder frå 9 til 40 meter, og her er det meir biomasse og dermed meir energi.

For sentralnettet er krava frå myndighetene at det skal vere ein avstand på minst 7 meter frå linene til tretoppane. Sidan mastene i dette nettet er relativt høge inneber det at tre kan vert om lag 10 meter høge før rydding vert naudsynt. I ulendt terrenget er ofte linene ført høgare, noko som gjev lågare frekvens på ryddinga. Denne ryddefrekvensen varierer mellom seks og ti år.

I Tabell 12 er det gjeve eit oversyn over brutto energimengder frå kraftgatene, basert på linelengd, rydda breidd og andre føresetnadar. Dette overslaget er gjort av Nettskog AS¹³. Det er føresett at biomassen har mykje fukt, slik at energiinnhaldet kan auke om ein tørkar vyrket.

¹³ Trømborg (2007)

	Lengd (km)	Trasébreidd (m)	Del av arealet med skog	Areal (dekar)	Årleg tilvekst (fm ³)	Brutto energi- innhald (TWh)
Sentralnettet	13 104	32-40	50 %	236 000	94 000	0,19
Regionalnettet (33-50-66 kV)	16 434	18-26	65 %	235 000	94 000	0,19
Distribusjonsnett (11/22 kV)	61 268	9-15	60 %	441 000	199 000	0,4
Sum	90 806			912 000	387 000	0,77

Tabell 12: Brutto energimengder frå rydding av kraftgater. Kjelde: Nettskog AS

I 2010 starta Statnett og Norsk institutt for skog og landskap eit prosjekt for å optimalisere registrering og uttak av biomasse frå marginale areal i kraftgater. Som ein del av prosjektet skal ein utvikle utstyr og metodar for teknisk-økonomisk kartlegging av biomassen i kraftgatene.

3.2.1.2 Kostnadar

Kostnaden ved å gjere biomasse frå rydding av kraftgater tilgjengeleg for energiføremål er knytte til transport og flising. Kostnaden ved å hogge er ikkje teken med som ein kostnad her, då denne hogginga må gjerast uansett.

Kostnaden kjem an på terrengtype, veksttilhøve og kor langt det er til veg. Dersom avstanden til veg er mindre enn 500 meter vil kostnadane vere på nivå med uttak av greiner og toppar frå sluthogst eller fyrste gongs tynningshogst. Det tyder at kostnadane for denne delen av energien ligg mellom 11,4 og 14,3 øre/kWh, fordelt 50/50 på transport og flising.

KanEnergi meiner at 0,4 – 0,5 TWh av brutto energipotensial ligg slik til at desse kostnadane er relevante.

3.2.2 Rydding av jernbaneliner

Det offentlege jernbanenettet er 4 000 kilometer langt og dekker eit areal på om lag 70 000 mål. Jernbaneverket ryddar langs linene i dag, for å sikre tryggleik og komfort.

Biomasseressursane langs jernbanelinene er samansett, og inkluderer alt frå busker og kratt til større tre. Det er eit visst etterslep på ryddinga og standardbreidda på ryddinga er auka, slik at det er eit ”eingongspotensial” for bioenergi medan etterslepet vert teke att.

Høge kostnadar og vanskeleg logistikk gjer at berre ein liten del av biomassen som vert fjerna langs jernbanen vert henta og nytta til energiføremål i dag. Til dømes er det vanskeleg å få mellomlagra ferdig flis. Arealdisponering og vidare transport er også vanskeleg. Av di jernbanen mange stadar passerar stadar med lite skogsvegar byd jernbanen i prinsippet på moglegheiter for transport for biomasse som elles ikkje ville verte henta ut. Desse moglegheitene er lite undersøkte.

Jernbaneverket sette i 2008 i gong eit prosjekt om skogrydding langs alle jernbanelinene, der ein også vil vurdere moglegheiter for å utnytte ryddingsvyrket, m.a. til energiføremål.

3.2.2.1 Ressursar

Jernbaneverket har ikkje eit samla oversyn over biomasseressursane langs jernbanelinene, sjølv om det i samband med at entreprisar på rydding vert lagde ut også vert gjort kartleggingar.

Grunna manglande data er det altså ikkje mogleg å setje eit tal på denne delen av bioenergiressursen.

3.2.2.2 Kostnadar

Rydding av vegetasjon langs jernbanen er kostbart, då det ofte må gjeraast nattestid og med spesialisert personell og utstyr. Jernbaneverket vurderer kostnaden til 3500 – 7000 NOK/mål¹⁴, noko som kan tyde 370-740 NOK/fm³ om ein nyttar røynsle frå eit dokumentert tilfelle langs Rørosbanen¹⁵.

Desse kostnadane er ikkje relevante for bioenergikostnaden, då denne aktiviteten må skje uansett. Den delen av totalkostnadane som bør førast på bioenergien er den som er knytt til transport ut av terrenget og til flising. Denne kostnaden er vurdert til 15-20 prosent av ryddecostnaden¹⁶.

3.2.3 Rydding av vegkantar

Lengda på det offentlege vegnettet i Noreg er 93 000 kilometer. Statens vegvesen har ansvaret for å rydde kantvegetasjonen på ein stor del av nettet. Biomassen som kan hentast ut frå rydding av vegkantar vil vere ureina av vegstøv o.a. som reduserer biomassen sin verdi som brensel.

Til no har ein rydda skog, buskar og kratt ut til tre meter frå vegkanten, og i ein del tilfelle lenger ut. Ein ny standard som utvidar standard ryddebreidd til seks meter er i ferd med å verte innført. Utvidinga vil føre til eit større uttak av biomasse enn normalt i nokre år.

KanEnergi/EconPöyry har talfesta denne ressursen til å vere 0,56 TWh basert på eit eksempel frå vegrydding i Salten. Dette er ikkje eit årleg potensial. Det vart ikkje presisert i rapporten kva for tidsperiode dette potensialet gjeld for:

3.2.3.1 Vegrydding i Salten

Firmaet Energiflis AS har rydda vegkantar i m.a. Salten i Nordland. Her vart det gjennomsnittleg henta ut 30 tonn rått vyrke per kilometer veg. Arbeidet vart gjort med ei sokalla kombimaskin som kan felle og frakte med seg tre. Ryddevyrke vart lagt i haugar/rankar på minst 50 tonn for å få mest mogleg effektiv flising og vidare transport.

Kostnaden for ryddearbeidet låg på 190 NOK/tonn biomasse. Legg ein til grunn ein brennverdi på 2 kWh/kg får ein ei energimengd på 60 MWh/km og kostnadar på 10 øre/kWh før flising og vidare transport.

3.2.4 Biomasse frå kulturlandskap

Ein god del av den veden som nyttast i dag kjem frå kulturlandskapet, men kulturlandskapet kan truleg verte ei større kjelde til bioenergiressursar enn i dag.

Kulturlandskap i denne samanhengen er definert til å omfatte jorbruksarealet i Økonomisk kartverk og alt areal som ligg mindre enn 100 meter frå slike areal. Mykje av dette er tidlegare beitemark eller ulendte område mellom dyrka mark.

I 2007 var jordbruksarealet sitt kulturlandskap på 29 000 km², snautt 9 prosent av Noreg. Dette arealet er fordelt på nesten 40 000 teigar, der nokre er så små som 30 mål, medan andre er på fleire hundre km². Gjennomsnittleg storleik er 769 mål, medan medianstorleiken er mykje mindre – 170 mål.

¹⁴ Privat melding frå Morten Tangård, Jernbaneverket til Bugge, KanEnergi, 4.2.09

¹⁵ I dette tilfellet vart det langs ei 13 kilometer lang strekning estimert at 3500 fm³ vyrke måtte fjernast, der 2500 fm³ kunne karakteriserast som tømmer. Dette tilsvarer om lag 270 m³ vyrke per kilometer. (Privat melding frå Geir Fauskerud, Baneteknikk AS, til Bugge, KanEnergi, 4.2.09.) KanEnergi har rekna linelengd om til areal ved å nytte 15 meter rydding på kvar side.

¹⁶ Privat melding frå Geir Fauskerud, Baneteknikk AS til Bugge, KanEnergi, 4.2.2009.

Om lag 40 prosent av jordbruket sitt kulturlandskap er dekka med skog som ofte er svært produktiv.

Når beitetrykket minkar grunna færre dyr og meir beiting på innmark, grør ofte landskapet att. Dette vekker uro hjå landbruksmyndigheter og i landbruksnæringa, noko som har ført til at beiting får øyremerka tilskot.

Biomassen som veks i kulturlandskap, lauvskog, busker og kratt, er lite eigna som råstoff til sagbruk og treindustri, men er godt eigna som bioenergi.

Det manglar eit oversyn over denne ressursen, noko som gjer det vanskeleg å gje ein presis analyse av potensialet. Østlandsforskning har vurdert eit realistisk potensial frå kulturlandskap og vegkantar til å vere på 0,5 – 1 TWh.

Når det gjeld kostnadene, vil desse variere mykje. KanEnergi går ut frå at dei ligg i intervallet 0-50 øre/kWh, som dei meiner tilsvarer kostnaden for ved. Vi går ut frå at dette berre gjeld bioenergi frå kulturlandskap, og ikkje hageavfallet. Konsulentelskapet Sweco, som har kommentert på KanEnergi sitt utkast, meiner kostnadane bør estimerast til 20-35 øre/kWh. NVE har valt å legge dette til grunn for kostnadskurva.

3.2.5 Oppsummering

Ein del bioenergi kan gjerast tilgjengeleg frå aktivitetar og område som er klassifisert under landskapspleie. Her er vurderinga at det er mogleg å auke uttaket med 1-1,5 TWh, fordelt på rydding av kraftgater (0,4-0,5 TWh), pleie av kulturlandskap og vegkantar (0,5-1 TWh). Potensialet frå rydding langs jernbanelinjer og vegkantar er ikkje talfesta.

	Fysisk potensial (TWh)	Nyttbart potensial (TWh)	Kostnad (øre/kWh)
Kraftgater	0,77	0,4 - 0,5	11,4 -14,3
Langs jernbanen	Ukjend	Ukjend	Ukjend
Langs vegar	Ukjend	Ukjend	Ukjend
Kulturlandskap og vegrydding	Ukjend	0,5 – 1	20 - 35

Tabell 13: Bioenergi frå landskapspleie. Oppsummering

Tabellen illustrerer at både mengder og kostnadene frå desse landskapstypane er svært usikre og varierer mykje.

3.3 Jordbruk

Jordbruket er allereie delvis omtala i denne framstillinga, men då med ein randsoneaktivitet; rydding av kulturlandskap. I dette kapitlet vil ein ta føre seg den bioenergien som kan gjerast tilgjengeleg frå jordbruket sin primære økonomiske aktivitet – matproduksjon.

I det vidare vil vi altså gå nærmare inn på avfall: halm, kornavrens og gjødsel. Potensialet for dyrking av energivekstar er ikkje dekka av denne rapporten.

3.3.1 Halm

Halm er eit biprodukt frå kornproduksjon og produksjon av oljevekstar. Halmen kan verte brukt som fôr og strø for husdyr, eller han kan brennast eller ployast ned for å føre næringsstoff til jorda. Det er delte meningar om verdien av det siste.

3.3.1.1 Bruksområde

Halm kan nyttast direkte som brensel. I det siste er forbrenningsteknologien vorten betre, slik at ein kan få reintbrennande halmfyringsanlegg som yter mindre enn 100 kW. Verknadsgraden for eit typisk halmfyrt gardsanlegg er no på 80-90 prosent. I denne rapporten har vi berre sett på framskaffing av halm til fyring.

Skal halm nyttast som brensel, bør det tørkast ned til 12-14 prosent fukt før det vert lagra. I år med gunstige tilhøve kan ein tørke mykje av halmen, medan det i våte år vil vere vanskelegare. Kunstig tørking er ei moglegheit, men neppe rekningsvarande.

Alternativt kan ein lage bioolje av halm, noko som er ein svært energikrevjande prosess. Det er berre om lag halvparten av energiinnhaldet i halmen som kan dannast om til olje. Bioolje kan lagrast, og m.a. nyttast som råstoff til biodrivstoff. Ein kan også lage biogass av halm.

Berre om lag 0,1 TWh halm vert nyttta til energiføremål i dag, i mindre gardsanlegg og i nokre industrianlegg.

3.3.1.2 Ressursar

Korn vert fyrt og fremst dyrka på det sentrale Austlandet og i Trøndelag. Korn- og oljevekstarealet vaks fram til fyrt på 1990-talet og nådde 3,7 millionar mål, før arealet starta å krympe. I 2007 var arealet på 3,2 millionar mål, eller 31 prosent av jordbruksarealet.¹⁷

Mengda halm som kan haustast varierer med typen korn, svingingar i temperaturen, nedbørsmengder og haustingsethodikk. Ein god del står att som stubb, og ein del forsvinn i tresking, raking og pressing. Det er usikkert kor mykje halm som kan hentast ut per mål dyrka mark, men vi vel å nytte 200 kg/mål som eit førebels estimat.¹⁸ KanEnergi/EconPöyry nyttar tal mellom 350 og 210 kg/mål.

Som med andre ressursar vil det aldri vere mogleg å ta ut heile den fysiske halmressursen. Utover økonomi vil også alternative bruksområde påverke kor mykje av halmen som er tilgjengeleg for energiføremål.

Eit viktig omsyn er agronomisk, dvs. kor mykje halm ønsker ein å føre attende til jorda for å få best mogleg jordstruktur? Innan jordbruket er meiningane delte. Det vert hevdat at berekraftig uttak avgrensar seg til kvart tredje år, altså at ein kan ta ut ein tredel av ressursen kvart år. Fleire stadar vert likevel all halmen hausta kvart år. Eit alternativ er å føre næringsstoff attende ved å spreie oska frå brend halm over jorda.

Bruk av halm som fôr og strø til husdyr er også eit viktig konkurrerande bruksområde. Voluma som går til dette føremålet er ikkje kjent, men det er stort. Det meste av det som vert hausta i dag går til dette føremålet. Mellom anna vert halm frakta frå typiske kornområde til regionar med meir husdyrhald, som dalføra på Austland og mange stadar på Vestlandet.

I sum er det lagt til grunn at ein kan nytte ein tredel av den årlege halmproduksjonen til energiføremål. Med eit samla kornareal på 3,2 millionar mål og brutto halmproduksjon på 200 kg/mål, vil den årlege halmmengda vere på 640 000 tonn. Ein tredel av dette er 211 200 tonn, som tilsvarer 845 GWh med ein brennverdi på 4 kWh/kg¹⁹. Fordi mykje av dette ligg langt frå

¹⁷ Statistisk sentralbyrå

¹⁸ Her vert det referert tal frå 350 til 75 kg/mål ([1], Bugge/KanEnergi uspesifiserte kjelder.)

¹⁹ Brennverdi ved 15 prosent fukt.

marknadane og har store transport- og logistikkostnader har vi lagt til grunn at berre halvparten kan nyttast, altså 420 GWh.

Basert på SSB sitt oversyn over den geografiske fordelinga av kornproduksjonen estimerer KanEnergi at Austlandet har mesteparten av dette energipotensalet. Fordelinga er synt i Tabell 14.

Potensial	
Region 1	87 %
Region 2	0,3 %
Region 3	1,3 %
Region 4	11,6 %
Total	100 %

Tabell 14: Geografisk fordeling av halmressursen. Kjelde: KanEnergi/SSB

3.3.1.3 Kostnadar

Kostnadane ved å gjere halm tilgjengeleg for fyring er knytte til pressing og emballering. Haustinga av halm skjer først og fremst med traktordrivne presser. Denne pressinga er i ferd med å verte ei kommersialisert teneste, ved at entreprenørar investerer i utstyr og tilbyr tenester til bøndene. Sjølv halmen vert ofte gjeven bort mot at han vert fjerna. Av og til tek bøndene ein pris for halmen som ligg i storleiksordenen 5-10 kroner per rundballe. Denne prisen er ikkje inkludert i kostnaden, jamfør metodikken som er nytta her.

Kostnadane for pressing ligg mellom 22 og 32 øre/kg, og viktige faktorar som styrer kostnaden er topografi og tilgjenge. Kostnaden stig om halmen må rankast før pressing.

Halmen vert transportert (som ikkje er med i kostnadskurvene her) med bilar som tek rundt 15 tonn per lass. KanEnergi har snakka med leverandørar som oppgjev prisar på 15 kroner per kilometer med returlast og det dobbelte utan. Som ein illustrasjon på kostnad ved transport til oppsamlingsstad/depot er det her teke med ein transport på 50 km, som gjev ein kostnad på 5-10 øre/kg.

Eit oversyn over kostnadane er synt i Tabell 15. Det er viktig å ha i mente at halm er tynt fordelt utover landet, og at transportkostnadar kan vere utslagsgjevande for kostnadane.

Steg	Kostnad	
	øre/kg	øre/kWh
Pressing	22 – 32	5,5 - 8
Emballering	12 – 17	3 - 4,25
Total	34-49	8,5-12,25
Opplasting	0 – 5	0 - 1,25
Transport	5 – 10	1,25 - 2,5
Total inkludert transport til forbrukar	39 - 64	9,75-16

Tabell 15: Kostnadar for bioenergi frå halm. Kjelde: KanEnergi.

I Danmark vert det fyrt inn 7 PJ halm i energiproduksjon, eller ca 2 TWh. Her ligg prisane rundt 15 øre/kWh, og det er vanskeleg å sjå føre seg at prisane i Noreg kan komme under dette, då Noreg har ein mykje meir spreidd struktur i jordbruket.

3.3.2 Kornavrens

Kornavrens er ei nemning for avfallet ein sit att med etter reinsing av korn. Dei ulike komponentane er kalla bøss, halmstubb, lettkorn, snerp, agner og jord. Dette utgjer om lag 1,6 prosent av råkornet og kan nyttast som brensel på same vis som halm.

Med ein gjennomsnittleg årleg leveranse på 1,2 millionar tonn korn i Noreg kan mengda kornavrens vere på 20 000 tonn, noko som tilsvarer 80 GWh om dette har same brennverdi som halm. Det er ikkje gjort noko kostnadsvurdering for denne ressursen.

3.3.3 Husdyrgjødsel

For energiføremål er husdyrgjødsel berre interessant når gjødsla er omforma til biogass, som er nærmere omtala i tekstboks.

3.3.3.1 Ressursar

Husdyrgjødsel er den viktigaste delen av biogasspotensialet i Noreg. I ein studie gjort for Enova skriv Østfoldforskning og Universitetet for miljø- og biovitskap(UMB) [9] at potensialet i Noreg er på nesten 2,5 TWh. I ein tidlegare studie for NVE sette KanEnergi dette potensialet til 1,3 TWh, men denne inkluderer ikkje så store delar av gjødselmengdene.

I dette arbeidet er det lagt til grunn at potensialet er på 2,5 TWh.

3.3.3.2 Kostnadar

Kostnadane som er tekne med her omfattar investering, drift og vedlikehaldskostnad for biogassanlegg, altså anlegg som lagar biogass av gjødsel²⁰. Kostnadar knytte til oppsamling, transport og handtering av restar er ikkje tekne med. Dette er ein alvorleg mangel ved oversлага, då også gjødsel er ein ressurs som er svært spreidd. Dei kostnadane som er oppgjevne her må altså seiast å vere alt for låge.

Basert på informasjon frå rapporten til Østfoldforskning og UMB set KanEnergi kostnaden ved produksjon av biogass frå husdyrgjødsel til 28-46 øre/kWh²¹. Denne kostnaden inkluderer ikkje oppgradering av gassen, noko som er ein kostbar prosess – gjerne i same storleik som sjølve gassproduksjonen.

Eit eksempel: Firmaet Biowaz AS har utvikla eit konsept for **biogassproduksjon** frå husdyrgjødsel som også kan handtere anna bioavfall. Konseptet eignar seg for gardsanlegg med minst 50-60 kyr.

Biogass er ei samlenemning for gassprodukt som vert danna ved ulike typar anaerob nedbryting av organisk avfall. I denne prosessen vert brennverdien i tørrstoffet overført til brennverdien i metan, som er hovuddelen av biogassen. Biogass vert danna naturleg i mellom anna deponi og gjødsellager, eller kunstig i reaktorar.

Reaktorprosessen krev oppvarming, noko som krev ein energibruk tilsvarande 10 – 15 prosent av energimengda i biogassen.

Biogassen inneholder metan (40 – 70 prosent), karbondioksid, hydrogensulfid og vassdamp. Han kan nyttast til oppvarming eller til kraftproduksjon.

Ein kan også oppgradere biogass til biometan ved å fjerne alt anna enn metan. Denne gassen kan blandast inn i distribusjonsnett for naturgass eller til å drive køyretøy. Oppgraderinga kan gjeraast med ulike teknikkar, som vasskrubbing, PSA (pressurised swing absorption), med membranar eller kuldeprosessar.

I norsk samanheng er aktuelle råstoff for biogassproduksjon avfall frå næringsmiddelindustri, husdyrgjødsel, kloakk og anna organisk avfall.

²⁰ KanEnergi/EconPöyry sine kostnadsvurderingar for biogassproduksjon er basert på [9]. Denne oppgjev kostnadar for ulike typar anlegg, delt i tre kategoriar, R1-R3. Nærare skildring av desse anleggstypane kan lesast i [9], side 38-39.

KanEnergi/EconPöyry ventar at våtorganisk avfall frå næringsmiddelindustrien vil falle i kategori R2 og R3, medan våtorganisk avfall frå hushaldningar vil ligge i kategori R2.

²¹ Anleggstype R3 [9].

Biowaz hevdar at det er mogleg å produsere biogass til ein kostnad på 25 øre/kWh. Ambisjonen er at kostnadane skal falle til eit nivå der gassproduksjon i relativt liten skala vert lønsam, t.d. i kombinasjon med nye samdriftsfjøs.

3.3.4 Energivekstar

Energivekstar er ikkje dekka av dette arbeidet, og vi ser det heller ikkje som aktuelt i Noreg.

3.3.5 Oppsummering

	Fysisk potensial (TWh)	Nyttbart potensial (TWh)	Kostnad (øre/kWh)
Halm	2,5	0,42	8,5-12,25
Kornavrens	Ukjend	0,08	Ukjend
Biogass frå husdyrgjødsel	Ukjend	2,5	28-46²²

Tabell 16: Bioenergi frå jordbruk. Oppsummering.

3.4 Biprodukt frå industri

Marknaden for bioenergi frå trevyrke er i dag driven av skogindustrien sin etterspurnad etter skurtømmer. Potensialet for auka tilgang til bioenergi frå annan industri er tilsvarende knytt til biprodukt og avfall/restar. For at tilgangen til bioenergi frå industrien skal auke må difor aktiviteten i denne sektoren auke. Det er sett på som usannsynleg at industrien aukar si verksemd for å få fram ny bioenergi, og vi har rekna med at heile auken av uttaket frå skog opp til netto balansekvantum vert nytta til bioenergiføremål. Dette er omtala i kapittel 3.1.

Når det gjeld skogindustrien, er datagrunnlaget mangelfullt, noko som talar for ei oppfølging med eit konkret prosjekt for å vurdere bioenergipotensialet knytt til industriprosessar.

Dei fleste oversлага her er mangefullt grunngjevne, men vi har likevel valt å late dei stå då dei har vore opp i referansegruppa og kan representera "best guess." Det manglar også vurderingar av kostnadene for å hente ut bioenergi frå avfall frå treindustrien og for papp og papir i søpla.

Ei anna kjelde til bioenergi finn vi i form av biogass basert på avfall frå næringsmiddelindustrien. På same måte som for skogindustrien er det ikkje lagt til grunn noko endring i aktiviteten i næringsmiddelindustrien. Ein viktig mangel i kostnadsvurderingar for biogass er logistikk- og transportkostnadene knytt til oppsamling av råstoff.

3.4.1 Trelastindustri

Trelastindustrien skaper ein del avfall og biprodukt i form av bark, sagflis, industriflis, høvelflis og liknande. Ein del av dette (0,9 TWh, i følgje KanEnergi) vert brukt for å dekke eigen etterspurnad etter varme og til å produsere pellets/brikettar. Overskotet vert seld til papir-og masseindustri, sponplateprodusentar, bønder og aktørar som lagar jordforbetningsprodukt. Etterspurnad frå fjernvarmeprodusentar og pellets- og brikettprodusentar er også tilstades.

Vi har ikkje eit godt nok fundament til å seie noko om potensialet for å gjere meir bioenergi tilgjengeleg frå denne industriegreina.

²² Lavt overslag.

3.4.2 Papir- og masseindustri

Denne industrisektoren nyttar rundt 5 TWh bioenergi for å dekke eigen etterspurnad etter varme. Vi har ikkje noko godt datagrunnlag for å vurdere potensialet for bioenergi frå restar o.l. i sektoren.

3.4.3 Møbel- og trevareindustri

Det er stor usikkerhet når det gjeld mengdene råvarer og biprodukt som går gjennom denne industrigreina. Det er store avvik mellom mengdene oppgjevne av SSB og av Trevareindustriens landsforening [4].

KanEnergi meiner at møbel- og trevareindustrien nyttar 0,8 TWh bioenergi som innsatsfaktor i produksjonen. KanEnergi meiner vidare at potensialet for bioenergi frå denne industrigreina er på 0,5 TWh.

3.4.4 Bygg og anlegg

Restar og avfall frå bygg og anlegg stammar både frå bygging, rehabilitering og riving. Dette avfallet er registrert av SSB, og synes ei samla mengd på 1,2 millionar tonn. Av dette utgjorde trevyrke i 2004 om lag 216 000 tonn, medan papp og papir utgjorde mindre enn tre tusen tonn.

Det er ikkje kjent om all denne bioenergien vert nytta til energiføremål i dag. Det er difor ikkje mogleg å setje eit potensial for denne sektoren.

3.4.5 Næringsmiddelindustri

I denne kategorien industri finn vi fiskeindustri, slakteri, bryggeri, bakeri og meieri. Mykje av avfallet frå desse verksemdene er organisk og er difor veleigna for biogassproduksjon.

Østfoldforsking og UMB [9] har estimert det samla potensialet for biogassproduksjon frå dei nemnde verksemdene og frå kornavrens og slam frå treforedling til 1,4 TWh.

I dette talet ligg det ei viss dobbeltteljing, og det er ikkje kjent kor mykje av dette som allereie er nytta. Som drøfta tidlegare er bioenergipotensialet frå kornavrens svært lite, berre 80 GWh, slik at dette ikkje fører til ein stor feil. Bidraget frå treforedlingsindustrien er også ganske lite, så vi har valt å legge dei nemnde 1,4 TWh til grunn.

Kostnadane er henta frå same rapport, og ligg på 28 – 110 øre/kWh²³.

3.4.6 Oppsummering

	Fysisk potensial (TWh)	Nyttbart potensial (TWh)	Kostnad (øre/kWh)
Trelastindustri	Ukjend	Ukjend	Ukjend
Papir- og masseindustri	Ukjend	Ukjend	Ukjend
Møbel- og trevareindustri	Ukjend	0,5	Ukjend
Bygg og anlegg	Ukjend	Ukjend	Ukjend
Næringsmiddelindustri (biogass)	Ukjend	1,4	28 - 110

Tabell 17: Bioenergi frå industrien. Oppsummering.

²³ Anleggstype R2 og R3 [9].

3.5 Hushald og tenesteyting

Det viktigaste bioenergipotensialet som kan knytast til hushald og tenesteyting er organisk avfall (matrestar), annan biologisk avfall og kloakk. Den mest relevante energiberaren for matrestar og kloakk er biogass, medan annan biologisk avfall er mest aktuelt til fyring i avfallsforbrenningsanlegg.

3.5.1 Matrestar

KanEnergi har teke potensialet for biogassproduksjon basert på matrestar frå potensialstudien til Østfoldforskning og UMB. Dette potensialet er på 843 GWh. Tabell 18 syner potensialet fordelt på kjelde.

Kjelde	Potensial (GWh/år)
Hushald	644
Storhushald	149
Handel	50
Total	843

Tabell 18: Biogasspotensial frå hushald og tenesteyting. Kjelde: KanEnergi/UMB/Østfoldforskning

Kostnadane for å gjere denne energien tilgjengeleg er henta frå samme studie, og ligg mellom 28 og 110 øre/kWh.²³

Det er sannsynleg at matrestane i nokon grad vert nytta til energiføremål i dag, men det er ikkje vurdert kor mykje netto energi ein vil vinne ved å gjere det om til biogass. Det er difor ein fare for dobbeltteljing for denne ressursen.

3.5.2 Kloakk

Mykje kloakk vert allereie handtert i reinseanlegg, ofte utan at ein nyttar moglegheita til å produsere biogass. KanEnergi hentar potensialet for å auke slik produksjon frå potensialstudien til Østfoldforskning/UMB, som set det til 266 GWh. Dei oppgjev også kostnadane, som ligg mellom 11 og 19 øre/kWh²⁴.

3.5.3 Anna avfall

Hushald og tenesteytande næring kastar ein del avfall biologisk opphav, som papp, papir, møblar og liknande. Det er frå i år forbode å deponere biologisk nedbrytbart avfall, slik at ein må rekne med at det ikkje vil vere noko potensial for å hente meir energi frå slikt avfall. Dette er difor ikkje studert her. Sjå elles kapittel 3.8.

3.5.4 Oppsummering

Tabell 19 syner dei ulike kjeldene til bioenergi frå hushald og tenesteyting.

	Fysisk potensial (TWh)	Nyttbart potensial (TWh)	Kostnad (øre/kWh)
Biogass frå matrestar	Ukjend	0,843	28-110
Biogass frå kloakk	Ukjend	0,266	11-19
Anna avfall	Ukjend	Ukjend	Ukjend

Tabell 19: Bioenergi frå hushald-og tenesteyting. Oppsummering.

²⁴ Anleggstype R1 [9].

3.6 Deponigass

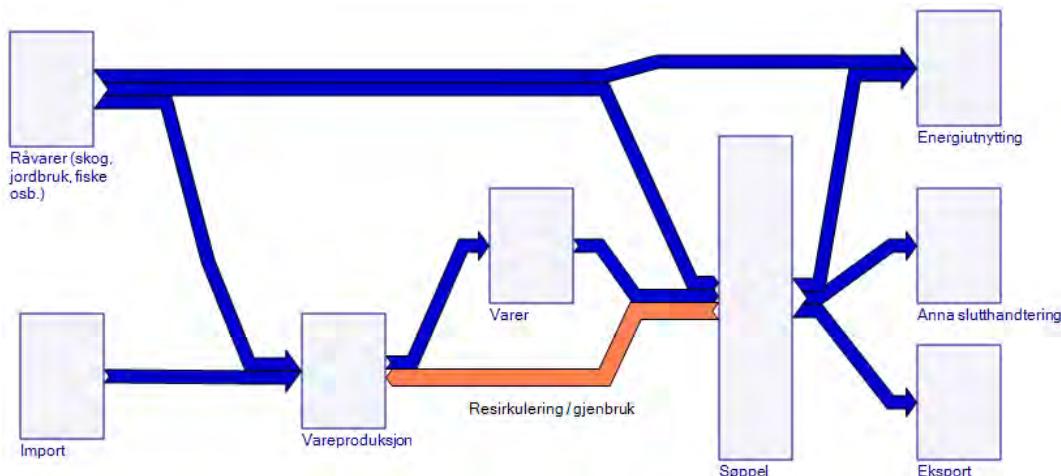
Ein del energi i form av biogass kan hentast ut frå nedlagde deponi, og det vert til ein viss grad gjort i dag. Dagens uttak er på 0,1 TWh. Østfoldforskning/UMB meiner dette kan aukast med nesten 0,3 TWh. Dette er ikkje inkludert i kostnadskurven på grunn av ukjende kostnader.

3.7 Biomasse frå vatn og hav

Det vert utvikla teknologi for å hente ut bioenergi frå vatn og hav, men det finst ikkje i dag trygge estimat for potensial og kostnadar for bioenergi frå det våte element.

3.8 Om avfall

Ein god del biomasse vert kasta, i form av matrestar, papp og papir, trevyrke frå riving eller kapp og avskjer frå industrien. Denne biomassen har sitt opphav mange stadar, mellom anna norske skogar og åkrar, men den kjem også over landegrensene gjennom handel.



Figur 7: Prinsipelt flytskjema (Sankey-diagram) for avfall

I denne framstillinga er ikkje avfall sett på som ein eigen sektor, men avfallet som oppstår i kvar økonomiske sektor er handsama for seg. Slik sett har vi peika på eit visst potensial for å auke utnyttinga av våtorganisk avfall frå næringsmiddelindustrien og matrestar frå hushald, og vi har peika på eit visst potensial for å gjere meir avfall frå industrien tilgjengeleg for energiføremål.

Eit oversyn over mengdene papp, papir og trevyrke som vart til avfall i 2005 fordelt på handteringsmåte er synt i Tabell 20.

	Material-gjenvinning	Energiutnytting	Deponering	Forbrenning utan energiutnytting	Biologisk handsaming, Ann	Total
Papir, papp	621	260	238	86		1 205
Trevyrke	197	440	191	18	321	1 167
Total	818	700	429	104	321	2 372
Fordeling (%)	34	30	18	4	14	100

Tabell 20: Papp, papir og tre i avfallet fordelt på handteringsmåte i 2005. 1000 tonn. Kjelde: SSB

I tabellen ser ein rundt 30 prosent av alt papir, papp og trevyrke vert nytta i energiproduksjon. Dette tilsvarer ei innfyrt energimengd på 2,2 TWh ved ein brennverdi på 3,19²⁵ kWh/kg. Dersom ein går ut frå at dette vert fyrte i anlegg med 73 prosent verknadsgrad, kan ein seie at avfall gjev eit bidrag på 1,6 TWh bioenergi i det norske energisystemet.

Dersom ein legg til grunn same brennverdi på avfallet som gjekk til forbrenning utan energiutnytting og til deponering, kan ein teoretisk auke energibidraget frå slikt avfall med 1,7 TWh.

Det er innført eit forbod mot å deponere avfall som kan brytast ned biologisk, noko som vil føre til større utnytting av desse energimengdene. Dette er ein prosess som er i gong, og vi bør ha meir oppdaterte tal for å finne meir reelle tal for potensialet for auka energiutnytting av avfall.

Det kan vere verdt å gjere nærmere studier av energiutnyttinga av avfallet, noko som ikkje er gjort i dette arbeidet. Til dømes kan det tenkast at betre kjeldesortering kan endre brennverdiane i avfallet.

NVE fekk i 2010 gjort ein oppdatert analyse av fornybardelen av avfallet som går til brenning for energiutnytting. Analysen vart gjort av Mepex Consult AS, og er publisert av NVE [13]. I følgje analysen vart 1,1 million tonn avfall levert til norske forbrenningsanlegg i 2009. Det utgjer 3,51 TWh energi. I følgje Avfall Norge²⁶ vart 0,7 millionar tonn avfall eksportert til Sverige i 2009.

3.9 Oppsummering

Ein gjennomgang sektor for sektor har synt at eit fullstendig oversyn over mengdene energi som kan klassifiserast som bioenergi ikkje er enkelt å komme fram til. For dei største kjeldene er det solide tal, spesielt energimengdene i skogen, men for mange av dei mindre kjeldene lenger nede i verdikjedene er det større usikkerheit og därlegare data.

Det er også krevjande å komme fram til gode kostnadstal. I skogen gjeld det først og fremst kostnadar ved auka uttak opp til netto balansekvantum som er både usikre og sannsynlegvis høgare enn kostnader ved dagens uttak. Dessutan er ikkje alternativverdien til tømmer inkludert i

²⁵ Sjå [13].

²⁶ Svar på spørsmål frå NVE

kostnadsvurderingane. Kostnadar for uttak av stubbar og røter som står att etter hogst, er ikkje vurderte. Potensialet her er ca. 2,9 TWh.

Vidare er det ein del kategoriar der det verken er estimert energimengder eller kostnadar. Dette gjeld potensial i form av bioavfall og biprodukt frå industri og landskapspleie. Biogass frå deponi er heller ikkje med i framstillinga.

Kostnadsvurderingar for biogass mangler kostnader knytt til logistikk.

Ei samanstilling av dei kategoriane som har fått talfesta potensielle energimengder finst i Tabell 21. Tabellen syner først dei kategoriane som har fått kostnadar og slik er med i kostnadskurva. Dei utgjer til saman ca. 19 TWh. Den største delen kjem frå skog og krev auka hogst til netto balansekvantum. Dei viktigaste ressurskategoriane er stammevyrke ved auka slutthogst (5 TWh), tynningsvyrke (3,2 TWh) og greiner og toppar (4,4 TWh).

Det er viktig å merke seg at hogsten i dag ikkje er driven av leveransar til bioenergimarknaden, men av leveransar til skogindustri. Når vi har vurdert potensiala, har vi lagt til grunn at aktivitetene i andre marknader held seg på noverande nivå og at trevyrke frå auka hogst til netto balansekvantum nyttast berre til bioenergiføremål.

Total mengd biogass vert 5 TWh fordelt på biogass frå husdyrgjødsel og våtorganisk avfall frå næringsmiddelindustri og hushald (tilsvarande 2,5, 1,4 og 0,8 TWh).

Tabellen syner at dei totale energimengdene som kan gjerast tilgjengeleg om ein ikkje skjelar til kostnadar utgjør ca 23 TWh.

Kategori	Potensial, TWh		Kostnadar, øre/kWh	
	min	maks	min	maks
Dekka av kurven				
Halm	0,4		8,5	12,3
Kloakk	0,3		11,0	19,0
Greiner og toppar (dagens hogst)	3,0		11,3	24,3
Greiner og toppar (auka hogst)	1,4		11,3	24,3
Rydding av kraftgater	0,4	0,5	11,4	14,3
Tynningsvyrke	3,2		17,6	25,6
Kulturlandskap og vegrydding	0,5	1	20,0	35,0
Auka hogst (massevyrke)	2,6		20,2	22,7
Auka hogst (skurtømmer)	2,4		27,9	32,0
Husdyrgjødsel	2,5		28,0	46,0
Våtorganisk avfall frå næringsmiddelindustri	1,4		28,0	110,0
Matrestar	0,8		28,0	110,0
Sum kostnadskurve	18,9	19,5		
Ikke dekka av kurven				
Stubbar og røter	2,9			
Kornavrens	0,08			
Avfall frå møbel- og trevareindustri	0,5			
Sum ikkje dekka	3,5	3,5		
Sum kostnadskurve + rest	22,3	22,9		

Tabell 21: Oppsummering, kostnadar og årleg potensial.

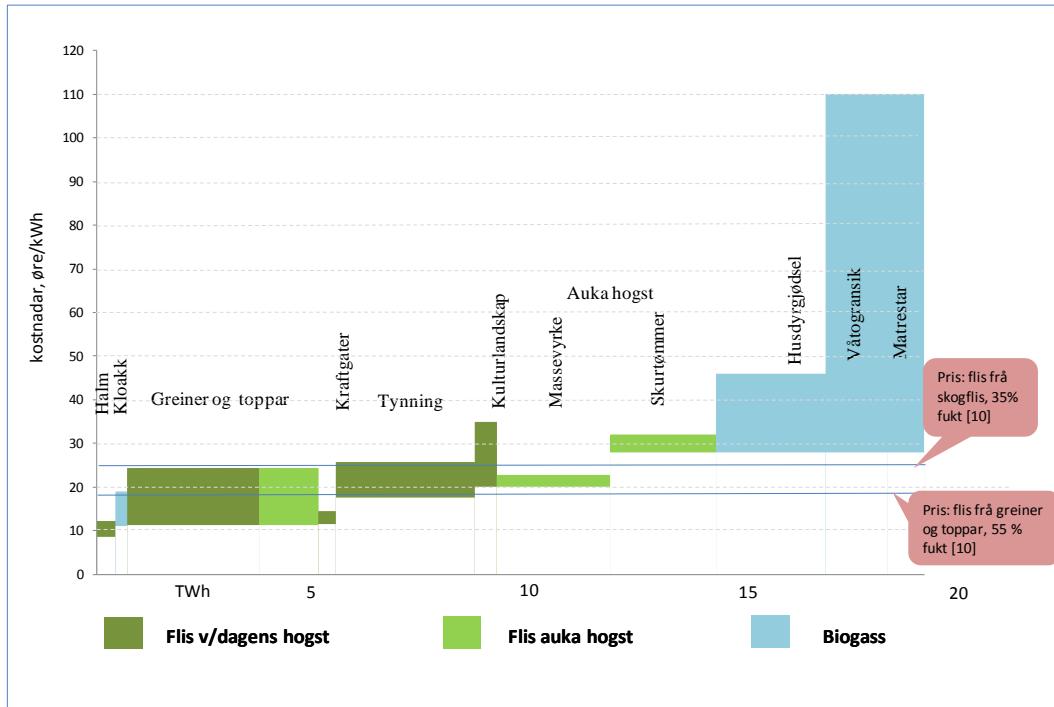
3.9.1 Kostnadskurven

Ei framstilling i form av ei kostnadskurve (sjå Figur 8) kan gje eit inntrykk av kva som er ”billig” og kva som er dyrt. Det er også eit steg på vegen til å etablere ei tilbodskurve for Noreg.

Det er skogen som kan levere dei billegaste bioenergiressursane med noko særleg volum, i form av greiner og toppar, tynningsvyrke og stammevyrke ved auka hogst til netto balansekvantum.

Kostnadskurven syner at det er mogleg å gjere tilgjengeleg om lag 14,1 TWh meir bioenergi i Noreg til ein kostnad som ligg litt over 30 øre/kWh.

Ressursar som må forelast til biogass kan vere svært dyre. Ein ser at spesielt for biogasskjeldene er kostnadsspennet stort. Dette kan tilskrivast at innføring av ny teknologi fører med seg stor usikkerheit.



Figur 8: Kostnadskurve for bioenergi i Noreg.

4 Vidare arbeid

Dette arbeidet har synt at det er komplisert å gjere overordna vurderingar om kostnadar og mengder når det gjeld bioenergi frå norske ressursar. Både i kapittel 2 og 3 er det peika på svakheiter ved denne analysen, som ein bør søke å fjerne i framtidige analysar.

NVE vil halde fram arbeidet med å sikre eit betre faktagrunnlag for myndighetene sin politikk, og vil i det vidare fokusere desse områda:

1. Kostnadar ved hogst til energiføremål.
2. Energimengder i avfall, spesielt frå industrien.
3. Energimengder og kostnadar frå kulturlandskap.
4. Tilbodskurve for bioenergi.
5. Utsikter for priser i den internasjonale bioenergimarknaden.
6. Kostnadar og energitap ved konvertering til meir høgverdige bioenergiberadar.
7. Marknadsdynamikk: kva skjer når etterspurenaden etter energivyrke auker?

NVE startar arbeidet med dette med ein gong, og håper på innspel frå interesserte og informerte partar.

Vedlegg A: Kjelder

- [1] Energigården (2001): *Bioenergi - Miljø, teknikk og marked*. Red: E. E. Hohle.
- [2] KanEnergi (2006): *Biomasse – nok til alle gode formål?* Publisert på www.kanenergi.no.
- [3] Norden (2009): *Increased biomass harvesting for bioenergy – effects on biodiversity, landscape amenities and cultural heritage values*. E. Framstad (red.). TemaNord 2009:591.
- [4] Noregs vassdrags- og energidirektorat (2003): *Bioenergiressurser i Norge*. Oppdragsrapport A 7/2003. L. N. Berg, P.F. Jørgensen, P.H. Heyerdahl og G. Wilhelmsen
- [5] Norsk institutt for skog og landskap (2007): *Skogen i Norge*. Viten fra Skog og landskap 1/07. J. Y Larsson og G. Hylen.
- [6] Olje- og energidepartementet (2008): *Strategi for økt utbygging av bioenergi*.
- [7] Store Norske Leksikon, www.snl.no (henta ut 10.10.2010)
- [8] Østlandsforskning (2007): *Bioenergi i Norge – potensialer, markeder og virkemidler*. Rapport nr. 17/2007. B. Langerud, S. Størstad, H. Wiig og M. Ørbeck.
- [9] Østfoldforskning AS og Universitetet for miljø- og biovitenskap (2008): *Potensialstudie for biogass i Norge*. Rapport OR 21.08. H. L. Raadal, V. Schakende og J. Morken.
- [10] Noregs vassdrags- og energidirektorat (2011): *Kostnader ved produksjon av kraft og varme*, NVE Håndbok 1/2011, K. Hofstad (red.).
- [11] Norsk institutt for skog og landskap (2009): *Energipotensialet fra skogen i Norge, Oppdragsrapport 09/2009*, S. Gjølsjø og K. Hobbelstad.
- [12] Norsk institutt for skog og landskap (2009): *Trevirke – brennverdier og energitetthet, Viten fra Skog og landskap 01/08*, H. Belbo og S. Gjølsjø.
- [13] Noregs vassdrags- og energidirektorat (2011): *Fornybarandel i avfall til norske forbrenningsanlegg*. Oppdragsrapport A 2/2011. J. Marthinsen.

Vedlegg B: Regioninndeling



Figur 9: Regioninndeling. Kjelde: Østlandsforskning (2007)

Vedlegg C: KanEnergi og Econ Pöyry sin rapport



KanEnergi as, Hoffsveien 13, 0275 Oslo. Phone: (+47) 22 06 57 50.
Fax: (+47) 22 06 57 69. E-mail:kanenergi@kanenergi.no:

www.kanenergi.no Bank: 6228.05.59046. F.nr: 965962964.

Rådgivere. Energi & miljø. Strategi. Forretningsutvikling. FoU

Bioenergi i Norge

– kostnader for produksjon av råstoff

Rapport for Norges vassdrags- og energidirektorat

Prosjekt nr. 08/54

Tittel

Emne

Rapport for Norges Vassdrags og Energidirektorat (NVE)

Prosjekt nr. 08/54

Revisjon nr. 02

Rapport

Dato for første utgivelse: 30.03.09

Prosjekt nr: 08/54

Oppdragsgiver: NVE

Oppdragsgivers ref: Karen Nybakke

Sammendrag:

Rapporten gir et bilde av kostnader forbundet med å lage ulike typer biobrensler fra ulike typer råstoff. For visse typer råstoff, i første rekke de som hentes ut fra skogbruket, finnes det godt dokumenterte ressursoversikter. For disse er det utarbeidet kurver som viser kostnader og energivolum. For andre typer, for eksempel andelen bioenergi som kan hentes fra avfall, er slike oversikter mangelfulle. Disse er beskrevet, men uten å angi kostnadskurver.

Det er viktig å minne om at råstoff til bioenergiproduksjon bestemmes av en rekke andre faktorer enn kostnader alene. Det er for eksempel avvirkningen i skogen som bestemmer tilfanget av hogstavfall (greiner og toppler (GROT)). Det er også sentralt at etterspørrelssiden bygges opp, særlig nærmiljø- og fjernvarmesystemer som kan benytte biomasse som brensel.

Rapporten er utført i et samarbeid mellom Econ Pöyry og KanEnergi AS. Kåre Hobbelstad (tidligere ansatt ved Inst. For Skog og Landskap) og Morten Øhrbeck ved Østlandsforskning AS har gitt verdifulle bidrag under arbeidet.

Rapport tittel: Bioenergi i Norge – kostnader for produksjon av råstoff

Utført av: Kristine Fiksen og Gry Hamarsland (Econ Pöyry) og Liv B. Rindal og Lars Bugge (KanEnergi AS)

Verifisert av:

Dato: 20.10.2009	Rev. nr: 02	Side 3 av 76
------------------	-------------	--------------

Indekseringstermer:

Ingen distribusjon.

Begrenset distribusjon.

Fri distribusjon.

Innholdsfortegnelse

INNLEDNING	6
1 SAMLET BIOENERGI POTENSIAL I NORGE	9
1.1 Anslag for faktisk tilvekst	9
1.2 Hva avgjør tilgangen på råstoff?	9
1.3 Energiinnhold og brenselkvalitet	11
1.4 Kostnadskurver	12
1.5 Kostnader i skogbruket generelt, effekt for bioenergiproduksjon	13
1.6 Markedspris og produksjonskostnader for bioenergi	14
1.7 Usikkerhet ved resultatene	16
2 BIOMASSE FRA KJENTE RESSURSER	18
2.1 Biomasse fra skogbruk	18
2.1.1 Hogstavfall - Greiner og topper (GROT)	20
2.1.2 Tynningsvirke	29
2.1.3 Tømmer – energivirke og massevirke til energiformål.	35
2.1.4 Stubber og røtter	36
2.2 Biomasse fra landbruk og næringsmiddelindustri	37
2.2.1 Halm og kornavrens	37
2.2.2 Biogass	41
3 BIOMASSE UTEN TILSTREKKELIG FAKTAUNDERLAG	48

3.1 Biomasse fra kulturlandskap	48
3.1.1 Vedproduksjon	49
3.1.2 Produksjonskostnader	51
3.2 Biomasse fra linjerydding ved kraftnett, vei og jernbane	53
3.2.1 Kraftlinjer	53
3.2.2 Jernbanenettet	54
3.2.3 Vei / veikanter	56
3.2.4 Konklusjon linjerydding	57
3.3 Biomasse fra avfall	58
3.3.1 Avfall - bygg og anlegg	60
3.3.2 Bruk i dag, treavfall bygg- og anlegg	60
3.3.3 Returvirke	61
4 KOSTNADER FOR PRODUKSJON AV BIOBRENSEL I FREMTIDEN	63
4.1 Markedsvekst	63
4.1.1 Halm	63
4.1.2 GROT	64
4.2 Teknologi og produksjonsteknikk	65
4.3 Endringer i rammevilkår	67
4.4 Konklusjon	67
5 KONKLUSJON OG ANBEFALING	68
5.1 Noen mer overordnede betraktninger	72
6 KILDER	74
7 TERMINOLOGI	75

Innledning

Bioenergi har i all tid spilt en viktig rolle i norsk energiforsyning. I de senere år har bioenergi stått for en årsproduksjon på omlag 14-15 TWh, grovt sett fordelt på 7 TWh/år med vedfyring og resten produsert i treforedlingsindustri og fjernvarmeanlegg.

Kostnader i dagens bioenergiproduksjon

Kostnader for vedproduksjon varierer fra null (selvhogst/hobby) opp til et nivå på om lag 50 øre/kWh. Volumet av ved som i praksis kan produseres imidlertid ukjent, fordi vedproduksjon skjer med råstoff fra kilder, for eksempel hager, tomter, innmark osv, som det ikke finnes tilstrekkelig informasjon om.

Biomassen som anvendes til energiproduksjon i papir og celluloseindustrien, er en andel av tømmeret (massevirket) som industrien kjøper inn. Fiber i tømmeret blir til cellulose og papir, mens bl.a. bark og lignin omdannes til varme. Dette brenselet representerer en kostnad, men er samtidig en integrert del av de industrielle prosessene som finner sted. Kostnadsvurderinger har primært intreresse for industrien selv, og det er bare industrien selv som kan gjøre dem.

En del biomasse omdannes til varme i fjernvarmeanlegg. I mange tilfeller baseres fjernvarmeproduksjon på forbrenning av avfall, der biomasse (papir, papp og trevirke) utgjør en delmengde. Bl.a. fordi avfall ofte har negativ verdi (forbrenningsanleggene får betalt for å ta imot), er kostnadene for denne biomasseandelen vanskelig å bestemme. Andelen biomasse i avfallet fremgår ikke klart i tilgjengelig statistikk. På den annen side er etterspørselen av skogsflis til fjernvarme økende.

Biomasse til energiformål oppstår også som biprodukter i forskjellig industribransjer, særlig i trelast- og trebearbeidende industri (snekkerier, møbelindustri med mer.) Trelastprodusentene bruker en del biprodukter i egen varmeproduksjon, særlig til tørking av trelast. Overskudd av biprodukter som sagflis, industriflis, høvelflis og bark selges i ulike markeder. Avtakere er tradisjonelt treforedlingsindustrien, plateindustrien, jordbruk og til aktører som lager jordforbedringsprodukter. Etterspørselen fra fjernvarmeprodusenter, men også mindre flisfyrt anlegg (200-500 kW), ser ut til å øke. Produsenter av pellets og brikker (energi) etterspør også noen av disse fraksjonene, men hittil er volumene forholdsvis små.

På denne bakgrunn forblir kostnadene for brenselet i vår eksisterende bioenergiproduksjon ukjente størrelser. Men dersom bioenergiproduksjonen skal øke, forventes det at også andre typer biomasse vil bli tatt i bruk. Hovedproblemstillingen i denne utredningen er å identifisere ressurspotensialet for økt uttak av (primær) bioenergi i forhold til i dag og hvor mye det vil koste å ta det ut.

For disse, bl.a. skogsflis basert på hugstavfall og tynningsvirke, beskriver rapporten både aktuelle volum og kostnader.

Olje- og energidepartementes "Bioenergistrategi" legger opp til en vekst på 1 TWh/år frem mot 2020, det vil si omlag en fordobling av dagens produksjon. Rapporten forsøker nettopp å anskueliggjøre hvilke biomassevolum med tilhørende kostnader, den økte bioenergiproduksjonen må baseres på.

Kostnader for biomasse til økt bioenergiproduksjon

Tidligere rapporter har pekt på at den norske bioenergiproduksjonen, sett ut fra økologiske og tekniske forhold, kan økes med 18-20 TWh/år, slik at den i alt kan komme opp i ca 35 TWh/år. Rapportene har imidlertid ikke pekt på hvilke kostnader en slik produksjonsøkning vil representer, og hvordan kostnadsbildet varierer mellom de ulike ressurstypene.

Denne rapporten søker å finne frem til slike kostnadsbilder. Det er imidlertid ikke alltid mulig å foreta beregninger og vurderinger som gir entydige kostnadssammenhenger. Det skyldes at produksjon av biomasse til energiformål ofte henger sammen med, eller er et biprodukt av annen virksomhet. Tilgjengeligheten av hogstavfall (greiner og toppler = GROT) er for eksempel en ren funksjon av avvirkning i skog, halm er et biprodukt av kornproduksjon osv. Det er også vanskelig å vurdere kostnader der bransjer og teknologier enda ikke er utviklet, for eksempel uttak og bearbeiding av røtter eller biogass til kraft/varmeproduksjon. I tillegg er det viktig å understreke at kostnadsbildet ikke sier alt om de priser bioenergisektoren må forvente å betale for å få tilgang til de ulike råstofftyper, jf. nærmere drøfting i kapittel 2.

Rapporten er utført på basis av tilgjengelige rapporter m.m. på oppstartstidspunktet (oktober 2008). Det er verd å peke på at Statens forurensningstilsyn (Sft), i forbindelse med Klimakur 2020-prosjektet, utreder flere beslektede temaer bl.a. innenfor biogass. Sft's aktiviter vil også kunne bidra med ny kunnskap om kostnader.

Etterspørselen i energimarkedet avgjør hvilke mengder bioenergi det blir aktuelt å produsere. Dersom betalingsvilligheten i energimarkedet blir stor nok, vil også det ordinære massevirket som treforedlingsindustrien bruker, bli aktuelt for energiformål. Siden dette er en frihandelsvare vil det dermed i prinsippet være internasjonale priser på massevirke, korrigert for flising, transport frem til bruker mv. som legger en øvre grense for hva norsk bioenergiråstoff kan koste.

De største biomassekildene kildene er skogsrensel, biprodukter fra skogindustrien, halm og kornavrens samt biogass. Av skogsrensel utgjør hogstavfall (GROT) og de minst verdifulle fraksjonene som hittil har gått til treforedling (massevirke) de største ressursene. Tidligere har det vært antydet tilgjengelige bioenergiressurser som angitt i tabellen 1 under. Kategoriene merket med gul farge er nærmere undersøkt i denne rapporten. På basis av opplysninger og vurderinger i denne rapporten, er en oppdatert versjon av tabellen gjengitt i kapitel 6.

Opprinnelse	Bruk i 2006/2007 [TWh/år]	Mulig økt anvendelse anslått i 2008 [TWh/år]	SUM [TWh/år]
"Diffus" biomasse (ved)	7,3	2-3	9-10
Massevirke	5,0	3	8
Trelastindustri	0,9	1- 2	2 -3
Hogstavfall (greiner og topper GROT)	< 0,1	4	4
Møbel- og trevare	0,8	0,5	1,2
Avfall (papir, papp, trevirke)	2,0	2,5	4,5
Halm og kornavrens	0,1	1,0	1,1
Energivekster mm	-	1,0	1,0
Deponigass	0,1	0,1	0,2
Annen biogass	0,1	2,7	2,8
SUM	16	18 - 20	34-36

Tabell 1 - Bruk av bioenergi og mulig økt anvendelse iht. (1).

1 Samlet bioenergipotensial i Norge

Bioenergi er energi som frigjøres ved omdanning av organisk materiale (biomasse). Biomasse er i første rekke plantemateriale fra skog og landbruk, men omfatter også alle grønne planter til havs (akvatisk biomasse). Andre produkter som lages av biomasse, i første rekke trematerialer, papir og papp, betegnes også som bioenergi når de omdannes til varme og strøm i forbrenningsanlegg.

1.1 Anslag for faktisk tilvekst

Den årlige biomassetilveksten i Norge er, basert på innstrålt energi og virkningsgrad for fotosyntesen, anslått til ca. 425 TWh, hvorav 325 TWh er landbasert biomasse og 100 TWh akvatisk biomasse i ferskvann og langs kysten. Til sammenligning er den årlige tilveksten av det som kan nytties som biobrensel fra skog, halm, husdyrgjødsel og akvatisk biomasse i Norge beregnet til å være om lag 140 TWh [Bioenergi 2001].

1.2 Hva avgjør tilgangen på råstoff?

Siden de fleste ressurstyper oppstår som biprodukter fra ulike typer virksomheter, vil volum og kostnader stadig variere. Det er også viktig å være klar over at noen biomassetyper er gjenstand for konkurranse fra flere bransjer. F.eks. vil det alltid være et konkurranseforhold mellom treforedling-, plateindustri og energibransjen om massevirke fra skogbruket og om biproduktene fra sagbrukene. Utover dette vil biomassevolum og priser som energiprodusenter vil måtte betale variere med flere andre faktorer:

- Pris på råstoff. Eierne av biomasseressursene vil prise sitt råstoff i varierende grad. I dag mottar f.eks. skogeiere langt lavere betaling for GROT (målt i kubikkmeter) enn det de får for tømmer. Dette vil kunne endre seg i fremtiden, særlig dersom prisene i energimarkedet øker. Det er viktig å understreke at resultatene (tallene) i denne rapporten kun uttrykker kostnadene ved å få frem bioenergi fra skog, åker, osv, ikke hva man må betale for den (markedsprisen).
- Bioenergi som biprodukt. Tilgjengelig biomassevolum for energimarkedet er en funksjon av aktivitetsnivået i andre bransjer. Dersom f.eks. tømmerprisene faller fordi etterspørselen i bygg- og anleggsmarkedet reduseres, vil uttak av tømmer falle. Da vil nødvendigvis tilgjengelig GROT-volum også bli mindre. Et annet eksempel er biogassproduksjon, der nye samarbeidsrelasjoner mellom aktører i landbruk, næringsmiddelindustri og oppdrettsnæring kan danne basis for kostnadseffektiv energiproduksjon i anlegg som utnytter avfall fra alle tre bransjer.
- Driftsbetingelser i skogbruket. Siden skogbruket vil stå for en viktig del av biomasse til energiproduksjon, vil driftsbetingelsene her være viktige. Viktige faktorer her vil være alt fra kostnadsnivå for skogmaskiner, tilgjengelighet på veier (nybygging av skogsbilveier), samordning mellom mindre skogeiere til felles hogstplanlegging (drifter), tilrettelegging av opparbeidings- og lagringsareal for biomasse, osv.
- Markedsutvikling. Mange mindre flisfyringsanlegg forsyner med flis som anleggseier produserer selv, uten at brenselet i realiteten er "innom" et marked. Dersom flisproduksjon fra skogbruket skal gjøres rasjonelt med lave enhetskostnader, vil det innebære forholdsvis store volum som i

nesten omgang krever at det finnes aktører på etterspørselssiden med tilstrekkelig behov, dvs. energianlegg på mer enn 10 MW.

- Logistikk, bearbeiding og lager. Høsting, bearbeiding og anvendelse av biomasse til energiformål skjer på ulike tider av året. Innhøsting av halm skjer i kjølvannet av skuronna, noe som gjør det nødvending med mellomlagring til fyringssesongen. Flis fra GROT og tynningsvirke kan i prinsippet produseres hele året, men behov for tørking, vinterbrøytede veier og variasjonene i etterspørsel over året danner behov for mellomlagring. For å få frem brennselleveranser i takt med behovet må man benytte litt ulike verdikjeder, som hver for seg har ulike kostnader.
- Eiendomsstruktur og muligheter for stordrift / samdrift. De norske skogarealene er fordelt på et relativt stort antall eiere, som hver har tilsvarende små skogeierdommer. Denne eierstrukturen byr på utfordringer når det gjelder å avvikle hogstaktivitet (drifter) som er store nok til også å hente ut GROT med mer. Eierstrukturen kan også skape andre forvaltningsmessige utfordringer som det å bygge ut rasjonelle skogsbilveier. Skogeierforeningene har en viktig rolle i det å organisere hogst for flere eiere innen avgrensede områder.
- Tørking. Gjennom naturlig tørking kan vind- og solenergi oppkonsentreres i biomassen. Tørkes f.eks. en kubikkmeter flis fra nåletrær (industriflis uten bark) fra 50 % til 23 % fuktighet, øker brennverdien fra 1,9 MWh/tonn til 4,1 MWh/tonn, eller fra 550 kWh/m³ til 780 kWh/m³.
- Når velger skogeieren å hogge? Eiere av store skogarealer driver ofte forholdsvis jevnt uttak, som oftest styrt av prissignaler i markedet. Men hogst styres også av en rekke andre forhold som ikke har med produktpriser å gjøre, slike som endringer i skatteforhold, eiers kapitalbehov, arv-/generasjonsskifte osv.



Figur 1 - Lassbærer for uttak av tømmer og GROT (L. Bugge)

1.3 Energiinnhold og brenselkvalitet

Biobrensel varierer i brennverdi og kvalitet ut fra hvordan produksjonen har skjedd. Fuktinnhold er en vesentlig parameter som er viktig av flere årsaker:

- Fuktinnholdet avgjør hvilken brennverdi biobrenselet har og dermed også verdien av for eksempel en løskubikkmeter flis.
- Bioenergisentraler kan ha ulike krav til fuktinnhold i brenselet de kan bruke. Større varmesentraler kan i mange tilfelle bruke forholdsvis rå flis (40-45 %), mens mindre anlegg tåler fuktighetsinnhold på opptil 35 %. Kravet til fuktinnhold er med på å bestemme hvordan brenselet produseres og dermed også kostnadene.
- Fuktinnhold bestemmer lagringsevnen for flis. En haug rå flis med fuktighet på 50 % og mer, har dårlig lagringsevne. Den høye fuktigheten gjør at nedbrytningsprosesser kommer raskt i gang ("går varmt") og brenslet blir uønsket av varmeprodusentene. Skogsflis av ferskt virke (høy fuktighet) bør brennes relativt raskt, mens virke som har tørket ned til et fuktinnhold på 30-35 % kan flies og lagres.

På denne bakgrunn er det relevant å vurdere potensial og kostnader ut fra ulike brennverdier råstoffet har. Tabellen nedenfor viser de viktigste brennverdier for gran, furu og bjørk i ulike tilstander.

Treslag	Basisdensitet	Effektiv	Effektiv	Effektiv	Effektiv
	(kg/m ³)	brennverdi	brennverdi	brennverdi	brennverdi
		20 %	50 %	20 %	50 %
		fuktighet	fuktighet	fuktighet	fuktighet
		(kWh/fm ³)	(kWh/fm ³)	(kWh/kg)	(kWh/lm ³)
Gran	380	1950	1760	4,1	690
Furu	440	2260	2030		700
Bjørk	500	2570	2310	4,1	

Tabell 2 - Oversikt over basisdensitet og brennverdier for gran, furu og bjørk

For praktiske formål regnes man ofte med

- En fastkubikkmeter rått virke (55 % fuktighet) gir 2000 kWh
- En løskubikkmeter skogsflis (55 % fuktighet) gir 700 kWh
- En fastkubikkmeter virke gir 2,5 lm³ etter flising.

Med mindre annet er angitt, er det også disse brennverdier som benyttes i denne rapporten.

Brensel	Aske	Vann	Spesifikk vekt	Effektiv brenn-verdi	Effektiv brenn-verdi
	% av tørrvekt	% av totalvekt	(kg/lm³)	(MWh/tonn)	(MWh/lm³)
Ved, bjørk	0,8	20	430	4,1	1,76
Ved, gran	1,3	20	345	4,1	1,41
Skogsflis, furu	1,5	55	390	1,9	0,73
Skogsflis, gran	2	55	355	1,9	0,69
Industriflis, rå	1,8	55	300	1,9	0,55
Industriflis, tørr	0,3	20	200	4,1	0,82
Høvelflis	0,5	15	100	4,6	0,46
Sagflis	0,5	44	230	2,7	0,63
Bark, nåletrær	3	50	280	2,3	0,65
Returvirke	15-20	20	265	3,8	1
Pellets	1	8-12	650	4,8	3,1
Briketter	0,7	10-12	600	4,3	2,6
Trepulver	0,5	5	280	4,9	1,4
Bark	2,5-3,0	55	280	2,1	0,6

Tabell 3 - Egenskaper for ulike biobrensler (www.fornybar.no)

I tillegg til fuktinnhold er det flere andre forhold som påvirker brenselkvaliteten og dermed verdi og kostnader ved produksjon:

- Flisstørrelse. For varmeprodusentene er det svært viktig at flis har en nogenlunde ensartet størrelse og at det ikke finnes lengre trestykker (stikk) som kan forårsake stans i matesystemene.
- Finstoff. Varmeprodusentene ønsker begrensede mengder finstoff fordi dette er uønsket i forhold til driften, (støvdannelse)
- Forurensninger. Flis som inneholder fremmedlegemer kan også forårsake driftstans i forbrenningsanleggene. Sand, jord, gjørme, osv består av mineraler som lager slagg ved forbrenning. Slagging på rister og andre steder i anleggene er svært uønsket.

Kvalitetskravene gjør det ofte nødvendig å blande brensel av ulike typer for å oppnå et tilstrekkelig nivå. For eksempel er det vanlig å blande lass fra ulike kilder sammen, eller å blande inn flis fra heltrevirke sammen med flis av GROT. Slik kvalitetssikring skjer gjerne i terminalanlegg eller i tilknytning til større varmesentraler. For mindre flisfyrt anlegg hvor adgangen til det er mer begrenset, er det desto viktigere at brenselet tilføres fra kilden med "riktig" kvalitet. Kostnader for kvalitetssikring er imidlertid ikke tatt med som komponent i denne rapporten.

1.4 Kostnadskurver

For noen av typer eller kilder for biomasse er det laget figurer som viser hvilke biomassevolum en kan hente ut og kostnader for slikt uttak. Kostnadene vil variere endel, bl.a. som følge av geografisk beliggenhet, type ressurs, teknologisk modenhet osv. Kostnadsspennet er vist som et skravert felt på hver side av den mest representative enhetskostnaden, vist med mørk blå farge.

Noen av volumene er også delt i to områder; et område som gjelder for ressurser som er tilgjengelige, og et for ressurser som man ikke uten videre kan nyttiggjøre seg av. Dette er gjort for halm og for GROT. For halm der det er lagt til grunn at man av agronomifaglige årsaker kun kan fjerne halmen fra jordet hvert tredje år. For GROT er et volum basert på at man nyttiggjør seg all GROT fra dagens skogsavvirkning. I tillegg er det beregnet et volum dersom man øker den generelle skogsavvirkningen opp til netto balansekvantum.

Det er laget kostnadskurver for disse biomasseressursene:

- GROT
- Tynningsvirke
- Halm
- Biogass

For de andre biomasseressursene som er dekket i denne rapporten, mangler vi tilstrekkelig informasjon om volumer og/ eller priser til å inkludere disse i kostnadskurvene.

1.5 Kostnader i skogbruket generelt, effekt for bioenergiproduksjon

Hogstmaskiner og lassbærere som brukes til vanlig skogsdrift, brukes også til uttak av biomasse til energiproduksjon. Derfor bestemmer kostnader knyttet til bruk av maskinene også en god del av kostnadsbildet for produksjon av bioenergi. Tabell 4 gir en indikasjon på noen av de viktigste faste og variable kostnadene for hogstmaskin og lassbærer.

	<i>Hogsmaskin</i>	<i>Lassbærer</i>
Typisk investeringskostnad	3 mill kr	2-2,5 mill kr
Leasingkostnad	50 000 kr/mnd	35 000 kr/mnd
Inntjeningsbehov	1250 kr/time	600 kr/time
Dieselforbruk	15 liter/time	10-12 liter/time
Personell	280 kr/time	280 kr/time
Kapasitet		13 fm ³ /lass

Tabell 4 - Typiske kostnadstall for hogstmaskin og lassbærer (Viken skog)

Typisk kostnad for utkjøring med lassbærer ligger på ca 50 kr/fm³. Med utgangspunkt i kostnadene i tabellen, betyr det at lassbæreren må klare å kjøre ut ca 6-8 lass pr dag bare for å dekke kostnader, fortjeneste kommer i tillegg.

Kjøring med lastbærer i terrenget skjer med typisk hastighet på 1,5-2 km/t. En rundtur på 500 meter vil da ta 30-40 minutter i ren kjøretid.

Tallene over kan brukes til å illustrere hvilke kostnader produksjon av biobrensel må bære. På basis av tallene over, regner Viken Skog en typisk kostnad for oppsamling, transport og opprankning av GROT på 28-30 kr/fm³.

Kostnadstallene over danner basis for hvordan man regner enhetskostnader for uttak av tømmer, men også for GROT og tynningsvirke. De er dermed reflektert i kostnadskurvene for disse fraksjonene.

1.6 Markedspris og produksjonskostnader for bioenergi

Pris på olje bestemmes i hovedsak av tilbud og etterspørsel i oljemarkedet. Oljeprisen er dermed i liten grad knyttet til produksjonskostnadene for olje. (Men siden det er lønnsomheten som er avgjørende for oljeprodusenten, er det som regel slik at produksjonskostnadene ligger lavere enn markedsprisen for olje.)

I prinsippet er situasjonen for biobrensel den samme som for olje,- det er situasjonen i markedet som bestemmer prisene. Men siden markedet for biobrensel ikke på langt nær er så velutviklet som for olje, er det for biobrensel ofte en nærmere sammenheng mellom kostnader for råstoff og priser. Denne rapporten forteller om hva det koster å bringe frem ulike typer bioenergiressurser slik at de kan nyttiggjøres, altså produksjonskostnadene. Den forteller imidlertid ikke hva som er prisen på bioenergi, dvs. hva man må betale i markedet for de ulike typer biobrensler.

Dersom el- og olje øker i pris, vil forbrukere over tid lete etter rimeligere alternativer, bl.a. bioenergi. Blir prisene i energimarkedet vedvarende høye, vil man kunne oppleve at det kan bli tilstrekkelig betalingsvilje for å kjøpe tømmer som energiråstoff, både norsk så vel som importert virke. Dersom dette skjer, vil en stadig økende andel av det billigste tømmeret, først og fremst massevirke, kunne finne veien til energimarkedet istedenfor å bli råstoff for treforedlingsindustrien. I dag skjer dette bl.a. ved Hallingdal biopellets som benytter massevirket furu i sin produksjon.

Dersom prisnivået på el- og olje blir svært høyt, vil man kanskje også kunne oppleve at dyrere tømmer (skurvirket) også kan omdannes til energi. Så langt finnes det imidlertid få eksempler på at dette har skjedd.

I de senere år har norsk produksjon av massevirke vært forholdsvis stabil, og representerer et energipotensial på i størrelsesordenen 9-10 TWh/år. I dette bildet er det også viktig å peke på at man kan importere massevirke til priser som grovt sett ligger på samme nivå som for norsk massevirke. Siden massevirke på denne måten kan leveres i nær "uendelige" mengder sett i forhold til et norsk bioenergimarked, vil andre typer råstoff for bioenergiproduksjon i praksis måtte kunne konkurrencemessig med massevirke. Gjør det ikke det, vil det neppe være lønnsomt for produsenten å ta det ut.

Prisen på de ulike tømmerkvaliteter varierer over tid og hvor i landet man befinner seg. Noen skogeierandelslag publiserer jevnlig sine tømmerpriser på internett, andre ikke. I tabell 5 gjengis noen priser som gjelder for første kvartal 2009, (kr/ fm³):

	Viken skog BA	AT Skog BA	Vestskog BA	Allskog BA
Massevirke gran	273	252	230	275
Massevirke furu	230	230	220	240
Energigran	180			200
Biovirke	140			

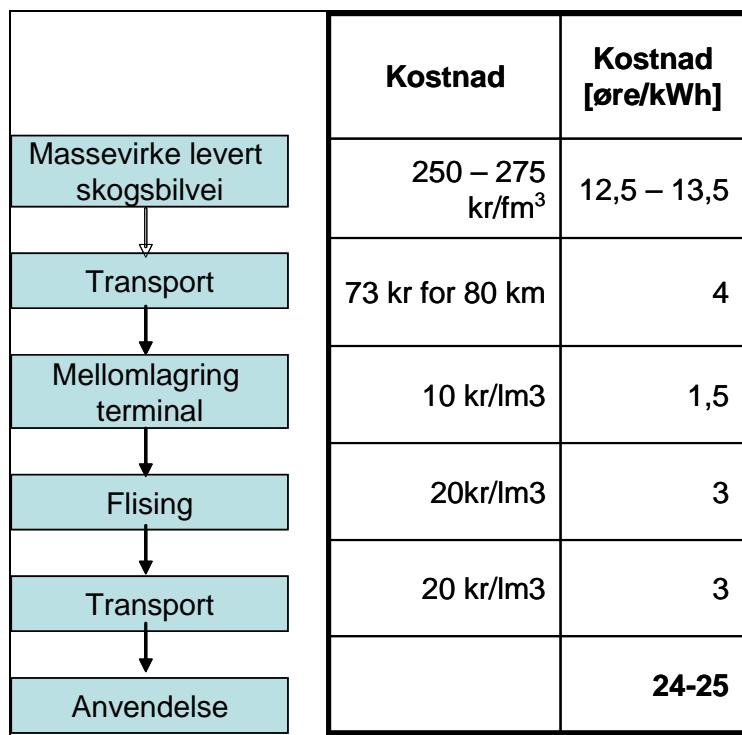
Tabell 5 - Tømmerpriser publisert i mars 2009 [kr/fm³]

Siden det avvirkes i størrelsesorden 3-4 ganger mer gran enn furu, er prisene på massevirke gran viktigst å studere. Her varierer prisene noe, men med hovedtyngde i intervallet 250-275 kr/fm³. For en varmeprodusent som anvender biobrensel betyr dette priser på 12,5-13,5 øre/kWh.

De aktuelle tømmervolum (massevirke) er oppgitt i tabell 6. Her er det gjort en forenkling idet det for all avvirkning er lagt til grunn en fordeling mellom skur- og massevirkekvalitet på 50 % av hver.

	Avvirket volum massevirke 1994-2003 [mill. fm ³]	Energivolum (1 fm ³ =2000 kWh) [TWh/år]
Region 1	2 941	5,9
Region 2	714	1,4
Region 3	241	0,5
Region 4	666	1,3
SUM	4 563	9,1

Tabell 6 - Avvirket volum massevirke 1994-2003 (Landsskogstakseringen 2000-2004)



Figur 2 – Kostnader for massevirke omdannet til biobrensel.

Eksemplet over i figur 2 viser at massevirke vil kunne bli aktuell som energiråstoff dersom energimarkedet kan betale fra 24-25 øre/kWh og mer. Her er det imidlertid viktig å minne om at massevirke benyttes allerede til i papir-, cellulose- og plateproduksjon, og at en økende etterspørsel fra energimarkedet sannsynligvis vil bidra til økte priser.

Tabell 7 nedenfor, viser en oversikt over priser på flis i 2007. Med en veiet snittpris for 2007 på 12,8 øre/kWh, viser den at betalingsviljen for flis fortsatt er for lav for å utløse store volum med massevirke til energiformål.

Flistype / øre/kWh	2007 veiet snitt	2007 minste pris	2007 maks pris
Skogsflis	19,5	12,8	30,1
Returflis	7,8	6,0	14,2
Sagbruksavfall	9,3	6,0	17,0
Bark	5,8	5,7	6,0

Tabell 7 - Priser på flis i 2007 (Nobio)

1.7 Usikkerhet ved resultatene

Alle kostnadskurvene i denne rapporten er basert på ressursanslag som er ulikt dokumentert. Derfor er rapporten inndelt i kapitler der ressursene er godt dokumentert, og kapitler der anslagene er forholdsvis usikre. Bioenergiressursene fra skogbruk er relativt godt dokumentert, i

første rekke gjennom Landsskogstakseringen 2000-2004. Det er også anslagene når det gjelder halm og biogass. Derimot er ressursgrunnlaget for vedproduksjon og utnyttelse av trevirke, papp og papir fra avfall dårlig dokumentert. Siden de tilgjengelige volumene for disse ikke er kjent, er det heller ikke mulig å sette opp kostnadskurver for dem.

Kostnadene som er lagt til grunn, hviler på definisjoner av verdikjeder. Det eksisterer mange varianter av slike verdikjeder, bl.a. ut fra hvilke lokale forhold som rår. Det vil for eksempel alltid være variasjoner av hvilke distanser biomassen skal fraktes og antall omlastinger som er nødvendig. Dermed er transport- og håndteringskostnader vanskelige å generalisere. Ut fra beskrivelser i kildematerialet og diskusjoner med aktørene i de ulike bransjene har vi imidlertid kommet frem til enhetskostnader og oppbygging av verdikjeder som er representative.

Kostnader for bioenergiråstoff er viktig, men ikke alltid avgjørende. For eksempel dokumenterer rapporten et forholdsvis stort volum av tynningsvirke som kan utnyttes, men det er en lang rekke faktorer utenom produksjonskostnader for bioenergi som avgjør om disse i virkeligheten vil bli tatt ut. Det henger trolig vel så mye sammen med hvordan den enkelte skogeier vurderer situasjonen for sin skog totalt sett.

I noen tilfeller vil utnyttelse av enkelte ressursgrupper kreve utvikling av ny teknologi og anvendelse av teknologi man i norsk sammenheng så langt har liten erfaring med. Et eksempel på dette er utnyttelse av stubber og røtter fra skog. Et annet er utnyttelse av biogass fra gårdsanlegg.

Forholdene i energimarkedene vil bety svært mye for hvor mye bioenergi som blir produsert i fremtiden. Med lave el- og oljepriser som preger bildet våren 2009, er sannsynligheten forholdsvis liten for vekst i bioenergiproduksjonen. Men dersom energiprisene stiger for eksempel med el-spotpriser på 50-60 øre/kWh, vil interessen øke. Dersom energiselskapene legger til grunn vedvarende høye energipriser, vil drivkraftene bak utbygging av ulike nær- og fjernvarmeanlegg også øke. Utbygging av slike anlegg, og samtidig utvikling av langsiktige avtaler med leveranser av biobrensel, er sentralt for å kunne utløse bioenergipotensialene som finnes.

Logistikk og transportløsninger er også viktig. Innlandet (Hedmark og Oppland) har en vesentlig andel av bioenergiressursene. Samtidig står innlandet for beskjedne andeler av landets energibruk, og har også den laveste andelen av befolkning som bor i byer og tettsteder. Betingelsene for bygging av fjernvarme er dermed relativt begrensede her.

2 Biomasse fra kjente ressurser

2.1 Biomasse fra skogbruk

Uttak av biomasse til energiformål vil i de fleste sammenhenger være en funksjon av tømmerhugst som råstoff til sagbruk og treforedling. Når en diskuterer uttak av tømmer fra skogen, støter man gjerne på uttrykket balansekvantum. Balansekvantumet angir det høyest mulige kvantum en kan avvirke uten å måtte senke kvantumet i fremtiden, altså det man kan ta ut jevnt over lang tid. Som forutsetning for balansekvantumstallet angis et såkalt skogbehandlingsprogram der tiltak for ungskogpleie, tynning, gjødsling m.m. er beskrevet. Begrepene brutto og netto balansekvantum brukes også.

Brutto balansekvantum er basert på uttak av all stammemasse fra et område. For å komme frem til forventet virkeskvantum for salg og hjemmeforbruk, må en gjøre fratrekks for topp og avfall som blir liggende igjen i skogen. I tillegg må det reduseres for miljøhensyn som må ivaretas ved salg av virke, bl.a. beskrevet i "Levende skog"-standarden. Begge disse størrelsene er vanskelige å estimere, men Institutt for Skog og Landskap har anslått en reduksjon på 10 % for topp og avfall og 10 % reduksjon for miljøhensyn. Dette reduserte kvantum er angitt som netto balansekvantum og kan sammenlignes med det faktiske avvirkningskvantum for å vurdere hvordan ressursene utnyttes. Landsskogstakseringen (LST) 2000-2004 anslår at netto balansekvantum for de samlede norske skogressurser utgjør om lag 13 millioner kubikkmeter pr år. Dette tallet kan med andre ord sees på som et tak for hva vi kan hente ut, og kan videre sees i sammenheng med den årlige hogsten som har ligget på 7-9 mill kubikkmeter de senere år.

Skogsflis eller grønnflis er en samlebetegnelse for flis fra ubarket og ukvistet virke hovedsakelig hogstavfall og tynningsvirke, men også annet virke som fra kantrydding mm. Ferskt og ubehandlet har dette virket en fuktighet på ca. 50 %. Skogsflis med såpass høy fuktighet vil raskt gjennomgå nedbrytingsprosesser og er derfor ikke særlig lagringsdyktig. Helst må fuktighetsinnholdet ned til et nivå på omlag 30 % for at man skal kunne lagre det over noe tid. Tørking er også gunstig for å få en best mulig energimessig utnyttelse av råstoffet. Det kan gjøres ved at råstoffet legges i hauger eller ranker og tørkes naturlig (sol, vind), eller at man velger en kunstig tørkeprosess etter at råstoffet først er fliset opp.

Tømmer fra skogbruket har hittil blitt brukt som råstoff til byggevarer (sag- og høvelbruk, plateproduksjon), og til cellulose og papirproduksjon (treforedling). Skurtømmer (høy kvalitet) til sagbrukene har en verdi som kan være 2-3 ganger så høy som verdien av massevirke (lav kvalitet) som blir til papp og papir. I de senere år, særlig i våre naboland Sverige og Finland, har imidlertid tømmer av laveste kvalitet i økende grad blitt kjøpt som råstoff for produksjon av flis og annet biobrensel. Denne tømmerkvaliteten har etter hvert fått betegnelsen energivirke, og består ofte av tømmer med råteskader mm. Biovirke brukes også som en betegnelse for virke egnet for bioenergiformål.

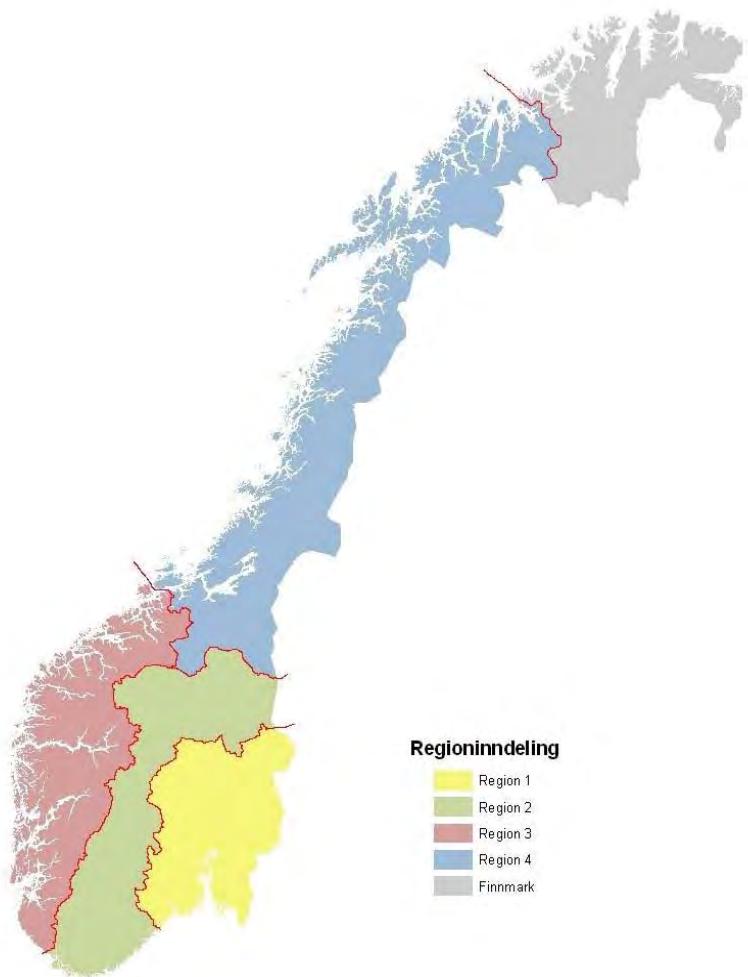
Det meste av tømmeret tas ut gjennom såkalt sluttavvirkning, dvs at nær sagt alle trær på et avgrenset areal hugges og fraktes ut på en gang. Det betyr at alle tømmerkvaliteter tas ut parallelt, og at det. Bare i begrenset grad vil la seg gjøre å hente ut mer energivirke alene. Dette

innebærer at økt avvirkning i praksis innebærer uttak av alle tømmerkvaliteter, og at det parallelt må finnes avsetning for dem. Det betyr bl.a. at etterspørselen etter trebaserte byggevarer må øke fordi det nettopp er sagtømmer som oppnår best pris pr fm³.

Noe tømmer, omlag 10-15 %, hentes ut gjennom såkalt tynningshogst. Dette er stort sett unge trær som hentes ut for å gjøre vekstbetingelsene for de gjenværende trærne bedre. Virke fra tynningshogst er stort sett massevirke, men er også velegnet til bioenergiproduksjon. Når man tynner for å levere massevirke (stokker), skiller greiner og toppe fra stammen. Dersom man skal levere skogsflis til energiproduksjon, kan hele treet sendes gjennom en flishugger, og bli omdannet til brensel, uten at greiner og toppe først er fraskilt. Dette betyr at virke fra skogtynning vil kunne gjennomgå ulike hugst- og bearbeidingsprosesser avhengig av hvilke brukere som skal utnytte det. Å omdanne hele trær til skogsflis er foreløpig ikke så vanlig i Norge, men vil muligens kunne bli det dersom etterspørselen i bioenergimarkedet øker.

I det følgende skiller det mellom heltre, stammevirke og rundvirke. Heltre betyr hele trær der kvist og topp fortsatt er festet på trestammen. Stammevirke og rundvirke benyttes om hverandre, med begge menes selve tømmerstokken, uten topp og greiner.

For å belyse de geografiske variasjoner har en delt landet i 4 regioner der en 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 (hogstareal) 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 3 – Region inndeling etter Landsskogstakseringen (LST)

2.1.1 Hogstavfall - Greiner og toppler (GROT)

Greiner og toppler skiller skilles fra tømmerstokken når treet hugges, og er dermed et biprodukt fra tømmerhugst. GROT-ressursene er beskrevet i Landsskogstakseringen (LST) 2000-2004.

Til tross for at GROT kan utnyttes som biobrensel, har det med noen unntak, blitt liggende igjen i skogen. Således er GROT en ubenyttet energiressurs som ikke har andre anvendelsesområder direkte, bortsett fra å tilføre skogen næringsstoffer under nedbrytingen.

Uttak av GROT kan ha ueheldige effekter på skogøkosystemet, fordi man fjerner næringsstoffer. Det kan altså bli en konflikt mellom behovet for bioenergi og en bærekraftig langsiktig skogforvaltning. For å løse problemet kan det bli nødvendig å sette inn tiltak, for eksempel ved å tilbakeføre aske til skogen eller gjennomføre annen type gjødsling. Kostnader for slike tiltak er ikke tatt med i denne rapporten. Et forskningsprosjekt kalt "Økologiske konsekvenser av økt biomasseuttag fra skog i Norge" ved Institutt for Skog og Landskap, skal bl.a. undersøke konsekvensene ved et økt uttag av GROT. Prosjektet skal gjennomføres i perioden 2009-2012.

Sett i forhold til selve stammevolumet, representerer GROT et volum på ca 20-25 % (omregnet i fastvolum). I teorien kan man tenke seg at GROT ressursene er tilsvarende store målt i forhold til den totale skogavvirkningen. Det er de imidlertid ikke, og forklaringene på det er flere:

- Man unngår å ta ut GROT på områder med svake vekstvilkår, (lavere boniteter, G11 og lavere), fordi marka her er spesielt tjent med å få tilført organisk materiale når GROT råtner og brytes ned.
- Man "raker" ikke hogstflater rene for GROT, av samme årsak som over. Minst 30 % av GROT'en er vanlig å legge igjen i skogen.
- Mange steder med bæresvak mark og i ulendte terrenghyper trengs GROT som et bæredekke ("armeringsteppe") for skogsmaskiner. GROT som har blitt kjørt mye på vil etter hvert få tilført mye sand og jord som igjen reduserer brenselverdien.
- Fremføring av GROT krever egnede lagerareal langs vei og areal for manøvrering av lastebiler, containere og maskiner. I mange tilfeller er slike arealer ikke tilgjengelige, hvilket også reduserer mulighetene for å hente ut GROT.

Potensialtallene fra Landskogstakseringen tar hensyn til dette, men mulighetene for å hente ut GROT vil variere en del ut fra lokale forhold. GROT-mengdene som kan nyttiggjøres er beskrevet i tabell 3.1 under.



Figur 4 - GROT i ranker (Energiflis AS)

<i>Region</i>	<i>Fylker</i>	<i>Årlig avvirkning 1994-2003 (1000 m³)</i>	<i>GROT ressurser 1993-2003</i>	<i>Netto balanse- kvantum</i>	<i>GROT ved netto balanse- kvantum</i>
1	<i>Østfold, Akershus, Oslo, Hedmark, Oppland, Buskerud, Vestfold, Telemark</i>	5883	1041	7510	1329
2	<i>Aust Agder, Vest Agder</i>	1428	253	2483	440
3	<i>Rogaland, Hordaland, Sogn og Fjordane, Møre og Romsdal</i>	482	99	1446	296
4	<i>Sør-Trøndelag, Nord-Trøndelag, Nordland, Troms <i>Finmark</i></i>	1332	284	1651	352
SUM		9125	1677	13091	2417

Tabell 8 - Tall for GROT (1000 m³) ved aktuell avvirkning og netto balansekvantum
(Landsskogstakseringen, 2004)

Tabell 8 viser hva som ble avvirket i perioden 1994-2003, og den korresponderende GROT-mengden som følger av dette tømmervolumet. Den viser på samme måte netto balansekvantum, og også den GROT mengden man kan hente ut, gitt at man øker avvirkningen opp mot netto balansekvantum (kolonnen lengst til høyre i tabellen).

Tabell 8 viser tydelig at man i region 1, henter ut et kvantum som er langt nærmere balansekvantumet enn det man gjør for de andre regionene. Det er fordi det er her skogbruket har best vilkår (størst tilvekst og gunstigste kostnader for avvirkning).

Når det gjelder kostnader for å hente ut GROT vil vi i det videre se bort fra kostnadene knyttet til hogst og kvisting siden dette er nødvendig for i det hele tatt få tømmeret ut av skogen. Med andre ord; kostnadene for brenselproduksjon fra GROT påløper først idet man begynner å håndtere og bearbeide den.

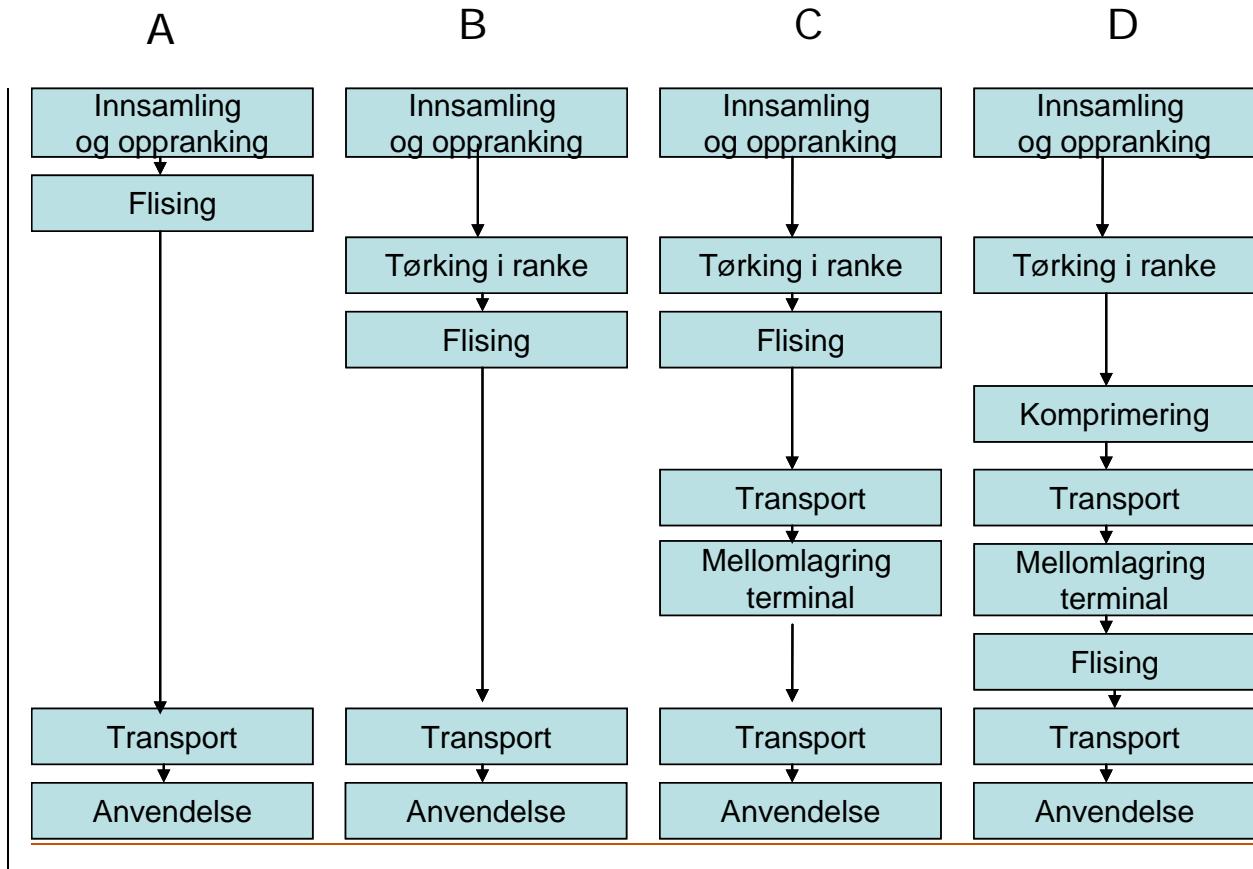
Kostnadene for uttak av GROT varierer med faktorer som driftsmetode, driftslengde, terregngforhold, veilengde, hogstvolum, barmasse som drysser av etc., tap ved terregngtransport og terminalhåndtering.



Figur 5 - Komprimering av GROT (Energiflis AS)

Verdikjeder

For beregning av kostnader har vi valgt å legge til grunn følgende verdikjeder:



Figur 6 Verdikjeder for opparbeiding av GROT

Komprimering gjøres for å redusere volumet av GROT og gjøre det mulig å transportere på vanlige tømmerbiler. Dessuten er komprimert GROT gunstig med tanke på tørking og lagring, gjerne ved terminal. Energiflis AS regner 115 kr/tonn i kostnad for komprimering, og hevder at komprimering vil kunne være lønnsomt ved transportdistanser lengre enn ca 30 km.

Vi har valgt å regne på verdikjedene B og C, fordi disse til sammen er mest representative for måten GROT tas ut på. I de samlede kostnadene er verdikjede B vektet 60 % og verdikjede C 40 %. En viktig årsak til å gjøre en slik vektning er at en del flis må mellomlagres i perioder fordi produksjon av flis ikke faller sammen i tid med fyringssesongen.

Innsamling, terrengtransport og opprankning

Kostnadene for innsamling, terrengtransport og opprankning (samling i hauger) henger nært sammen med terrengforhold og bonitet. Ved korte transportdistanser og høy bonitet (høy bonitet innebærer gode vekstforhold) kan man hente ut mange GROT-lass pr tidsenhet. På lavere boniter

er veksten dårligere (mindre GROT pr arealenhet). Dermed er det for disse kostnadene at forskjellene mellom regionene er størst.

Tabellen 9 viser en fordeling av driftsforhold mellom regionene som Landskogstakseringen gjelder for. Lette driftsforhold betyr lave kostnader for innsamling og terrengtransport, vanskelige driftsforhold betyr høye kostnader. Region 1 (Østlandet) og 4 (Trøndelag og Nordland) har de gunstigste driftsforholdene, og står til sammen for ca 70 % av de samlede skogressursene. Region 3 (Vestlandet) har mest krevende driftsforhold. Det er med andre ord en relativt gunstig sammenheng mellom beliggenheten til de største skogressursene (Østlandet og Trøndelagsfylkene) og gunstige driftsforhold. Dette forholdet er også reflektert i tabell 9, som viser at man i region 1 og 4, årlig i perioden 1993-2003 i gjennomsnitt tok ut om lag 79 % av hva mulig avvirkning, dvs. netto balansekvantum.

Region	Lette driftsforhold (%)	Middels vanskelige driftsforhold (%)	Vanskelige driftsforhold (%)	Andel av skogproduksjoen %
1	10	85	5	57
2	-	70	30	19
3	-	60	40	11
4	5	75	20	13

Tabell 9 - Andel av GROT som kan hentes ut under ulike driftsforhold i regionene
(Kåre Hobbelstad, 2009)

Flising og veitrasport

Kostnadene for flising er avhengig av om det flises hogstavfall eller heltrær. Heltrær kan flises noe raskere enn GROT og er derfor noe rimeligere. Det er også forskjell på om flisingen skjer langs skogsbilvei eller ved terminal. Siden flishuggere på terminaler gjerne har større kapasitet, er kostnadene her noe lavere enn det det koster å drive mobile huggere som kjøres ut på skogsbilveier. For veitrasporten av skogsflis på lastebil er transportavstanden og lasstørrelsene avgjørende for kostnadsnivået.

Total fliskostnad levert industritomt

Tabellene 10 og 11 angir enhetskostnader for verdikjedene B og C

GROT verdikjede B						
Driftsforhold	Lett ¹		Middels ²		Vanskelig ³	
	kr/lm ³	Øre/kWh	kr/lm ³	øre/kWh	kr/lm ³	øre/kWh
Utkjøring	21	2,6	36	4,5	125	15,6
Tørking	3	0,4	3	0,4	3	0,4
Flising	40	5,7	40	5,7	45	5,7
Lastebiltransport	29	4,1	29	4,1	29	4,1
Sum	92	12,8	108	14,7	202	26,5

Tabell 10 - Totalkostnaden for opparbeiding og transport av flis fra hogstavfall under lett, middels og vanskelige driftsforhold (OED (2) og Viken Skog)

1 Lett driftsforhold: Avstand: 100 m. Hastighet: 4 km/t

2 Middels driftsforhold: Avstand: 400 m. Hastighet: 2 km/t

3 Vanskelig driftsforhold: Avstand: 1200 m. Hastighet: 1 km/t

GROT verdikjede C						
Driftsforhold	Lett ¹		Middels ²		Vanskelig ³	
	kr/lm ³	Øre/kWh	kr/lm ³	øre/kWh	kr/lm ³	øre/kWh
Utkjøring	21	2,6	36	4,5	125	15,6
Tørking	3	0,4	3	0,4	3	0,4
Flising	40	5,7	40	5,7	45	5,7
Transport	36	5,1	36	5,1	36	5,1
Terminal	10	1,4	10	1,4	10	1,4
Lastebiltransport	29	4,1	29	4,1	29	4,1
Sum	138	19,4	154	21,3	248	33,1

Tabell 11 - Totalkostnaden for opparbeiding og transport av flis fra hogstavfall under lett, middels og vanskelige driftsforhold (OED (2) og Viken Skog)

1 Lett driftsforhold: Avstand: 100 m. Hastighet: 4 km/t

2 Middels driftsforhold: Avstand: 400 m. Hastighet: 2 km/t

3 Vanskelig driftsforhold: Avstand: 1200 m. Hastighet: 1 km/t

Kostnadene for uttak av GROT er basert på følgende forutsetninger:

- Kostnader til hogst og utkjøring vil variere med terrengtype, tall for dette er fra kilde (2).
- Transport for utkjøring fra skogsbilvei til terminal er satt til 36 kr/lm³.
- Flising ved skogsbilvei / i terreng er satt til 40 kr/lm³
- Terminalkostanden er 10 kr/ lm³.
- Kostnader til lastebiltransport til kunde er beregnet etter formelen: 13 kr/lm³ + 0,31 kr/lm³ og km. Tallet er beregnet for en avstand til kunde på 50 km.

GROT verdikjede B vektet 60 % og verdikjede C vektet 40 %					
Driftsforhold	Lett¹	Middels²	Vanskelig³		
	kr/lm ³	Øre/kWh	kr/lm ³	øre/kWh	kr/lm ³
Sum	111	15,4	126	17,3	220
					29,2

Tabell 12 - Totalkostnaden for opparbeiding og transport av flis fra hogstavfall under lett, middels og vanskelige driftsforhold (OED (2) og Viken Skog)

1 Lett driftsforhold: Avstand: 100 m. Hastighet: 4 km/t

2 Middels driftsforhold: Avstand: 400 m. Hastighet: 2 km/t

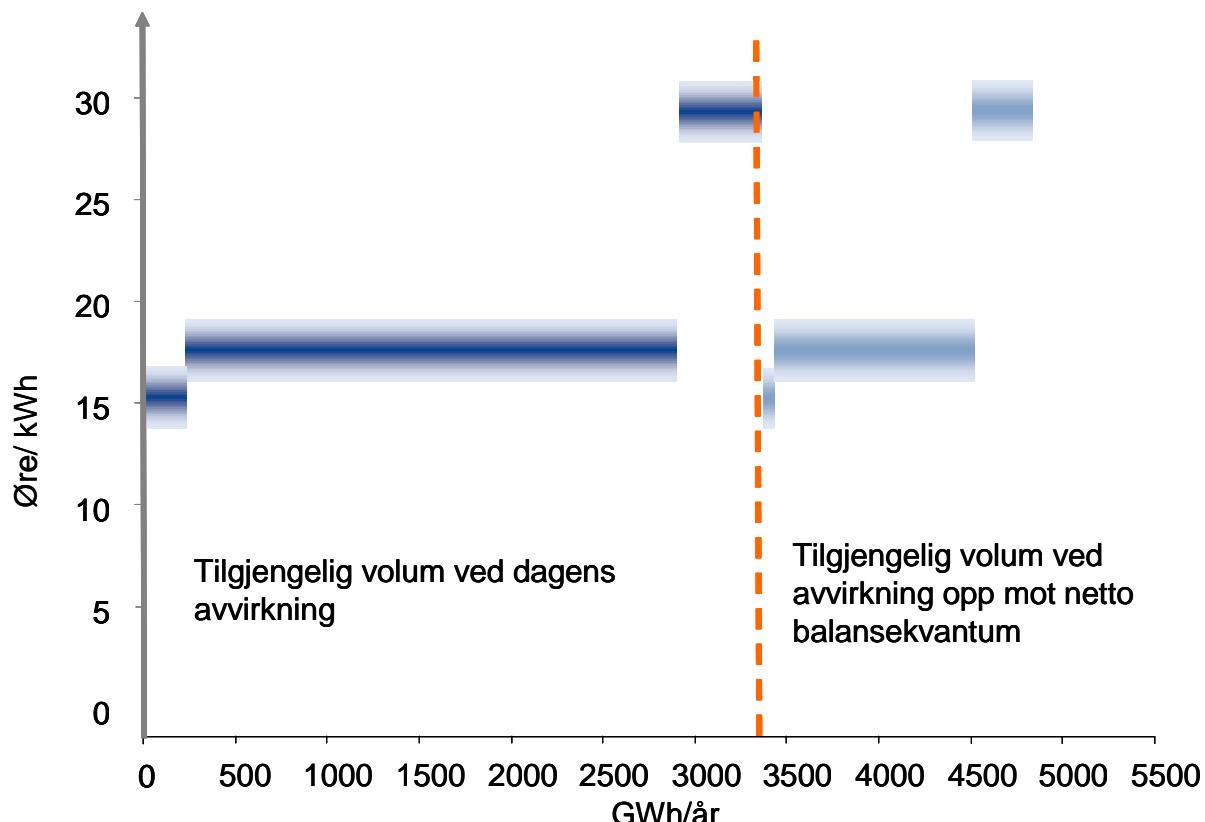
3 Vanskelig driftsforhold: Avstand: 1200 m. Hastighet: 1 km/t

Tabellene over viser tydelig at det er terrengforhold i stor grad bestemmer kostnadene for uttak av GROT. Kostnadene i vanskelig terrenget er om lag dobbelt så store som i lett terrenget.

Hovedforskjellen mellom verdikjede B og C er at man i C inkluderer omlasting/lagring av flis ved terminal, hvilket er nødvendig fordi uttak av GROT ikke faller sammen i tid med fyringssesongen.

Kostnadskurver

Basert på kostnadsanslagene i tabellene over, samt potensialet for tilgjengelig GROT med dagens hogstrate, og potensialet dersom hogstraten økes opp mot netto balansekvantum, kan kostnadskurven for tilgjengelig GROT fremstilles som vist under. Det er viktig å understreke at kostnadskurven ikke gjennspeiler forholdene i hver region, men gjelder for landet under ett.



Figur 7 - Kostnadskurve for bioenergi fra GROT

Som kostnadskurven viser, kan det meste av volumet tas ut til en kostnad på ca 17 øre per kWh. Dette gjelder for middels vanskelige driftsforhold (terrenget) og med den oppgitte fordelingen mellom verdikjede B og C. Uttak som verdikjede B og i lett terregn har de laveste kostnadene. Desto større andel av volumet som tas ut her, desto lavere vil kostnaden være.

Potensial i de ulike regionene fordelt på kostnadsklasser ut fra driftsforhold blir da som vist i tabellen under.

	<i>Tilgjengelig ved dagens avvirkning</i>			<i>Mulig tilleggsvolume ved avvirkning opp mot netto balansekvantum</i>		
	Lette driftsforhold	Middels vanskelige driftsforhold	Vanskelig driftsforhold	Lette driftsforhold	Middels vanskelige driftsforhold	Vanskelige driftsforhold
Region Øst	208	1770	36	58	490	29
Region Sør	-	354	53	-	262	112
Region Vest	-	119	28	-	236	158
Region Nord	28	426	40	7	102	27
Sum	237	2669	449	64	1090	326

Tabell 13 - Tilgjengelig potensial og teoretisk utnyttbart potensial fordelt på regioner
[GWh]

Lette driftsforhold finner vi kun i regionene Øst og Nord. 62 % av potensialet som er tilgjengelig med dagens avvirkning finnes i region Øst. I Østlandsområdet er det dermed et stort potensiale for å få brukt GROT fra det uttaket som er. Både i Sør og Nord er det et potensiale på over 500 GWh ved dagens avvirkning, mens man i Vest vil være avhengig økt avvirkning av skog for å få tilgang til GROT på over 200 GWh.

På grunn av terrengforskjeller, vil gjennomsnittskostnaden for uttak av GROT være lavest på Østlandet. Den høyeste kostnaden for uttak finner vi i region Vest.

2.1.2 Tynningsvirke

Ressurs

Ved tynningshogst fjernes en andel av trærne innenfor et område (bestand) slik at de resterende trærne vokser raskere og oppnår høyere kvalitet. Tynningshogst gjøres for å optimalisere verdien av skogproduksjonen i forhold til hvordan man forventer markedet vil være langt inn i fremtiden.

Skogeieren velger å utføre tynningshugst ut fra betrekninger om:

- Fremtidige etterspørsel (priser) på tømmer, dvs. øke verdien av gjenstående skog
- Kostnader for tynningshogst (hogst, utkjøring)
- Priser på salg av tynningsvirke

Innenfor et bestand (område med trær av samme karakter som alder og art/type) kan man foreta tynningshogst i flere omganger over levetiden. Ved en såkalt førstegangs tynning vil man stort sett

ta ut mindre trær som i hovedsak ender som massevirke. Ved annengangs tynning vil en andel også kunne selges som skurtømmer.

Ved tynningshogst må man hente ut virke blant trær som skal stå igjen, og helst uten å gjøre skade på de gjenværende trærne. Arbeidet kan gjøres manuelt (mann og skogstraktor) eller ved hjelp av spesielle hugstmaskiner. Kostnadene for tynningshogst målt i kroner/m³ tømmer er ofte høyere enn ved sluttavvirkning. I noen tilfeller vil inntektene fra salget av tynningsvirke knapt dekke kostnadene ved å ta det ut. I andre tilfeller er det ikke lønnsomt å frakte virket ut av skogen, og det blir da kun liggende og råtnende. Endel skogeiere oppfatter tynningshogst som ulønnsomt og velger derfor heller å la skogen stå.

En stor andel av tynningshogsten som utføres er såkalt førstegangs tynning, med lavt trevolum pr stokk (små trær). Ved annen- og tredjegangstynning er stokkene blitt såpass store at det er mer aktuelt å selge dem som skur- og massevirke.

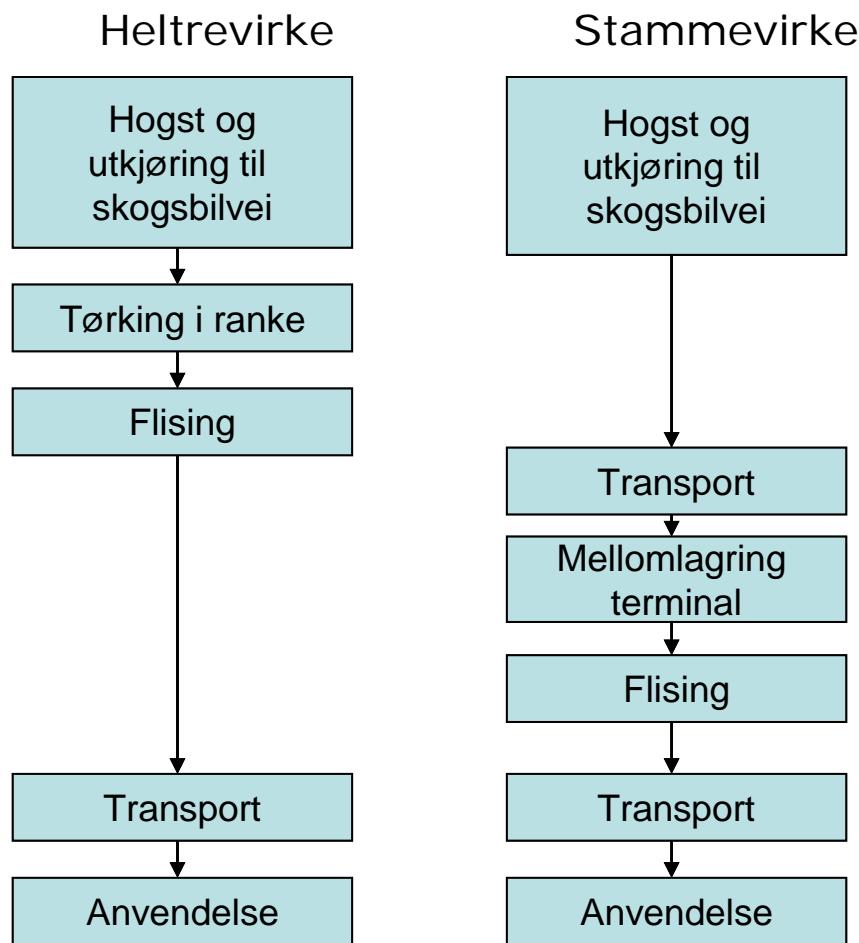
Det er først og fremst ved førstegangstynning at det er aktuelt å produsere flis til bioenergi. Uthenting av biomassen ved førstegangstynning kan skje på to ulike måter:

1. Uttak av stammeverke. Man kan hugge og kviste tømmeret i skogen og så hente ut stokker og GROT hver for seg. Tømmeret kan da i prinsippet selges i alle markeder. Å hente ut GROT på denne måten er forholdsvis kostbart fordi fremkommeligheten for lastbærere er lav og tidkrevende, og fordi man risikerer å skade gjenværende trær og redusere verdien av disse. GROT i forbindelse med tynning hentes derfor bare unntaksvis ut.
2. Uttak av heltrevirke. Man kan hugge trærne uten å kviste, og hente dem ut med kvist og topp på (heltrevirke). Trærne vil da bli lagt i ranker, og vil følgelig bare være aktuelle for salg til bioenergimarkedet (både stamme, topp og greiner flises opp i samme operasjon). Fordelen ved å hente ut heltrær er at man får et økt volum (både stamme, topp og greiner) i forhold til å bare ta ut stammer. Volumøkningen er om lag 15%. I Norge skjer uttak av heltrær bare i beskjeden skala, og det finnes derfor lite informasjon om kostnader. I våre beregninger er det derfor tatt utgangspunkt i stammeverke, se over. Men det er viktig å nevne mulighetene med heltreuttag fordi det nettopp øker ressurspotensialet.



Figur 8 Hugstmaskin for tynningsdrift (www.ablandbruk.no)

Verdikjeder tynningsvirke



Figur 9 - Verdikjeder tynningsvirke

Uttak av tynningsvirke som heltre, vil tilsvare verdikjede B for GROT. Ved uttak som heltre, vil man lettere kunne transportere og lagre virket uten flising, denne verdikjeden er derfor noe annerledes.

Volum

Siden tynningsvolumet vil henge sammen med forventninger til tømmerkvaliteter og –priser i fremtiden, men også kostnader og priser på kort sikt, vil tilgjengelig tynningsvolum variere over tid. På bakgrunn av Landsskogstakseringen 2000-2004, er det imidlertid anslått at man i form av tynningshogst kan ta ut omlag 20 % av netto balansekvantum på 13,1 mill m³/år, dvs omlag 2,6 mill m³/år. Førstegangstynning vil utgjøre, ca. 60 % av dette volumet, og det er dette som først og fremst egner seg som for biobrensel. I virkeligheten tas det ut langt mindre enn dette.

I tabell 14 er volumtall (fastkubikkmeter) som kan regnes teoretisk mulig med tanke på bioenergiproduksjon, fordelt på de fire skogregionene. Dersom man tar ut tynningsvirke med tanke på salg til både sagbruk, treforedling og bioenergi, vil man nøye seg med bare å hente ut

stammeverke (tømmerstokker). Dersom uttaket skal selges som biobrensel utelukkende, kan man flise opp hele treet (stamme+kvist+topp) i samme operasjon. Volumet vil da som nevnt, kunne være høyere enn om man bare tar ut satmmevirke og lar GROT ligge.

Region	Volum dersom all tynning tas ut som stammeverke [1000 fm ³ /år]	Volum dersom all tynning tas ut som heltrærvirke [1000 fm ³ /år]
1	1035	1138
2	201	222
3	241	265
4	120	132
SUM	1597	1757

Tabell 14 - Ressurspotensial biomasse fra tynningsvirke (Landsskogstakseringen 2000-2004)

Kostnader

Totalkostnadene for levering av skogsflis til industritomt er beregnet for heltrær, hogstavfall og rundvirke. Ulik tykkelse på stammen på heltrær, og antall fastkubikkmeter tømmer pr dekar (fm³/daa) vil bestemme totalkostnaden for opparbeiding og transport av flis. Dette er vist i tabellen under.

Kostnader ved uttak av tynningsvirke som heltrær						
Driftsforhold	6 fm³/ daa Kr/lm ³	4 fm³/ daa kr/lm ³	2 fm³/ daa kr/lm ³	6 fm³/ daa øre/kWh	4 fm³/ daa øre/kWh	
Hogst og utkjøring	80	11,4	96	13,7	136	19,4
Tørking i ranke	3	0,4	3	0,4	3	0,4
Flising	40	5,7	40	5,7	45	6,4
Lastebiltransport	26	3,6	26	3,6	26	3,6
Sum	149	21	165	24	205	30

Tabell 15 - Kostnader ved uttak av tynningsvirke som heltrær (Viken Skog)

Totalkostnaden for opparbeiding og transport av flis fra rundvirke under lett, middels og vanskelige driftsforhold er vist i tabell 16.

Kostnader ved uttak av tynningsvirke som rundvirke						
Driftsforhold	Lett ¹		Middels ²		Vansklig ³	
	kr/lm ³	øre/kWh	kr/lm ³	øre/kWh	kr/lm ³	øre/kWh
Hogst og utkjøring	72	10,3	80	11,4	100	14,3
Transport	36	5,1	36	5,1	36	5,1
Terminal	10	1,4	10	1,4	10	1,4
Flising	20	2,9	20	2,9	20	2,9
Lastebiltransport	26	3,6	26	3,6	26	3,6
Sum	159	23	167	25	187	27

Tabell 16 Kostnader ved uttak av tynningsvirke som rundvirke. (OED og Viken Skog)

1 Trestørrelse (volum): 600 liter. Avstand: 100 m. Hastighet: 4 km/t

2 Trestørrelse (volum): 300 liter. Avstand: 400 m. Hastighet: 2 km/t

3 Trestørrelse(volum): 150 liter. Avstand: 1200 m. Hastighet: 1 km/t

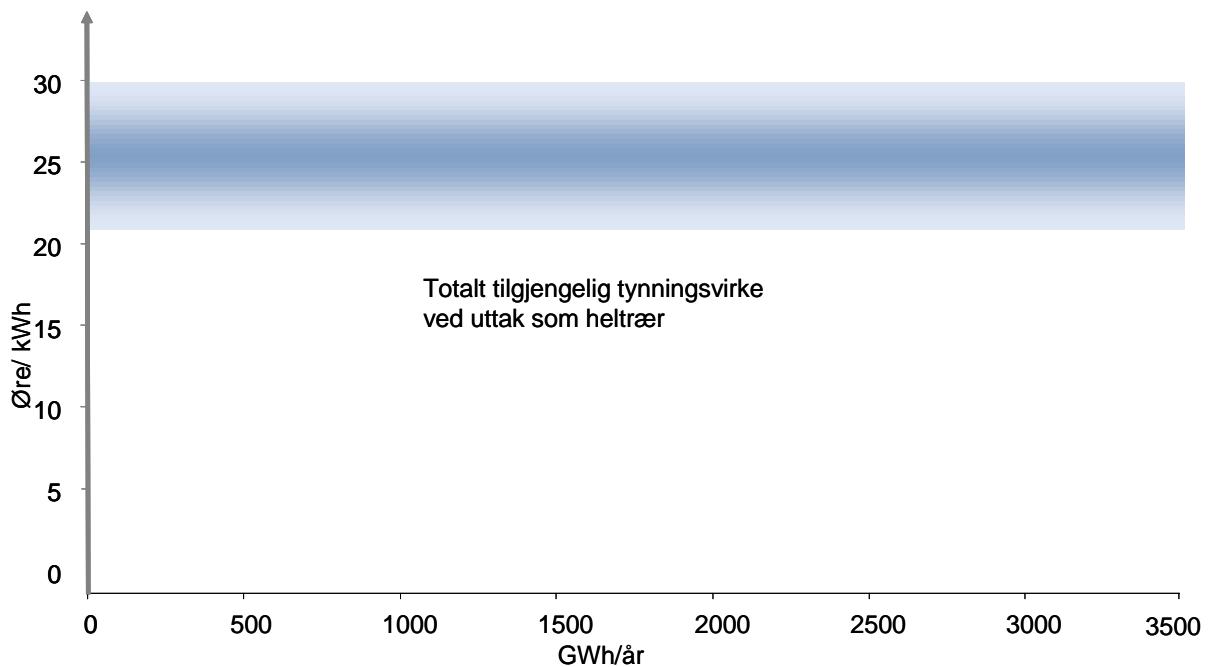
Det mest kostbare å ta ut, vil være ved lav tetthet (2 fm³/daa), som beregnet for heltrær. Kostnader knyttet til å ta ut tynningsvirke er høye sammenlignet med GROT. Laveste kostnad vil være uttak av heltrær ved stammetykkelse 600 liter eller mer.

Kostnadene er basert på følgende forutsetninger:

- Kostnader til hogst og utkjøring vil variere med tretykkelsen, tall for dette er fra Viken Skog.
- Kostnader til tørring og flising ved skogsbilvei tilsvarer kostnader oppgitt for GROT
- Kostnader til hogst og utkjøring vil variere med terrenghype, tall for dette er kilde (2).
- Transport for utkjøring av rundvirke fra skogsbilvei til terminal er satt til 36 kr/lm³.
- Terminalkostanden er 10 kr/ lm³.
- Flising ved terminal har en lavere kostnad enn flising ved skogsbilvei, og er satt til 20 kr/lm³. (Flising ved skogsbilvei / i terrenget er satt til 40 kr/lm³ (se tabell15)).
- Kostnader til lastebiltransport er noe lavere enn for GROT, og er beregnet etter formelen: 10 kr/lm³ + 0,31 kr/ lm³ og km for opplasting og transport. Tallet er beregnet for en avstand til kunde på 50 km og et fuktinnhold over 35 %.

Kostnadskurver

Kostnadstallene er basert på forutsetningen at alt tynningsvirke tas ut som heltrær.



Figur 10 Kostnadskurve for biopotensial fra tynningsvirke

Som kostnadskurven viser, kan alt tynningsvirke tas ut til en kostnad på mellom 21 øre/kWh og 30 øre/kWh. Både uttak som heltrær og stammeverke ligger innefor dette intervallet. Dersom man tar ut tynningsvirke til energiformål, vil det mest naturlige være å hente ut hele volumet som som heltrær i stedet for å la deler av treet ligge tilbake som GROT. Volumet viser derfor kun volum dersom alt tas ut som heltrevirke.

Potensial i de ulike regionene er som vist i tabellen under. Kostandene er i større grad avhengig av stammetykkelsen. Kostnadene for uttak av tynningsvirke er ikke forventet å variere betydelig mellom ulike regioner ved uttak som heltrær. Det er derfor vist samlet volum per region.

Totalt volum tynningsvirke [GWh]	
Region Øst	2276
Region Sør	444
Region Vest	530
Region Nord	264
Sum	3514

Tabell 17 - Tilgjengelig tynningsvirke fordelt på regioner

Tynningsvirket er antatt tilgjengelig etter samme fordeling som skogressursene. Det meste av potensialet for bioenergi fra tynningsvirke finnes dermed i region Øst.

2.1.3 Tømmer – energivirke og massevirke til energiformål.

Som beskrevet innledningsvis, kan tømmer også anvendes til bioenergi. Mest aktuelt er sortiment med lavest kvalitet, dvs. tømmer med råteskader, tørrgran m.fl. Dette blir stadig oftere betegnet som energivirke eller også biovirke. Tilgjengelig volum av biovirke er lite i forhold til både massevirke og skurvirket.

Dersom betalingsviljen i energimarkedet blir stor nok, vil også deler av massvirkeproduksjonen, i første rekke massevirke av furu, kunne bli til biobrensel. Hallingdal biopellets på Ål i Hallingdal benytter allerede massevirke furu som råstoff.

Tabellen 17 viser tilgangen på massevirke i perioden 1994-2003, som også er det avvirkningsnivået vi har hatt i de senere år. Den viser at man teoretisk vil kunne hente ut om lag 9 TWh/år dersom all massevirke tilføres bioenergimarkedet. Siden både treforedlings- og plateindustrien allerede utnytter dette råstoffet, er en slik dreining/omdisponering imidlertid neppe sannsynlig med dagens avvirkningsnivå. Øker avvirkningen opp mot netto balansekvantum, øker sannsynligheten for økt energiproduksjon også. Forutsetningen er da at biobrenselmarkedets betalingsvilje også øker. Vi minner her om at økt avvirkning krever økt etterspørsel i alle sektorer som skogindustrien henvender seg til.

Region	Avvirket volum massevirke	Energivolum
	1994-2003	(1 fm ³ =2000 kWh)
	[mill. fm ³]	[TWh/år]
1	2 941	5,9
2	714	1,4
3	241	0,5
4	666	1,3
SUM	4 563	9,1

Tabell 18 - Avvirket volum massevirke pr år i perioden 1994-2003, med korresponderende energiinnhold

Kostnader for massevirke til bioenergi (flis) er illustrert i egen verdikjede i kap. 2.6. Se også omtalen av tømmer til biobrensel i kapitel 2.6.

2.1.4 Stubber og røtter

Når det gjelder bruk av biomasse til bioenergi, er det vanlig å regne med stamme og GROT. I tillegg ligger et relativt stort potensial i stubber og grove røtter. Dette har ikke vært mye omtalt i Norge, men i Sverige og Finland hvor det satses stort på bruk av trevirke til bioenergi, har det vært drevet eksperimentering med dette over en tid, og noen av resultatene virker lovende.

Biomassen av stubbe og grove røtter utgjør ca. 30 % av stammens biomasse for furu og gran og noe mindre for bjørk. Denne biomassen er dessuten ikke anvendelig til så mange andre formål enn bioenergi, og vil derfor i denne sammenheng kunne utgjøre relativt mye. Det store problemet med denne biomassen er imidlertid at den er relativt kostnadskrevende å få fram til forbruker samtidig som det er visse miljøkonsekvenser som er lite undersøkt. Det er imidlertid på grunnlag av Landsskogtakseringen 8. landsskogtakst (2000-2004) gjort en del kalkyler over omfanget av denne ressursen hvis den skulle vise seg å være kostnadsmessig relevant og miljømessig forsvarlig.

Ser en på hele landet og avvirkning på alle arealer, vil det være et potensial på 4,7 mill. m³ med stubbe og grove røtter. En forutsetter da at stubber og grove røtter kun tas ut ved sluttavvirkning. Det vil imidlertid med dagens teknologi ikke være økonomisk mulig å ta ut stubber og grove røtter på terreng med vanskelige driftsforhold. På svakere boniteter kan det også være biologiske betenkneligheter ved å fjerne så mye organisk materiale. Det ble derfor laget tekniske begrensninger for arealer som en anså for økonomisk og biologisk forsvarlig å drive på. Følgende restriksjoner ble innført:

Kategori	Forutsetninger
Bonitet	H ₄₀ = 11 og bedre
Terren	Ikke taubaneterren
Driftsveiavstand	< 500 m
Hogstform	Sluttavvirkning

Tabell 19 - Forutsetninger for estimering av økonomisk drivbare stubber/grove røtter

Med de angitte restriksjoner ble mengden av stubber og grove røtter anslått til 1,6 mill. m³.

Det er foreløpig ikke gjort noen studier i Norge angående kostnader med drift av stubber/grove røtter. I Finland har man imidlertid kommet igang med stubbedrift, gjerne også i sammenheng med såkalt markberedning. Markberedning innebærer at en fjerner torvlaget i skogbunnen stedvis for å gjøre frøspiring enklere og dermed påskynde en naturlig fornyelse av skogen. Legger man til grunn finske kostnadstall ligger disse på ca 80 kr/fm³ for framdrevet stubbemasse (gran), avstand fra vei 200 m. Man har da trukket fra verdien av markberedningen (9). Siden røtter og stubber har betydelig innhold av jord, sand og stein, vil opparbeidingen (flising) av røtter og stubber til biobrensel være dyrere enn GROT. Utnyttelse av stubber og røtter er umodent i Norge, og det antas at det vil gå noe tid før dette blir aktuelt her.

Stubber og røtter kan være interessant i bioenergisammenheng, men før de økonomiske og biologiske konsekvenser er nærmere analysert er det usikkert å kalkulere med disse.

2.2 Biomasse fra landbruk og næringsmiddelindustri

2.2.1 Halm og kornavrens

Halm er et biprodukt fra kornproduksjon og produksjon av oljevekster. Halm fra kornproduksjon kan nytties til fôr, men det er også store volumer som kan nytties som brensel. Halm til brenselformål bør normalt tørkes til 14–20 % fuktighet. Halm kan brennes direkte som baller, i revet form eller i foredlet form som pellets eller brikker. (Pellets og brikker behandles ikke i denne rapporten.)

Halm har i liten grad blitt utnyttet som brensel i Norge. Det utnyttes årlig omlag 0,1 TWh halm til brensel i mindre gårdsanlegg og i et par større industrianlegg (10). Det bygges imidlertid en håndfull anlegg årlig, gjerne i tilknytning til nye anlegg for egg- og kyllingproduksjon.

I løpet av de siste årene har forbrenningsteknologien for halmfyring blitt betydelig forbedret, og det leveres nå rentbrennende halmfyringsanlegg med under 100 kW ytelse. Virkningsgraden for et typisk halmfyrt gårdsanlegg har blitt forbedret fra 50–60 % for 10–15 år siden til 80–90 % i dag. Det gjør at nye halmfyringsanlegg gir både bedre varmeøkonomi, lavere halmforbruk og betydelig lavere lokale utslipp enn tidligere.



Figur 11 Halmfyringsanlegg for rundballer (L. Bugge)

Fra 1950-årene og framover har jordbrukspolitikken stimulert til kornproduksjon i de områdene av landet som har klima og topografi som er egnet for det. Dette gjelder det sentrale Østlandet og rundt Trondheimsfjorden. Korn- og oljevekstarealet økte årlig fram til først på 1990-tallet og nådde

3,7 millioner dekar (mill da), som tilsvarte 37 % av jordbruksarealet. Senere har arealet minket, og i 2007 var det 3,2 mill da (31 % av jordbruksarealet) [SSB, 2007].

Tidligere ble halm gjerne brukt som fôr og til strø for husdyr, pløyd ned eller brent på åkrene. Halm pløytes tilbake i jorden for å opprettholde tilfredsstillende jordstruktur, og for å tilføre mineraler til jorda. Men i hvilken grad dette er nødvendig hersker det ulike oppfatninger om.

Idag har endel kornprodusenter gått over til såkalt forenklet jordbearbeiding, hvilket bl.a. betyr at man ikke pløyer hvert år. I disse tilfellene ønsker man gjerne å bli kvitt halmen fra jordene. Ettersom adgangen til å brenne har blitt begrenset, er innsamling bl.a. til produksjon av biobrensel blitt vanligere. Halm samles inn og bearbeides primært gjennom pressing til rundballer eller firkantballer av samme type som man bruker til høsting og lagring av dyrefôr (grovfôr).

Halmbunter brukes som nevnt, mest til fôr og som strø (talle) for husdyr. Slik halm bør være så tørt og beskyttet som mulig, og den pakkes derfor som regel i plast. Av frykt for smitte av flughavre skal også halm som transporteres være tildekket.

Mengden halm som kan høstes inn varierer noe med type korn mm. som dyrkes, og hvordan innhøstingen skjer. En god del halm står igjen som stubb, og endel går til spille gjennom tresking, raking og pressing. Dersom det forutsettes 300–350 kg halm per daa, (10) vil det være mulig å samle inn omlag 210 kg/daa. Informasjon vi har fått fra aktører som presser halm, tyder på at man i år med normale vekst- og innhøstingsforhold, kan høste omlag 300 kg/daa, dvs. en rundball, rundbunt pr daa. Variasjonene er imidlertid store. En aktør kunne fortelle at han i 2007 kunne høste en rundball pr daa, mens han i 2006 bare fikk en rundball pr 4 daa.

Hvor stor andel av denne ressursen som kan tenkes bli stilt til rådighet for bioenergiproduksjon vil variere med:

- Agronomiske hensyn, dvs, hvor mye halm man over tid ønsker å tilbakeføre gjennom pløyning for å beholde best mulig jordstruktur. Enkelte hevder at et bærekraftig uttak begrenser uttak til hvert tredje år. Det betyr i såfall at man bare kan høste en tredjedel av kornarealet hvert år. Flere steder høstes imidlertid halmen hvert år. Innenfor jordbruket synes det å være flere oppfatninger om dette.
- Når halm pløytes ned tilføres også noe gjødselstoffer (nitrogen, kalsium og kalium) og mineraler. Mineraler kan tilbakeføres f.eks. ved å spre aske fra halmfyringsanlegg. Gjødselkomponenten bør veies opp mot kostnadene ved å bruke mineralgjødsel..
- Sesongvariasjoner. Skal halm lagres som brensel, bør det tørkes ned til 12-14 % fuktighet før det høstes og lagres. I år med gunstige innhøstingsforhold vil det la seg gjøre å tørke store andeler av halmen, mens det i år med mye regn og fuktighet vil bli endel mindre. Kunstig tørring vil være en mulighet, men vil neppe regningssvarende med mindre at energiprisene stiger.
- Uttak halm til fôr og strø til husdyr. Volumene til dette formålet er ikke kjent, men det meste av det som høstes idag dekker dette formålet. Bl.a. fraktes halm fra typiske korndistrikter på Østlandet og i Trøndelag til regioner med mer husdyrhold, dvs dalførene på Østlandet og mange steder på Vestlandet. Dersom halm til bioenergiproduksjon øker, øker også sannsynligheten for at det oppstår konkurranse om halmen fra husdyrmarkedet.

Volum halm

Gitt et samlet kornareal på 3,2 mill daa, og brutto halmproduksjon på 300 kg/daa, vil årlig tilgjengelige halmmengde være på nærmere 1 mill tonn, tilsvarende 4 TWh/år innfyrte brennverdi. Behovet for tilbakepløying reduserer dette potensialet i utgangspunktet til 1,3 TWh/år ut fra argumentet at man bare kan høste hvert tredje år. På denne bakgrunn mener vi at et realistisk anslag for bioenergipotensialet fra halm er 1-1,5 TWh/år.

Kornavrens

Ved rensing av korn fjernes det som med en samlebetegnelse blir kalt kornavrens. Kornavrens er et sammensatt avfall bestående av bøss, halmstubb, lettkorn, snerp, agner og jord. Kornavrens utgjør omtrent 1,6 % av råkornet og kan nytties som brensel i forbrenningsanlegg på linje med halm. Med en gjennomsnittlig årlig kornlevering på 1 200 000 tonn i Norge, kan mengden av kornavrens beregnes til ca. 20 000 tonn, tilsvarende en energimengde på ca. 80 GWh/år. Kostnader for kornavrens er ikke kjent, men er her forutsatt samme kostnad som for halm.

Kostnader

Innhøsting av halm skjer først og fremst gjennom traktordrevne presser. Både når det gjelder halm og grass/høy, skjer slik pressing i økende grad i regi av entreprenører, og bønder som påtar seg pressing for andre. Disse presser gjerne på vegne av gårdbrukere som ønsker å disponere halmen selv, eller så overtar entreprenøren halmen på jordet og selger den videre. Halm som ligger på åkeren etter tresking gis ofte bort gratis mot fjerning, eller så betales den med mindre beløp, i størrelsesorden 5-10 kr/bunt. Slik betaling inngår ikke i kostnadskurvene for halm.

Kostnadene for pressing varierer noe, men nivået synes å ligge i intervallet 22-30 øre/kg, avhengig av topografi, fremkomlighet og andre forhold. F.eks. går kostnaden opp dersom halmen først må rakes i ranker før pressing.

Transport: Bil+henger tar ca 15 tonn halm på lasset. Tre av leverandørene kom opp med sammenfallende svar, dvs. at en transport koster 15 kr/km/km, men 30 kr/km dersom man ikke oppnår returlast. For en distanse på 50 km vil dermed transportkostnaden variere fra 5-10 øre/kg

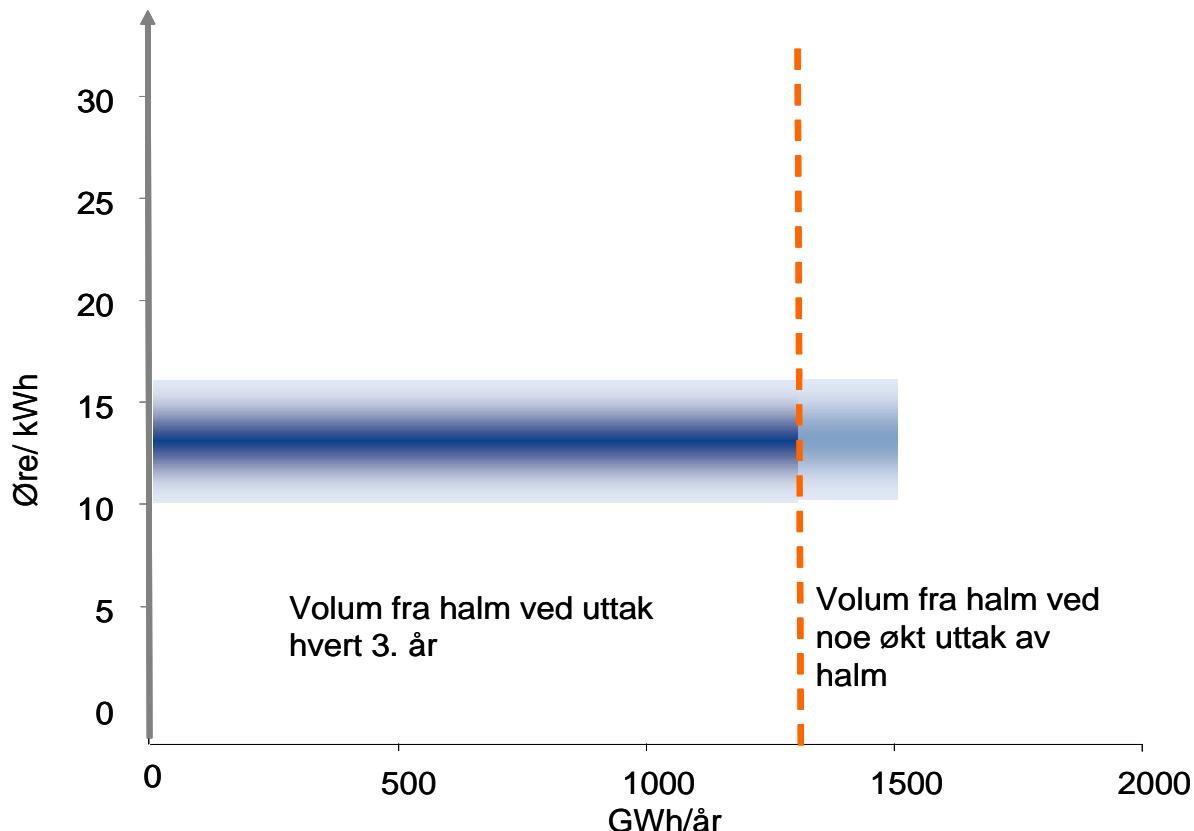
En leverandør oppgir å betale 120 kr/bunt (300 kg) for en transportdistanse på 80 km, dvs. 50 øre/kg. En annen oppgir 4500 kr totalt for 15 tonn halm over 100 km, dvs 30 øre/kg.

Operasjon	Kostnad [øre/kg]
Pressing av bunter	23 – 32
Emballering	12 – 17
Opplasting	0 – 5
Transport	5 – 10
SUM	40 - 64

Tabell 20 - Kostnader halmproduksjon (KanEnergi AS)

Kostnadskurver

I figuren under antas det at tilgjengelig halmvolum er det volumet som med dagens driftsmetode ikke blir pløyd tilbake i åkeren. Dersom all halmproduksjon kan benyttes som biomasseråstoff øker det mulige potensialet med 2,7 TWh/år.



Figur 12 Kostnadskurve for biopotensial fra halm

Kostnadene forbundet med utnyttelse av halm som bioråstoff knytter seg til pressing og pakking av bunter, samt transport. I beregningene er det brukt 4 kWh/ kg halm.

Kostnadene for håndtering og transport av halm er beregnet til å ligge i intervallet 10 – 16 øre/kWh. Ved transportavstander som avviker vesentlig fra 50 km, vil kostnadene kunne gå ut over dette intervallet.

Dersom vi deler opp halmpotensialet på regioner basert på informasjon fra SSB om fordeling av kornproduksjon på regioner, vil det fordele seg som vist i tabellen under.

Region	Volum ved uttak hvert 3. år [GWh]	Volum ved noe økt uttak [GWh]
1	1126	173
2	5	1
3	17	3
4	151	23
SUM	1300	200

Tabell 21 - Volum halm fordelt på regioner (SSB og Kan Energi)

I denne rapporten er det lagt til grunn at bare om lag en tredjedel av årlig halmproduksjon kan utnyttes, og at de øvrige to tredjedeler blir liggende igjen ut fra agronomiske og andre hensyn. Det er imidlertid tenkelig at nyere kunnskap om jordstruktur, gjødsling og andre forhold kan gi argumenter for å øke uttaket.

2.2.2 Biogass

Når organisk avfall lagres med liten eller ingen tilgang på luft, vil det foregå en mikrobiell nedbrytning av avfallet. Denne anaerobe prosessen gjennomføres av en kultur av naturlig forekommende bakterier. I denne prosessen overføres brennverdien i tørstoffet i biomassen til brennverdi i metan som er hovedbestanddelen i biogass. Biogassprosessen krever tilførsel av varme for å holdes i gang (endoterm prosess). Biogass dannes naturlig i blant annet deponier og gjødselslagere eller kunstig i reaktorer.

Biogassen inneholder 40–70 % metan og kan utnyttes direkte til varmeformål ved forbrenning. Gassen er relativt enkel å rense slik at den også kan benyttes som drivstoff i motor eller gassturbin. Den vanligste omformeren er gassmotor som er en stempelmotor tilpasset gassdrift. Slik direkte bruk kan gi høyt elektrisk utbytte. Det er flere slik anlegg i drift i Norge.

I norsk sammenheng er aktuelle råstoff for biogassproduksjon avfall fra næringsmiddelindustri, husdyrgjødsel og til dels kloakkslam. Andre typer organisk avfall for eksempel fra husholdninger er også aktuelt, særlig ut fra forbudet mot deponering av slikt avfall som trer i kraft i 2009. Tilgjengelig råstoff for biogassproduksjon er oppsummert i tabell 22. SFT utfører for tiden også en grundig utredning (Klimakur) om biogassproduksjon basert på ulike blandingsforhold.

Råstoff - husdyrgjødsel

Fra husdyrgjødsel er det teoretisk mulig å produsere biogass med et energiinnhold på opptil 2,5 TWh/år. Det vil imidlertid være kostnader forbundet med å samle inn og transportere gjødselsmengder inn til anlegg av nødvendig størrelse dvs besetninger med minimum 60-100 storfe. Videre vil råtnerester (gjødsel) måtte tilbakeføres/fordeles tilbake til landbruket, noe som vil gi ytterligere kostnader. Disse logistikkostnadene fremkommer ikke i ØF/UMB-studien (2), men

bør sannsynligvis anslås for å få frem et mest mulig korrekt kostnadsbilde. Så langt finnes det sparsomt med opplysninger om slike kostnader, trolig mest fordi aktiviteten på området foreløpig er beskjeden. Logistikkostnader er derfor ikke inkludert i denne rapporten.

Videre er det også relevant å nevne at gjødsling med råtnerester i prinsippet vil redusere behovet for mineralgjødsel, og på den måten bidra med et positivt økonomisk bidrag. Selv om dette i teorien er riktig, er det også slik at gjødselen allerede spres på innmark, og at det vil kreve nye rutiner knyttet til gjødselsplanlegging.

Hittil har biogassproduksjon blitt utført som et prosesselement i avfallsbehandling. Det er altså behovet for å bli av med avfall (avfallsdestruksjonen) som bør bære både kapital og driftskostnader, ikke selve energiproduksjonen. Men når man for eksempel velger å investere i biogassanlegg på et gårdsbruk *for* å lage biogass, må gassproduksjonen dekke alle kostnader. Det betyr at biogass kan betraktes som gratis (eller nær gratis) når den kommer som konsekvens av eventuelle nye håndteringskrav.

Firmaet Biowaz AS har siden 2005/6 utviklet et konsept egnet for biogassproduksjon fra dyregjødsel, gjerne i kombinasjon med annet avfall. Konseptet egner seg for gårdsanlegg med fra 50-60 kyr og oppover. Med et slikt antall dyr hevder selskapet at det er mulig å produsere biogass fra 25 øre/kWh. Selve reaktordelen ligger på ca 90 000 kroner. I tillegg kommer kostnader for rågassrensing, kjel, gassmotor, styring osv. Selskapets ambisjon er å få ned kostnadene så mye at gassproduksjon i relativt liten skala blir lønnsom, f.eks. i kombinasjon med nye fellesfjøs / samdriftsfjøs.

Råstoff - avfall fra næringsmiddelindustri

Her menes avfall fra oppdrettsnæringen, slakterier, bryggerier, bakerier, meierier, m.fl. Denne gruppen står for et biogasspotensial tilsvarende 1,4 TWh/år. Fordelene med dette råstoffet er at det gir mye biogass pr tonn råstoff (potent) og at kildene er både færre og større enn for husdyrgjødsel. Dermed blir logistikkutfordringene mindre. Gassproduksjonen kan gjøres i relativt større anlegg. Men dette handler også om destruksjon av avfall, bl.a. når det gjelder beinrester fra slaktedyr (smittefare), hvilket kan bidra til å øke kostnadene.

Potensial

På oppdrag fra NVE vurderte KanEnergi våren 2008 potensialet for biogassproduksjon i Norge (1). I oktober 2008 fremla Østfoldforskning og UMB også en potensialstudie for biogass i Norge (21). Biogassvolumene fra disse to ulike kildene er oppsummert i tabell 22.

Råstoffkilde	KanEnergi Teor. pot. [GWh/år]	ØF/UMB Teor. pot. [GWh/år]
Landbruket – husdyrgjødsel	1 300	2 480
Kloakkslam	400	266
Halm		575
Org. Avfall – matavfall (Husholdning)	500	644
Org. Avfall – matavfall (Storhusholdning)	100	149
Org. Avfall – matavfall (Handel)		50
Org. Avfall – matavfall (Industri)		1 401
Slakteriavfall	400	
Deponier		292
Næringsmiddelindustri		-
SUM	2 700	5 857

Tabell 22 - Biogassressurser fra (1) og (21)

Selv om potensialtallene ser ut til å sprike, er det likevel enkelt å forklare endel av forskjellene:

- Potensialtallene for husdyrgjødsel kan variere alt ut fra hvordan tall for dyr periodiseres, hvordan man vurderer bortfall av gjødselsmengder i forbindelse med beiting osv.
- ØR / UMB inkluderte halm og kornavrens som råstoff for biogassproduksjon, mens KE anså dette mer som råstoff for biobrensel.
- I KanEnergi sine vurderinger fantes ikke grunnlagstall for biogassproduksjon fra oppdrettsnæringen (fiskeavfall) og avfall fra meieri-, bryggeri- og bakerier. Disse fire næringene vil tilsammen kunne stå for omlag 1150 GWh/år.

Ut fra potensialtallene kan det trekkes noen konklusjoner:

- Husdyrgjødsel kan bidra med relativt betydelige biogassmengder. Dette skjer bare unntaksvis i dag.
- Avfall fra oppdrettsnæring og næringsmiddelindustri kan også tilby store mengder biogass.
- Biogass fra avløpsslam gir langt mindre produksjon enn det de to ovennevnte kildene gir. Mye avløpsslam håndteres allerede i rense- og behandlingsanlegg, ofte uten utnyttelse av mulighetene for biogassproduksjon.
- For å holde biogassproduksjonen i gang, kreves som regel oppvarming av råstoffet. I prinsippet vil oppvarmingsbehovet kreve bruk av en energimengde tilsvarende om lag 10-15 % av gassproduksjonen. Når man beregner energipotensialet, bør derfor en mengde av denne størrelsesordenen trekkes fra det energiinnholdet råstoffet representerer.

Erfaringene fra drift av biogassanlegg viser at en stor andel av varmeproduksjonen ikke nyttiggjøres, men avgis til omgivelsene. Primært er det el-produksjon som har verdi, og den utgjør i høyden 40 % av energiinholdet i biogassen. En stor mengde av varmeproduksjonen kan derfor betraktes som spillvarme, og noe av denne kan nyttiggjøres til oppvarming av

råstoffet. På denne bakgrunn har vi valgt ikke å redusere råstoffpotensialet.

Ut fra opplysningene vi har om ressursgrunnlag har vi valgt å ta utgangspunkt i tabellen 23.

Råstoffkilde	Teor. pot. [GWh/år]
Landbruket – husdyrgjødsel	2 480
Kloakkslam	266
Org. Avfall – matavfall (Husholdning)	644
Org. Avfall – matavfall (Storhusholdning)	149
Org. Avfall – matavfall (Handel)	50
Org. Avfall – matavfall (Industri)	1 401
SUM	4990

Tabell 23 - Biogasspotensial

Kostnader

Biogass produseres fra mange typer råstoff, i flere ulike typer prosesser og i ulike skalaer. Kostnader for gassproduksjon varierer dermed betydelig. I potensialstudien som Enova (21) fikk utført, kom man frem til kostnadstall basert mye på svenske kilder. Kostnader for fremstilling av rågass går frem av tabellen under.

Anleggstype R1 representerer større utrātningsanlegg for avløpsslam, komplimentert med andre typer pumpbart (flytende) avfall.

Anleggstype R2 representerer anlegg primært for behandling av husholdningsavfall og annet avfall som trenger ulike typer forbehandling før utrātning (finfordeling og fjerning av uønskede komponenter).

Anleggstype R3 kan i likhet med R2 ta imot matavfall, men disse anleggene er mindre og har enklere teknologi. Gårdsanlegg er eksempel på R3.

Anleggstype	Kap. kost [øre/kWh]	Drift m.m. [øre/kWh]	Sum [øre/kWh]
R1	5-8	6-11	11-19
R2	12-44	34-66	46-110
R3	22-39	6-7	28-46

Tabell 24 - Kostnader for biogassproduksjon, kilde(21)

Tabell 24 over, angir kostnader for fremstilling av rågass. Med rågass menes en gassblanding som kommer direkte fra utrātningsprosesser (reaktor), og som inneholder omlag 50-65 % metan og resten CO₂, nitrogen, vann og andre gasser bl.a. H₂S (hydrogensulfid). Rågass kan i prinsippet utnyttes til flere formål:

1. Ren varmeproduksjon i gasskjel. Her kan rågassen brennes direkte uten oppgradering dvs. fjerning av uønskede komponenter, slik som hydrogensulfid, karbondioksyd og vanndamp.
2. Drift av kraft/varmeanlegg. Her benyttes gassen som brensel i gassmotorer som igjen driver el-generatorer. Dette krever at hydrogensulfid fjernes fra rågassen. Dette skyldes at det ellers dannes sulfat som både er korrosivt og som reduserer smøreoljens egenskaper.
3. Oppgradering til biometan som har naturgasskvalitet. Dersom man for eksempel ønsker å blande inn biogass inn i distribusjonsnett for naturgass, eller ønsker å lage drivstoff for kjøretøy må rågassen rentes for vanndamp, karbondioksyd og hydrogensulfid. Dette kan gjøres ved hjelp av forskjellige prosesstekniske løsninger (såkalt vannskrubbing, PSA (pressurized swing absorption), membranteknikk eller bruk av kuldeprosesser (kryogene prosesser). Felles for prosessene er at de er kostbare. I ØF/UMB-rapporten (21) er det angitt at oppgraderingskostnadene er i området 0,1-0,4 SEK/kWh oppgradert biogass. I (22) er det indikert kostnader på 5-7 Eurocent pr normalkubikkmeter levert gass, for anlegg med kapasitet på 250-500 normalkubikkmeter pr time. For mindre anlegg er disse kostnadene tre til fire ganger høyere. Oppgraderingskostnadene vil i mange tilfelle kan være av samme størrelsesorden som selve gassproduksjonen. Oppgraderingsanlegg krever relativt store investeringer, og det er først og fremst kapitalkostnadene forbundet med slike anlegg som preger kostnadsbildet. På denne bakgrunn kan kostnader for biogass først angis når utnyttelsen er bestemt (varme, el, drivstoff).

I 1999 startet daværende Fredrikstaddistriktets Rutebiler AS (FDR) et samarbeid med FREVAR (Fredrikstad vann, avløp og renovasjonsselskap) med mål om å bruke biogass fra FREVAR sitt avløpsrenseanlegg som drivstoff for busser. For en årlig biogassproduksjon på ca 600 000 m³, var investeringene knyttet til selve rensedelen av gassanlegget beregnet til ca 4 mill kr. Et biogassanlegg ble bygget i 2001. Anlegget drives idag av Fredrikstad Biogass AS, som leverer drivstoff til seks bybusser, avfallsbiler og et antall personbiler. Idag benyttes også avfall fra næringsmiddelindustrien, bl.a. slakteriavfall fra Gilde, noe som bidrar til økt gassproduksjon. Med 7 % kalkulasjonsrente og 15 års avskrivningstid, betyr dette en rensekostnad på 10-12 øre/kWh.



Figur 13 - Frevar sitt biogassanlegg (FREVAR)

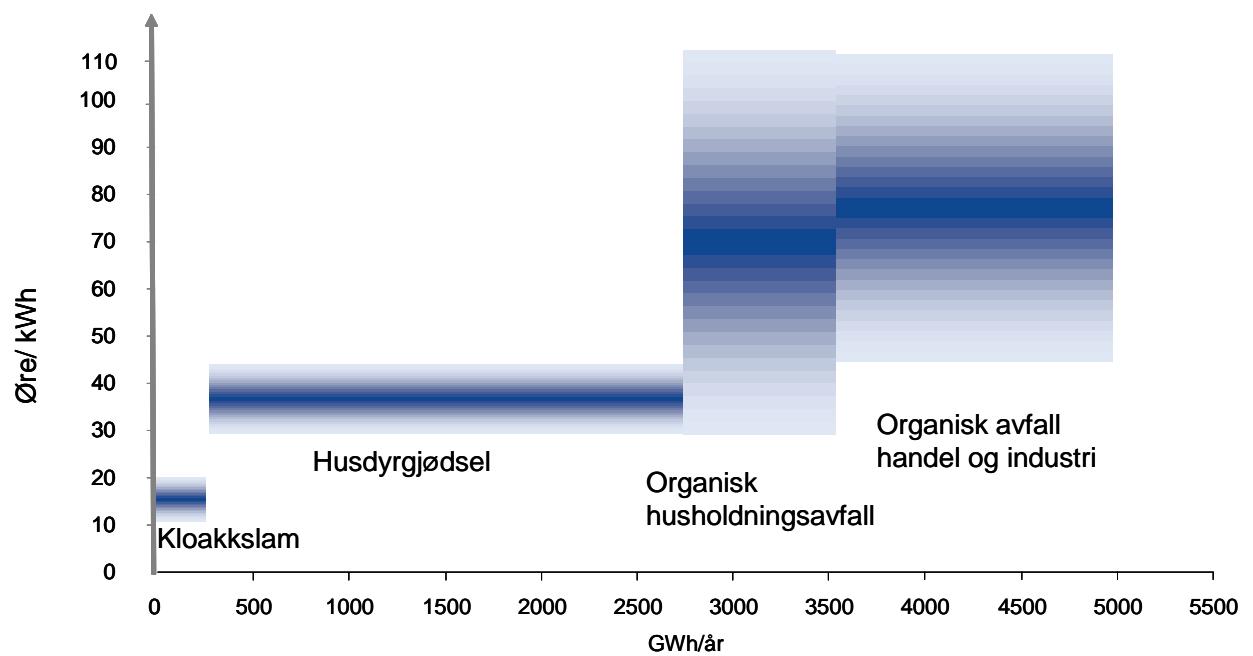
Kostnadskurver

Vi har delt inn råstoff for biogass inn i tre kategorier ut fra forventede kostnader for råstoffet.

- Biogass med husdyrgjødsel som råstoff samt kloakkslam antas å ligge i kostnadsklasse for anlegg i kategori R3 (se tabell 15), dvs. 28 øre/kWh til 46 øre/kWh.
- Biogass basert på næringsmiddelavfall fra handel og industri har delvis en noe mer komplisert behandlingsprosess. Anleggene forventes å delvis å ligge i kostnadskategori R3 og delvis i R2, det vil si et bredt spenn fra 28 øre/kWh til 110 øre/kWh.
- De mest kompliserte anleggene for innhenting av biogass finner vi for råstoffkilden matavfall fra husholdninger og storhusholdninger. Disse anleggene forventer vi å finne i kategori R2, det vil si i kostnadsspennet 46 øre/kWh til 110 øre/kWh.

Råstoffkilde	Anleggstype	Kostnad [øre/ kWh]
Landbruket – husdyrgjødsel	R3	28-46
Kloakkslam	R1	11-19
Org. Avfall – matavfall (Husholdning)	R2	46-110
Org. Avfall – matavfall (Storhusholdning)	R2	46-110
Org. Avfall – matavfall (Handel)	R2 og R3	28-100
Org. Avfall – matavfall (Industri)	R2 og R3	28-100

Tabell 25 - Biogassressurser



Figur 26 Kostnadskurve for biopotensial innenfor biogass fra ulike råstoffkilder

3 Biomasse uten tilstrekkelig faktaunderlag

3.1 Biomasse fra kulturlandskap

Mest sannsynlig står det en betydelig andel biomasse som er aktuell for bioenergiproduksjon på areal som kan betegnes som kulturlandskap. Trolig er det også her en god del av råstoffet til vedhogst kommer fra.

I 2007 var det samlede norske jordbruksarealet på 10,3 mill da. Dette tallet har holdt seg relativt konstant de senere år, dette til tross for at antall bruk samtidig har blitt redusert (SSB).

Jordbrukets kulturlandskap er definert til å omfatte jordbruksarealet i Økonomisk kartverk og alt areal som ligger opp til 100 meter fra slikt jordbruksareal. I 2007 utgjorde jordbrukets kulturlandskap totalt rundt 29 000 km² (NISL), snaut 9 % av landets totalareal eller et areal noe større enn Hedmark fylke. Det betyr at arealene som ble dyrket aktivt (korn, grass mm.) bare er 35-40 % av arealet som jordbruket tradisjonelt har benyttet seg av.

Dette arealet er fordelt på 37 776 unike forekomster (landskapsteiger) som hver utgjør i snitt 769 dekar. Minste forekomst er om lag 30 dekar mens de største sammenhengende kulturlandskapene utgjør mange hundre km² hver og strekker seg over flere fylker. Medianstørrelsen er imidlertid bare 170 dekar. Det store antallet landskapsteiger er et resultat av strukturen på jordbruksarealet. Mange små og spredte jordbruksareal gir også et stort antall små landskapsteiger (3). I praksis tenker vi ofte på brattlendte arealer (som er lite egnet for effektiv jordbruksproduksjon, men som er svært synlig fra veier og ferdsselsårer) og tidligere drevne arealer i utmarka, for eksempel setervoller. Antallet aktive setrer i 2004 var 2 200, sammenlignet med 26 400 i 1939 (2).

Jordbrukets kulturlandskap er stort av flere årsaker. En viktig årsak er at arealene som lar seg dyrke er forholdsvis små med mye areal mellom seg. Jordbruket har også tatt i bruk store arealer som beitemark.

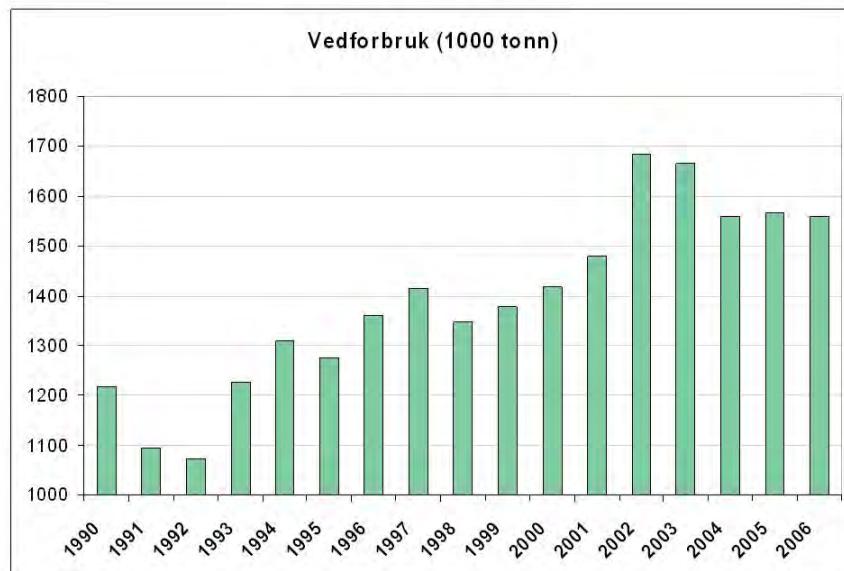
Omlag 40 % av jordbrukets kulturlandskap er dekket med skog, som ofte er svært produktiv. Når beitetrykket fra husdyr avtar, bl.a. fordi dyreantallet er redusert og fordi flere dyr enn tidligere beiter på innmark, oppstår farens for gjengroing. Endringer i kulturlandskapet i form av gjengroing av tidligere åpne arealer, vekker bekymring både hos landbruksmyndigheter og i landbruksnæringen. Temaet er et element i Nasjonal miljøprogram 2008 (Nasjonale prioriteringer og virkemidler i jordbrukets miljøinnsats, Statens Landbruksforvaltning). Dette gir seg bl.a. utslag i at man for 2009 har budsjettet 459 mill kr i tilskudd til dyr på beite, både på inn- og utmark.

Gjengroingen består ofte av ulike typer lauvtrær, busker og kratt, dvs skogråstoff som er lite etterspurt som råstoff til sagbruk og treforedling. Råstoffet er imidlertid velegnet til produksjon av bioenergi, først og fremst til ved og flis.

En oversikt over biomassepotensialet som ligger i uttak fra kulturlandskap og ryddinger av ulike karakterer, mangler. Det har imidlertid vært antydet at et realistisk potensial vil ligge i størrelsesorden 0,5-1 TWh/år (2).

3.1.1 Vedproduksjon

Vedforbruket i norske boliger og fritidsboliger var i overkant av 1,4 millioner tonn i 2007 (SSB). Gitt en brennverdi på 4 kWh/kg (tørr ved) gir dette en innfyrte energimengde på 5,6 TWh/år. Dette tallet er noe mindre enn de 7 TWh/år man så langt har brukt som et anslag på årlig vedforbruk. Nedgangen forklares, i hvert fall delvis, med at man stadig tar i bruk mer effektive, rentbrennende ovner som har bedre virkningsgrad enn det eldre ovner har.



Figur 14 – Vedforbruk 1990-2006

Figur 13 viser vedforbruket i Norge (fuktighet inkludert) i perioden 1990-2006 (SSB Energiregnskap). For 2005 og 2006 er beregningene bygget på svar på spørsmål om vedfyring i SSBs Reise- og ferieundersøkelse

Råstoff for vedproduksjon kommer fra en lang rekke ulike kilder:

- Fra skogbruket
- Hogst i mindre private teiger
- Rydding i kulturlandskap
- Rydding i hager og parker
- Opphugging av trematerialer, (nytt og gammelt/brukt virke)

Dersom man legger til grunn at brorparten av vedhugsten baserer seg på trær og større busker, betyr det et forbruk på 2-3 mill fm³. Sammenlignet med statistikken for årlig avvirkning i skogen på 8-9 mill fm³, er volumet til ved stort. Men tallet er altså ikke inkludert i de årlige avvirkningsstatistikkene for tømmer som SSB publiserer.

Ved produseres av sluttbrukerne selv og av vedprodusenter av ulike størrelser. Sluttbrukerne hugger typisk tilstrekkelig med ved til eget husholdningsforbruk, gjerne fra egen hage, hyttetomt el.

Vedprodusentene bruker gjerne traktordrevne vedmaskiner som kapper, klyver og transporterer veden i hengere eller storsekker. Slike traktordrevne maskiner koster om lag 50-130 000 kr. I de senere år har vedmaskiner blitt forholdsvis populære blant mange bønder, i første rekke fordi maskinene er effektive og muliggjør foredling av virke fra egen eiendom. Økt hyttebygging utvikler også lokale markeder mange steder. Antallet vedprodusenter er usikkert, men bransjeforumet "Norsk Ved" har ca 4200 medlemmer (2009).



Figur 15 Vedproduksjonsanlegg (L. Bugge)

Tidligere ble ved mest omsatt i favner. En småfavn er en vedstabel med 30 cm lange vedkubber med et frontareal på 4 m² (for eksempel 4*1 meter). En vanlig favn er lik, men med 60 cm lange kubber.

Hvor tørr veden er, har stor betydning for hvor mye varme veden avgir når den brennes. En kilo tørr ved (15-20 % fuktighet) vil bidra til en langt høyere varmeproduksjon enn fersk ved med 50 % fuktinnhold. Tørr ved inneholder ca 4 kWh/kg.

I dag omsettes ved stadig mer i nettingsekker av ulik størrelse:

- 40 liter
- 60 liter
- 80 liter

- 1000 liter (på Europall)
- 1500 liter (på Hydropall)

Bruk av sekker er rasjonelt fordi veden da kan pakkes umiddelbart ved produksjon, og man unngår håndtering knyttet til stabling osv.

3.1.2 Produksjonskostnader

Produksjonskostnader for ved beregnes ulikt. Mange har egne innsatsfaktorer selv (skog, maskiner, lagringsmuligheter, osv) og unnlater å kalkulere sine kostnader. Produksjonskostnader for ved kan best illustreres slik:

Bjørketømmer til vedproduksjon ligger i området 320-330 kr/fm³, dvs. ca 215 kr for råstoffet til en 1000 liters storsekk. Salgsprisen vil kunne ligge på om lag 750 kr inkludert opplasting / kortere transport. (Merverdiavgift ikke inkludert.) Det betyr at produsenten har 535 kr som skal dekke arbeidsinnsats, drivstoff, maskinkostnader, renter knyttet til kapitalbinding/lagerhold (ved som tørker) pluss salgskostnader, administrasjon, opplasting og eventuelt kortere transport. I tillegg kommer fortjeneste i området 10-20%.

På bakgrunn av denne kostnadsillustrasjonen kan man slutte at vedproduksjon koster alt fra null (selvhogst / hobby) til om lag 50 øre/kWh.

<i>Treslag</i>	<i>kWh/fm³</i>	<i>kWh/sekk</i>	<i>kWh/sekk</i>
	[15 % fuktighet]	[60 liter]	[1000 liter]
Gran	1710	67	1129
Furu	1855	73	1224
Bjørk	2150	85	1419

Tabell 27 Egenskaper for ved (KanEnergi AS)

Pris på ved varierer med leverandør, geografisk beliggenhet, transport osv. I tillegg kommer det at ved har ulikt fuktighetsinnhold med tilsvarende varierende energiinnhold.

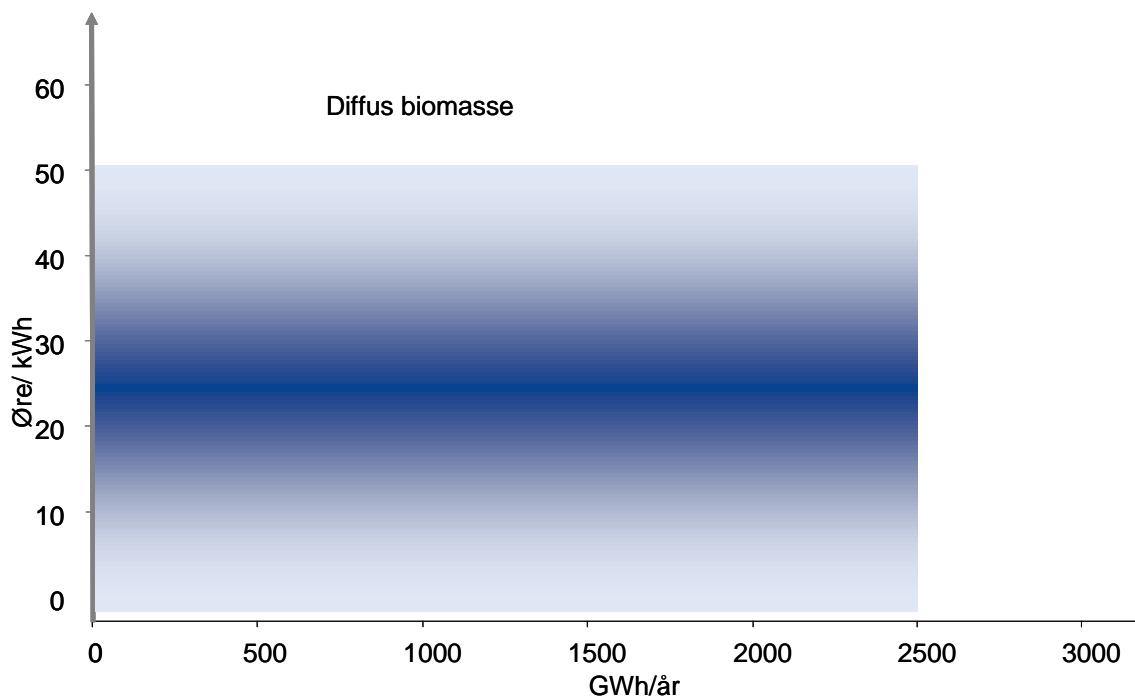
I dagens vedmarked varierer prisene på ved i småsekk typisk fra 0,85 kr/liter til 1,25 kr/liter. For storsekk kan enhetsprisen ligge noe lavere. Bjørk er dyrere enn gran/blandingsved, og småsekk er relativt dyrere enn storsekk. Typisk prisnivå på ved blir da 70 – 90 øre/kWh.



Figur 16 Ved i småsekk på 60 liter (L. Bugge)

Kostnadskurve

I tabell 1, er det, for kategorien "diffus" biomasse (ved), listet opp 2-3 TWh/år som et tall for mulig økt anvendelse. Dette tallet er kun et anslag da det som tidligere nevnt, ikke finnes tilgjengelige volumoversikter for denne kategorien. På den annen side peker flere kilder (2) på at det finnes et uutnyttet potensial her. Mye biomasse fra kulturlandskap, hager, parker med mer, ender dels som ved, men i økende grad også som flis til bruk i mindre fyringsanlegg. For denne kategorien har vi valgt å legge til grunn kostnader i området 0-50 øre/kWh.



Figur 17 Kostnadskurve for biopotensial fra "diffus" biomasse (ved)
NB! Volumet et kun et anslag.

3.2 Biomasse fra linjerydding ved kraftnett, vei og jernbane

3.2.1 Kraftlinjer

I Norge finnes omlag 200 000 km med luftlinjer fordelt på ulike linjetyper som eies og drives av 158 nettselskap (OED 2007). Av Direktoratet for Samfunnssikkerhet og Beredskap (DSB) pålegges nettselskapene å rydde vegetasjon langs kraftlinjene. Bestemmelsene er tilpasset de ulike spenningsnivå i nettet. Lavspentnettet (220-440 V) skal ikke være i kontakt med trær, men ha en smal rydlegate. For de øvrige linjetypene ryddes skog i bredder fra 9 til ca 40 meter (kant til kant). Tabellen under er hentet fra (4) og gir et anslag over linjenes beskaffenhet og biomasseproduksjon.

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

Tabell 28 Kilde (4)

Årlig biomassetilvekst pr dekar er satt til 0,2 fm³/år for lav bonitet, 0,4 fm³/år for middels bonitet og 0,7 fm³ for høy bonitet. Estimater fra Nettskog AS (www.nettskog.no).

Lavspentnettet utgjør ca 110 000 km, og representerer med det over halvparten av luftnettet vårt. Siden det her er tilstrekkelig med bare en smal rydlegate utgjør slike linjer ikke noe vesentlig potensial for biomasseproduksjon (2). Siden tidlig på 2000 tallet har flere nettselskap bl.a. Hafslund (5) hatt en forsørt innsats når det gjelder rydding av sine linjer. Ambisjonen er å holde trær og busker nede, slik at veksten dermed reduseres. Denne ryddestrategien peker også i retning av at biomassepotensialet i lavspentnettet er lavt.

For sentralnettet kreves det en minimumsavstand på 7 m mellom linje (fase) og tretoppene. Siden mastene i dette nettet er forholdsvis høye, innebærer det at trær kan bli omlag 10 m høye før rydding blir nødvendig. I mer ufremkommelige områder er ofte linjene gjennomsnittlig ført i større høyder, noe som betyr lavere ryddebehov. Ryddefrekvensen, både i regional- og sentralnettet varierer mellom 6 og 10 år, sjeldnere i områder med lav tilvekst.

Kostnadene ved å hente ut biomasse fra linjerydding avhenger sterkt av faktorer som veitethet, terrengtype, tilvekst og avstand til bruker. Innenfor en avstand på i størrelsesorden 500 m fra bilvei, vil kostnadene for uttak ligge på samme nivå som for GROT fra sluttavvirkning eller tynningsvirke (første gangs tynning). I grove trekk betyr det at flis levert skogsbilvei vil koste 80-

100 kr/m³, fordelt 50/50 på utkjøring og flising. Selve hugstkostnaden vil ikke inngå siden dette allerede er dekket av nettselskapet. Innenfor slike kostnadsnivå er det anslått et potensial for uttak av biomasse fra kraftgater på 0,4-0,5 TWh/år på landsbasis. Energimengden er referert til biomasse med høy fuktighet, og vil kunne øke under forutsetning av at rydningsvirket får tørke forut for flising.

Så langt har Statnett i liten grad hatt fokus på utnyttelse av ryddingsvirke fra sine linjer. Selskapet signaliserer imidlertid at man vil ta initiativ til å kartlegge ressursene bedre og undersøke muligheter for bioenergiproduksjon, dvs. kostnader, leveransemuligheter osv.(6).

3.2.2 Jernbanenettet

Det offentlige jernbanenettet er på vel 4 000 km, og omlag 80 % av det er elektrifisert. Jernbanenettet dekker dermed et areal på omlag 70 000 daa. Av hensyn til sikkerhet (trefall over kjøreledning og spor) og komfort (opplevelse), og for å redusere viltpåkjørsler, utfører Jernbaneverket vegetasjonskontroll langs jernbanelinjene. I sideterrenget blir vegeatsjonen ryddet ved hogst eller annen form for rydding. Mest vanlig er hogst med motorsag eller ryddesag, men også med skinnegående spesialutstyr slik som rundtomsvingende gravemaskin med klippe-/ryddeaggregat. Også kjemisk behandling bl.a. ved hjelp av glyfosatholdige midler blir benyttet.



Figur 18 - Biomasse langs jernbanen (Jernbaneverket)

Biomasseressursene langs jernbanen er sammensatt fra busker og kratt til større trær. Ved utgangen av 2007 var det et etterslep på vegetasjonskontroll i sideterrenget, og man har derfor planlagt å sette inn mer ressurser til systematisk skogrydding langs jernbanelinjene i perioden 2007-2012. I de senere år har man valgt å rydde vegetasjon i en avstand på ca 15 m på hver side av sporet, det vil si en noe videre sone enn det man så langt har valgt å kontrollere. Denne utvidelsen innebærer at man i en overgangsperiode vil trenge å ta ut relativt store mengder

biomasse. Som en illustrasjon på dette kan nevnes at det langs en 13 km lang del på Rørosbanen ble anslått behov for å fjerne 3500 m^3 virke, hvorav 2500 m^3 kan karakteriseres som tømmer. Dette tilsvarer omlag 270 m^3 virke pr. km (8).

Vegetasjonsrydding langs jernbanen er kostbart. Dette skyldes dels at man må benytte spesialutstyr og personell med spesialkompetanse. Av hensyn til trafikkavviklingen kreves det ofte at arbeidet må skje om natten, i økter på 3-4 timer. Mens arbeidet skjer må spenningen i kjøreledningene som regel kobles fra. Alt dette fører til ryddecostnader på 3500 - 7000 kr/da avhengig av topografi, beskaffenhet osv. (7) Tar en utgangspunkt i eksempelet fra Rørosbanen (over) betyr dette kostnader på 370-740 kr/ m^3 virke.

Skal biomassen flises opp og leveres slik at den blir tilgjengelig for brenselkunder, vil kostnadene stige ytterligere. En økning på 15-20 % har vært antydet. I tillegg vil man også måtte beregne kostnader for salg, administrasjon mm. (8)

Ved rydding av linjer skal tømmer over ca 15 cm i diameter fraktes ut. Men høye kostnader gjør imidlertid at bare mindre deler av biomassen som fjernes langs jernbanen blir hentet ut og nyttiggjort. Det er også praktiske årsaker til dette, særlig knyttet til logistikk, lagring, arealdisponering, videretransport osv. Så langt er det heller ikke åpenbare teknologiske løsninger, særlig knyttet til mellomlagring av flis, som gjør det attraktivt for jernbaneentreprenører å produsere biobrensel.

I prinsippet er det ønskelig å holde sideterrenget fritt for større trær, slik at man med jevne mellomrom kan fjerne vegetasjonen maskinelt, i praksis maskiner som kan knuse kratt og småtrær slik at biomassen blir liggende igjen på stedet. En slik ryddepraksis vil på sikt gjøre mindre aktuelt å hente ut biomasse til energiformål.

Jernbaneverket har ingen tilgjengelig oversikt over biomasseressursene langs jernbanelinjene. I forbindelse med at ryddeentreiser legges ut, skjer det imidlertid kartleggingsarbeid. Selskapet har igangsatt et prosjekt på skogrydding rettet mot alle jernbanelinjer (2008). Man vil her også vurdere muligheter for å utnytte ryddingsvirket bedre enn det man har gjort hittil, muligens også til bioenergiformål. Siden jernbanelinjene mange steder passerer gjennom steder med dårlig dekning av skogsbilveier, tilbyr de i prinsippet transportmuligheter for biomasse som alternativt ikke vil bli hentet ut. Selv om kostnadene for slik transport med mer sannsynligvis er høye, kan det være grunn til å undersøke om jernbanen som transportløsning for biomasse i virkeligheten representerer noen ubenyttede muligheter.

Uten tall for biomassevolum totalt, og fordeling langs toglinjene, er det ikke mulig å lage kostnadskurver slik som for eksempel for halm. Med tanke på at Jernbaneverket over tid ønsker å holde et større areal langs linjene fritt for vegetasjon (biomasse) av en slik karakter at man kan benytte den til energiformål, er det heller ikke naturlig å vurdere den i forbindelse med et samelt bioenergipotensiale.



Figur 19 - Rydding av jernbanetrase (Baneteknikk AS)

3.2.3 Vei / veikanter

Samlet offentlig veilengde i Norge er nærmere 93 000 km. Statens vegvesen har ansvaret for rydding av kantvegetasjonen på en stor andel av disse. Hittil har man ryddet skog, busker og kratt ut til 3 m på hver side av veiene (stamvei, riksvei, fylkesvei).

Man er nå i ferd med å utvide dette til 6 m som ny standard. Innføringen av ny standard innebærer at man i noen år vil kunne ta ut forholdsvis store biomassevolumer, men på lengre sikt er målet å holde kantonene frie for vegetasjon, ihvertfall slik at man løpende kan rydde med maskiner (risknusere). Det betyr i såfall at tilfanget av biomasse fra løpende rydding blir beskjedent.

Rydding av veikanter skjer i hovedsak gjennom bruk av entreprenører som har såkalte funksjonskontrakter med ca fem års varighet. Slike kontrakter innebærer at entreprenøren over tid skal holde vegetasjonen nede i henhold til visse standarder. Det ligger også i kontraktene at vegetasjonen skal fjernes og leveres til godkjent deponi. Erfaringsmessig blir vegetasjon langs vei påført veistøv som bl.a. bidrar til slaggdannelse i forbrenningsanlegg. Av denne grunn reduseres biomassens verdi som brensel noe.

Statens vegvesen har selv ikke en tilgjengelig oversikt over biomassevolum som over tid skal fjernes. Det er derfor nødvendig å analysere informasjon fra andre kilder og i andre formater.

I noen tilfelle, f.eks. i forbikjøringssoner, ryddes ofte veikanterne mer enn 6 m. Firmaet Energiflis AS har stått bak rydding langs veistrekninger bl.a. i Salten i Nordland fylke. Her ble det gjennomsnittlig ryddet omlag 30 tonn rått virke pr km vei. Ryddearbeidet foregikk ved hjelp av en såkalt kombimaskin som både kan felle (klippe) og frakte med seg trær mm. Ryddevirke ble søkt

lagt i hauger/ranker på minst 50 tonn for å oppnå mest mulig effektiv flising og videretransport senere. Kostnaden for ryddearbeidet lå på ca 190 kr/tonn biomasse.

Legger man til grunn 2 kWh/kg (rått) virke, betyr det energimengder på 60 000 kWh/km, og kostnader på 10 øre/kWh, eksklusive flising, videretransport osv.

Basert på en forutsetning om at denne biomassemengden kan hentes fra 10 % av landets offentlige veinett (9300 km) betyr det et samlet volum på nærmere 300 000 tonn eller 0,56 TWh. Det som kan tas ut hvert år vil imidlertid være langt lavere fordi biomasseproduksjonen som nevnt i eksemplet finner sted over flere år.



Figur 20 - Rydding av veikanter (Energiflis AS)

3.2.4 Konklusjon linjerydding

Både Jernbaneverket, Statens Vegvesen og mange nettselskap ønsker på sikt å komme i en situasjon der man rydder linjene jevnlig slik at vegetasjon egnet for bioenergiproduksjon ikke kommer opp. Man vil her anvende maskiner (risknusere) som vil etterlate biomassen i mindre volum spredt over store flater. Muligens vil det la seg gjøre å samle opp slik biomasse, men gitt dagens teknologiløsninger, energimarked mm virker dette lite sannsynlig. Det vil imidlertid sikkert gå et antall år (10 år?) før man har kommet i en balansesituasjon på dette punktet, og i denne perioden vil det trolig være forholdsvis store biomassevolum som kan hentes ut.



Figur 21 - Kjettingklippehode for rydding av veikanter med mer (www.cf.no)

Med ryddeintervall på opptil 10 år, vil det kunne akkumuleres biomasse under og langs linjene i sentralnettet. Disse biomasseressursene vil kunne hentes ut til omlag samme enhetskostnader som GROT. Anslagene for volum og kostnader er imidlertid usikre, og Statnett har derfor ambisjon om å undersøke disse nærmere.

Hverken nettselskap, Jernbaneverket eller vegmyndighetene eier hele grunnen i de arealene man ønsker å holde fri for vegetasjon. Rydding krever at man kommer til enighet med en lang rekke grunneiere, som mest sannsynlig vil kreve kompensasjon i ulik grad. Kostnader knyttet til slike kompensasjoner er ikke tatt med i vurderingene over.

3.3 Biomasse fra avfall

OBS!

Dette kapitlet er ufullstendig, og temaet bør undersøkes nærmere, jf eget prosjektforslag til NVE (29.01.09). På denne bakgrunn foreslår vi at hele dette kapitlet tas ut forut for "høringsrunden".

Avfall består av mange ulike typer og fraksjoner, hvorav noen også kan betegnes som biobrensel. Dette er først og fremst papir, papp og trevirke. Papp og papir blir gjerne materialgjenvunnet / resirkulert, og opparbeides derfor sjeldent som biobrensel. Mye papp og papir ender likevel opp i energianlegg, men inngår da i andre fraksjoner, for eksempel husholdningsavfall.

Mye treavfall kommer fra bygg- og anleggsvirksomhet. En del kan være for så vidt rent trevirke som rester (kapp, paller, kasser og lignende) fra oppføring av bygg, men mye trevirke ender som avfall i forbindelse med riving av bygg (rivingsvirke).

Stadig mer av avfallet som genereres i Norge, material- eller energigjenvinnes. Tabellen nedenfor viser disponeringen av i alt 2,37 mill tonn papp-, papir og treavfall i 2005 (biomassevolumene har vært relativt stabile de siste fem-seks årene):

(1000 tonn)	2005 alt	Material- gjenvinning	Deponering	Energi- utnyttelse	Forbrenning uten energiutnyttelse	Biologisk behandling, Annet
Papir, papp	1 205	621	238	260	86	
Treavfall	1 167	197	191	440	18	321
SUM	2 372	818	429	700	104	321
Fordeling %	100	34	18	30	4	14

Tabell 29 - Anvendelse av biomasse fra avfall (SSB)

Avfall energigjenvinnes i 18 kommunale og private forbrenningsanlegg, samt anlegg i industrien. I 2005 ble 1,4 mill tonn avfall energigjenvunnet. Halvparten av dette var altså papp, papir og trevirke. Den andre halvparten bestod av våtorganisk avfall og kloakkslam.

I tabellen over ser man at ca 30 % av alt papir, papp og treavfall går til energiproduksjon. Gitt et energiinnhold på 2,9 kWh/kg, tilsvarer dette en innfyrt energimengde på 2 TWh/år.

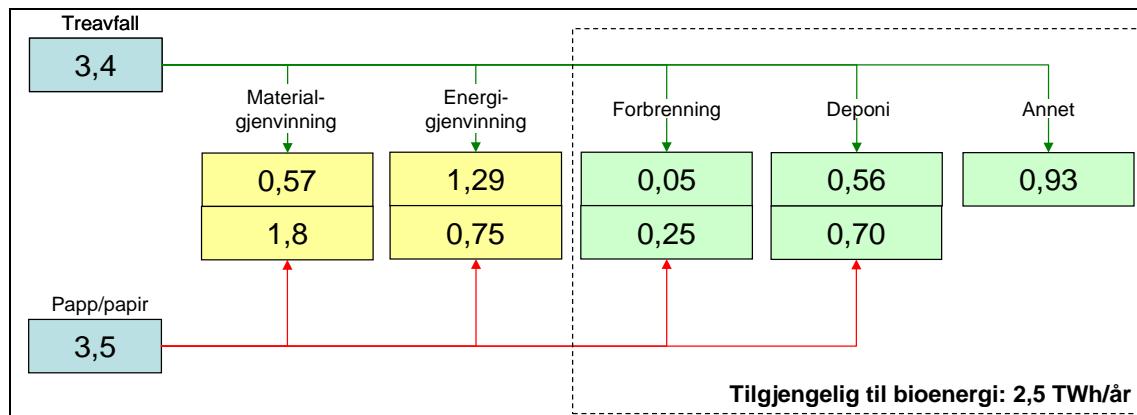
Det er beregnet en "årvirkningsgrad" lik 73 %, det vil si at 73 % av innfyrt energi utnyttes. Det resterende er tap i prosessen og varme som blir produsert om sommeren, når varmebehovet er mindre enn varmeproduksjonen, og blir derfor ikke utnyttet. Det betyr at omlag 1,5 TWh varme basert på papp, papir og trevirke leveres til varmebrukere i ulike typer nær- og fjernvarmeanlegg.

I (1) er det tidligere anslått mengder av papir-, papp- og treavfall som i dag ikke går til energiproduksjon eller materialgjenvinning, det vil si ubenyttede biomasse / bioenergiressurser. I 2005 var det:

- 104 000 tonn, papp, papir og tre som forbrennes uten at varmen utnyttes
- 321 000 tonn treavfall gjennomgår ulike biologiske prosesser
- 191 000 tonn treavfall som deponeres
- 238 000 tonn papp og papiravfall som deponeres

Til sammen utgjør dette 854 000 tonn avfall som gitt et energiinnhold på 2,9 kWh/kg, representerer en energimengde på nærmere 2,5 TWh/år, hvilket også representerer en ubenyttet bioenergiressurs.

Hvordan disse ressursene disponeres (SSB, 2005-tall) fremgår av figur 20. Her ser man bl.a. at biomasse med et energiinnhold på nærmere 1,3 TWh/år har så langt blitt tilført deponier. Hva som vil skje med disse ressursene når deponiforbudet trer i kraft i 2009, er usikkert. Men nettopp det å kunne ta hånd om dem, kan være med på å forklare hvorfor det bygges nye flere nye avfallsforbrenningsanlegg for tiden. Et eksempel er det nye anlegget i Kristiansand som eies av Agder Energi Varme AS og Returkraft AS. Anlegget får en kapasitet på 120.000 tonn/år. Anlegget skal levere rundt 200 GWh varme og litt under 100 GWh strøm, og er ventet ferdigstilt i 2010.

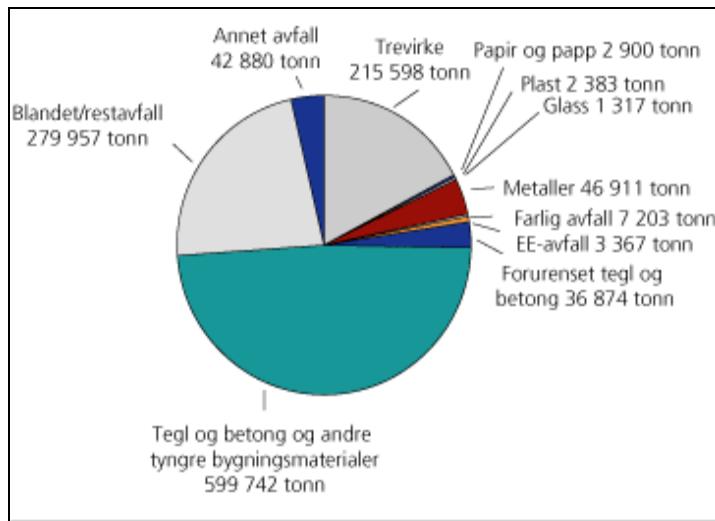


Figur 22 - Avfall – biomasse 2005 [TWh/år]

3.3.1 Avfall - bygg og anlegg

Nybygging, rehabilitering og riving resulterte i 1 239 000 tonn bygge- og rivingsavfall i 2004, mot 940 000 tonn i 2001. Av dette utgjorde trevirke nærmere 216 000 tonn (17 %), papir og papp 2 900 tonn (2,3 %) mens restavfall utgjorde 280 000 tonn (nærmere 23 %).

Det resterende består av ikke-brennbare fraksjoner som metall og betong [Avfallshåndtering 2004, SSB 2006]. Sammensetningen av restavfall er ikke kjent, men det kan ikke utelukkes at deler av dette er biomasse.



Figur 23 - Utsortert BA-avfall etter materiale 2004 [SSB 2008]

3.3.2 Bruk i dag, treavfall bygg- og anlegg

Av avfallet generert av bygg- og anleggsindustrien, gikk 57 prosent, eller 536 000 tonn til avfallsanlegg i 2001. Det må understrekkes at tallene er usikre fordi svært mange avfallsanlegg ikke registrerer om avfallet som kommer til anlegget, er byggeavfall eller ikke. Hvor resten av byggeavfallet tar veien, er usikkert.

Av avfallet fra bygg- og anlegg ble 90 000 tonn energigjenvunnet [Avfallshåndtering 2001, SSB 2002]. I følge nasjonal handlingsplan bygg- og anleggsavfall, energiutnyttes 100 000 tonn trevirke fra byggnæringen. Det forutsettes på dette grunnlag at avfallet som energigjenvinnes fra bygg- og anlegg består av treavfall. Forutsatt en gjennomsnittlig brennverdi på 3,7 kWh/kg (treavfall), representerer dette 0,3 TWh.

3.3.3 Returvirke

Forbehandling av returvirke

For returvirke er utfordringen å finne ut hvor grensen mellom biobrensel og avfall går. I hht. SFT defineres biobrensel som:

"Treavfall, med unntak av treavfall som kan inneholde halogenerte organiske forbindelser eller tungmetaller som følge av overflatebehandling eller behandling med impregnéringsmidler."

Returvirke kan inndeles i tre fraksjoner:

- Ren returflis: Uten kjemisk behandling. Kan inneholde spiker, men ingen andre forurensninger.
- Behandlet returvirke: Overflatebehandlet trevirke. Kan være malt, tapetsert, lakket eller limt.
- Kjemisk behandlet returvirke: Trevirke som er trykkimpregnert (CCA), kreosotimpregnert eller inneholder andre impregnéringsmidler.

Ren returflis og behandlet returflis kan dermed defineres som biobrensel, mens kjemisk behandlet returvirke defineres som avfall og må behandles i et avfallsforbrenningsanlegg. Det regnes med at inntil 10-15 % av mottatt returvirke faller i denne kategorien.

Første steg i behandlingen av returvirke er derfor sorteringen. Neste steg er reduksjon av størrelsen til 150-400 mm i et grovkvern. Tredje steg er fjerning av metaller ved hjelp av magneter og metalldetektorer. Til slutt blir materialet fliset til ønsket størrelse og siktet for å redusere andel finstoff.

Ferdig flis transporteres til brensellager.

Enhetskostnadene for å opparbeide returvirke til biobrensel kan variere, men følgende tall kan indikere et nivå (KanEnergi AS):

	<i>Kr/ tonn</i>	<i>Kommentar</i>
Mottak av returvirke	-300	Honorar for mottak av råstoff
Sortering og forbehandling	150	
Utskilling, andel til viderebehandling	-1000	
Flising		
Transport		

Tabell 30 - Kostnader returflis (KanEnergi AS)

Tallene i tabellen gir grunn til å tro at mottaksavgiftene nesten kan dekke kostnader for opparbeiding av brensel. Det beror imidlertid på hvor høy mottaksavgiftene er, hvor stor andel som må skilles ut til viderebehandling og hvor langt brenslet må fraktes til varmesentral el.

4 Kostnader for produksjon av biobrensel i fremtiden

Dersom enhetskostnadene for uttak av biomasse kan reduseres, vil bioenergi bli mer konkurransedyktig. På noen områder kan kostnadene ikke påvirkes mye, for eksempel når det gjelder terrengforhold og tilvekst, mens man på andre faktorer kan bidra til både å høyne og å senke dem.

Kostnader kan senkes ved at:

- Markedsvekst, etterspørsel fra flere og større varmeprodusenter. Man oppnår storskalafordeler, bl.a. innen logistikk, organisering.
- Bruk av nye effektiv teknologi
- Markedet for tømmer styrkes og dermed øker avvirkningen
- Økt utbygging av skogsbilveier, inkludert områder for opparbeiding av flis.
- Endringer i rammebetingelser

Kostnader kan øke dersom:

- man begrenser uttaket på grunn av miljøhensyn
- Andre kostnader som drivstoff, kapitalkostnader med mer øker

4.1 Markedsvekst

4.1.1 Halm

I Danmark og Sverige finnes mange automatiserte halmfyringsanlegg fra ca 200 kW og oppover til 4,5 MW. Teknologien som benyttes i moderne halmfyrtre anlegg er moden og anleggene fungerer godt. I Danmark stod halm for en energiproduksjon på 7 PJ i 2007 (23).

I Norge finnes ingen automatiserte anlegg som har vært i drift noen tid, men flere mindre anlegg som bruker rundballer. Disse er manuelt betjente, der rundballer lastes inn i ovnen ca en gang i døgnet. Slike anlegg er forsynt med akkumulatorkapasitet. Når en kommer opp i et effektbehov på 300 – 400 kW, er det aktuelt å se på automatiserte anlegg. Slike anlegg benytter rundballer eller firkantballer på ca 500 kg. Fra lager, lastebil el. løftes halmen ved hjelp av kran til en transportbane. Automatikk styrer brenselinnmating, selve forbrenningen og askeutmating.

Primært ønsker halmfyringsanleggene firkantballer der halmen har en fuktighet på 15 %. Med såpass tørr halm kan man oppnå virkningsgrader på om lag 90 %. Man tåler høyere fuktinnhold, men det reduserer virkningsgraden. Halm i form av slike firkantballer kan kjøpes til ca 15 øre/kWh. Gitt det relativt velutviklede danske halmfyringsmarkedet, kan denne prisen (og dermed også kostnader) indikere nivå som det neppe er mulig å komme under dersom bruken av halmfyring vokser i Norge.



Figur 24 Innsamling og transport av firkantballer (www.energistyrelsen.dk)

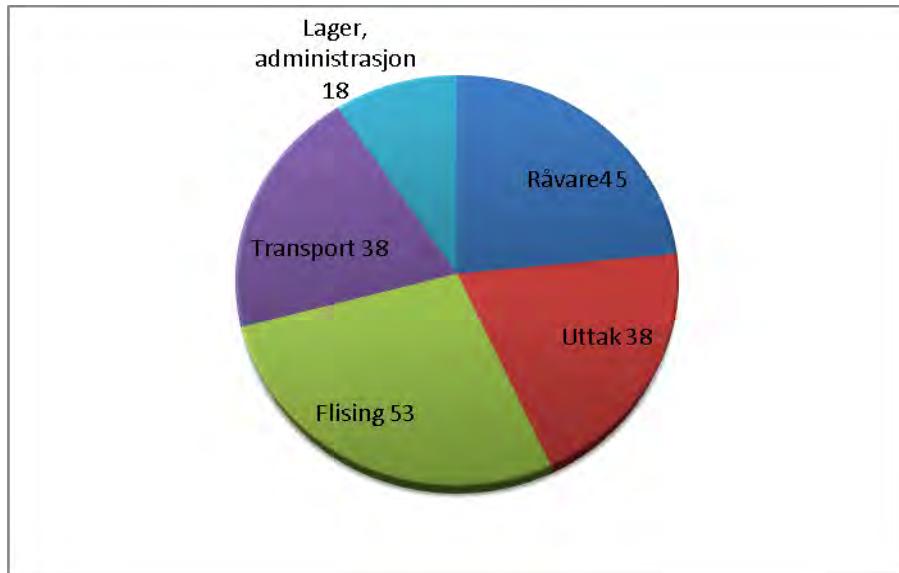
4.1.2 GROT

I norsk sammenheng er uttak av GROT og heltrevirke fra tynning foreløpig beskjedne i volum, og utgjør foreløpig ikke et stort (modent) virksomhetsområde for norske skogentrepreneur. Men gitt at markedet for skogsbrassel øker, vil entreprenørene finne det forsvarlig å investere i spesialmaskiner, (se eksemplet under), og dermed bidra til kostnadsreduksjoner.

I Sverige er imidlertid GROT langt viktigere som bioenergiråstoff, og kostnadstall herfra kan gi en pekepinn på om vi kan oppnå kostnadsreduksjoner også i Norge. I kapittel 3.1.1, opereres det med 32-33 NOK/lm³ for innsamling, terrengtransport og opprankning. Et tilsvarende tall fra svensk skogbruk er oppgitt til SEK 29-30, eller 23-24 NOK/lm³ (Econ Pöry, Stockholm).

Kostnadene for flising langs skogsvei (SEK 45/lm³) og ved terminal (SEK 16/lm³) er i følge disse opplysningene også noe lavere enn hva vi finner i Norge, hvor typiske korresponderende tall er hhv NOK 40/lm³ og NOK 20/lm³.

Hvor langt det vil være mulig å komme ned i kostnader kan man kanskje finne en indikasjon på fra det svenske markedet, jf figuren under:

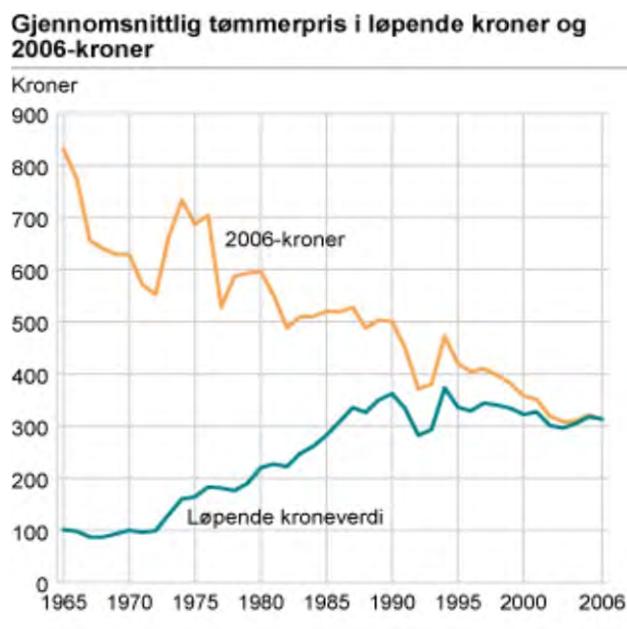


Figur 25 Sammensetning av kostnader (SEK/MWh) for flis fra GROT (Naturbränsle AB)

Figuren over viser sammensetningen av kostnader (SEK/MWh) for GROT opparbeidet til flis og levert varmeverk som befinner seg i Mälardalen. Den viser en samlet kostnad på 192 SEK/MWh, tilsvarende ca 0,15 NOK/kWh. Inkludert i dette tallet er også betaling for råvaren på 45 SEK/MWh, eller om lag 3,5 øre/kWh. Det betyr at selve kostnaden for flisproduksjon på basis av GROT ligger på 11-12 øre/kWh. Denne kostnaden gjelder i et bioenergimarked som er 5-10 ganger større enn det norske. Kanskje dette er et kostnadsnivå som det vil være vanskelig å komme under i Norge.

4.2 Teknologi og produksjonsteknikk

I de siste 20-30 årene har skogbruket gjennomgått store endringer i retning av mekanisering. Bare mindre andeler av dagens avvirkning skjer manuelt, det er i hovedsak hogstmaskiner og lassbærere som utfører arbeidet. Mens tømmerprisene har falt jevnt og trutt i perioden, har mekanisering og produktivitetsøkning gjort det mulig å presse avvirkningskostnadene såpass langt ned at inntektene til skogeierne likevel har vært akseptabel. Maskinene og teknikkene som utnyttes i norsk skogbruk er moderne, og skiller seg ikke så mye fra hva man benytter i Sverige. Dermed er det lite trolig at store kostnadsreduksjoner kan finne sted når det gjelder selve avvirkningen av tømmer, og med det, kostnader for GROT og tynningsvirke.



Figur 26

Det finnes imidlertid maskiner som er spesialisert for uttak og opparbeiding av biobrensel, og som foreløpig i beskjeden grad brukes i Norge. Dette er bl.a. mindre maskiner for avvirkning av heltrær i forbindelse med tynning og ulike typer klippeaggregat og flertreaggregat for hugst av småskog. Dette er innretninger som kan kobles på gravemaskiner, lassbærere og hugstmaskiner, og som feller og akkumulerer flere trær samtidig (nærmest som en blomsterbukett).



Figur 27 - Akkumulerende klippeagggregat (www.ablandbruk.no)

Flere trær kan da bli lagt i haug samtidig. Et annet eksempel er terrenggående flishuggere, se figur 27. Institutt for Skog og Landskap er i ferd med å undersøke nærmere hvilke muligheter ny teknologi av denne typen kan bety for norsk bioenergiproduksjon.



Figur 28 - Silvaro Chipcet CS440, tilhørende Eiker Bioenergi AS (L. Bugge)

Maskinen fliser GROT og stammevirke opptil 45 cm i diameter.

- Nypris: 4-4,5 mill kr
- Vekt: ca 20 tonn
- Årlig kapasitet, 8 timer/dag: ca 50 000 m³
- Kapasitet pr time: 40-60 m³

- Timeskostnad: Ca 1 300 kr/time

Gitt at maskinen gis anledning til å operere i tilpasset terren, og også drives et høyt antall timer pr år, vil den kunne skape grunnlag for lavere enhetskostnader for flis. Men det betinger samtidig at det finnes avtakere for flisporduksjonen, heslt jevnt over året.

4.3 Endringer i rammevilkår

I landbruk og skogbruk gjelder en rekke tilskuddsordninger. Noen av disse er med på å bestemme hva de ulike produkter kan selges for, også bioenergi. Så sent som 10.mars 2009, offentliggjorde Landbruks- og matdepartementet (LMD) at man vil tilby en ny tilskuddsordning for produksjon av skogsflis. Ordningen er beskrevet i endringsforskrift som Statens landbruksforvaltning (SLF) har sendt på høring. Driftstilskuddet gis til uttak av heltre, kratt og hogstavfall fra skog og gjengrodd kulturlandskap, når dette virket foredles til skogsflis for å nytes i bioenergianlegg. Tilskuddet innvilges til eiere av landbrukseiendom. Hensikten med ordningen er å gjøre det mer lønnsomt å produsere råstoff til bioenergi, og samtidig stimulere sysselsetting i næringen og bidra til økt utbygging av klimavennlige bioenergianlegg. Det er ventet at tilskuddsordningen kan bli iverksatt i løpet av våren 2009.

Investeringstilskudd og støtte til utviklings- og kompetansetiltak kan søkes også av andre enn bønder og skogeiere. Disse tilskuddene skal administreres av Innovasjon Norge.

Enova SF tilbyr parallelt tilskudd til utbygging av bioenergibaserte varmesentraler, noe som igjen vil styrke etterspørrelssiden for bioenergi.

4.4 Konklusjon

Når det gjelder eksemplene foran for halm (Danmark) og GROT (Sverige), ligger kostnadene noe lavere enn det vi finner her hjemme.

En god del av disse kostnadene kan forklares ved at vi har mindre gunstige naturgitte forhold i Norge; mindre sammenhengende kornarealer (halm) og mer utfordrende terren i skogbruket (GROT). Sannsynligvis er transportbehovene for alle typer brensel gjennomgående noe større i Norge enn i våre naboland.

Etterspørrelssiden etter bioenergi i både Danmark og Sverige er langt større enn i Norge. Det betyr at entreprenører og andre som bearbeider biomasse kan oppnå stordriftsfordeler.

Tilslutt har landene ulike kostnadsstrukturer på områder av mer generell karakter, bl.a. lønnskostnader.

Kostnadsforskjellene for produksjon av biobrensel later ikke å være så store at man kan vente dramatiske endringer (reduksjoner) i norsk sammenheng.

5 Konklusjon og anbefaling

Som beskrevet innledningsvis i kapitel 1, har denne rapporten først og fremst undersøkt kostnader forbundet med å øke bioenergiproduksjonen fra et nivå på 15-16 TWh/år. Dette er av interesse bl.a. fordi myndighetene har som målsetting å øke produksjonen med ca 1 TWh/år årlig, slik at norsk bioenergi-produksjon i 2020 står for om lag 26-28 TWh/år.

Rapporten beskriver tall for biomassevolum og uttakskostnader der disse størrelsene er dokumentert. Rapporten er skrevet på basis av informasjon i litteraturen (se litteratuoversikten bakerst), men også en del informasjon som er hentet inn fra ulike aktører og fagmiljøer, slik som for eksempel kostnadstall for uttak av halm.

De største kildene er skogsrensel, biprodukter fra skogindustrien, halm og kornavrens samt biogass. Av skogsrensel utgjør hogstavfall og de minst verdifulle fraksjonene som hittil har gått til treforedling (massevirke) de største ressursene. Som beskrevet i tabell 1, kapitel 1, har det tidligere vært antydet tilgjengelige bioenergiressurser, (1). På basis av vurderingene som er gjort i denne rapporten, er tallene for mulig økt anvendelse oppdatert som angitt i tabellen 31, under. Kategoriene merket med gul farge er, om men i ulik grad, nærmere undersøkt i denne rapporten.

Opprinnelse	Bruk i 2006/2007 [TWh/år]	Mulig økt anvendelse vurdert i 2009 [TWh/år]	SUM [TWh/år]
"Diffus" biomasse (ved)	7,3	2-3	9-10
Massevirke	5,0	3-4	8-9
Trelastindustri	0,9	1-2	2-3
Hogstavfall	<0,1	3-4	3-4
Møbel- og trevare	0,8	0,5	1,2
Avfall (papir, papp, trevirke)	2,0	2,5	4,5
Halm og kornavrens	0,1	1-2	1-2
Energivekster mm	-	1,0	1,0
Deponigass	0,1	0,1	0,2
Annen biogass	0,1	4-5	4-5
SUM	16	18 - 24	34-40

Tabell 31 Biomasseressurser til energiformål. Mulig økt anvendelse uttrykker mengder utover bruk i dag.

Sammenlignes tabell 31 med tabell 1, kapitel 1, ser man at volumet for mulig anvendelse har økt med 4 TWh/år. De økte volumene biogass som er dokumentert (21) er et viktig bidrag til denne økningen, men endringene kommenteres for hver kategori nedenfor.

I noen tilfeller vil rapporten støtte seg på kostnadstall for produksjon som bare skjer i begrenset omfang, og der usikkerhetene er forholdsvis store. Et godt eksempel på dette er uttak av tynningsvirke (heltrær) for flisproduksjon. Som beskrevet er det en rekke ulike forhold som bestemmer i hvilken grad en skogeier ønsker å utføre tynningsarbeid. Trolig må det bygges opp langt større markeder (varmesentraler, logistikkopplegg) for skogsrensel (skogsflis) enn i dag, før tynningsvirke i praksis vil bidra med slike volum som er antydet i kapitel 3.

Potensialet for produksjon av bioenergi vil stadig endre seg i takt med økt kunnskap, ny teknologi og nye produksjonsopplegg, endrede forhold i energimarkedet så vel som andre markeder (for eksempel markedet for tømmer) og som funksjon av endrede rammebetingelser. Nye tiltak egnet til å redusere klimagassutslipp vil sannsynligvis også representere viktige endringer i rammevilkår.

Gjennom arbeidet med "Klimakur 2020" gjennomfører Statens forurensningstilsyn (Sft) flere utredninger som bl.a. vil kunne lede til nye rammebetingelser for biogassproduksjon. "Klimakur 2020" vil også kunne gi komme med ny kunnskap om forhold knyttet til produksjon av bioenergi, og som kanskje vil nødvendiggjøre endringer i forhold til beskrivelser og analyser i denne rapporten. Et eksempel kan være at man vil kunne ønske å styrke mulighetene for å produsere såkalt annen generasjons biodrivstoff eller bioolje med halm, tømmer og GROT som råstoff. Selv om slik produksjon ligger noen år frem i tid, vil det sannsynligvis bidra til endringer bl.a. når det gjelder kostnader for uttak av biomasse.

Andre aktører har fremlagt lignende oversikter, som i hvert fall i sum, harmonerer med tallene i tabellen over. Nedenfor knyttes det noen kommentarer til hver av kategoriene i tabellen over:

"Diffus" biomasse, inkludert ved.

I følge SSB har bruken av ved falt noe i de siste år og ligger nå på 5-6 TWh/år. Dette tilsvarer en ressursbruk i form av tømmer på 1,5-2 mill fm³, et stort tall sammenlignet med den totale avvirkningen i skogbruket på 8-9 mill fm³/år. Hva som hentes fra skog / utmark, hva som hentes fra kulturlandskap, hager osv. og hva som hentes fra avfall, finnes det ingen klare opplysninger om. Denne rapporten gir derfor ingen nye holdepunkter for om det er mulig eller ikke å øke vedforbruksopp mot 9-10 TWh/år.

Vedfyring, og også etter hvert småskala flisfyringsanlegg, står hittil for en vesentlig andel av energiforsyningen, om lag 5-6 TWh/år innflyrt. (Undersøkelser Statistisk Sentralbyrå har gjort de siste år tyder imidlertid på at vedforbruksopp har sunket noe (ca 5,8 TWh innflyrt i 2007), mens nyttiggjort energi har økt som konsekvens av at vi stadig tar i bruk flere rentbrennende ovner.) Til tross for dette er kunnskapen om ressursgrunnlaget, eller kildene, stadig begrenset. Dette er et tankekors, all den tid slik energiproduksjon representerer et viktig bidrag i energiforsyningen, eksempelvis om lag dobbelt så stort volum som det fjernvarme representerer. (I 2007 var produksjonen av fjernvarme 3,4 TWh, og 65 % kom fra energigjenvinning, kilde: www.fjernvarme.no.) Gitt det store energivolumet (og også betydningen som effektreserve i

energiforsyningen), som vedfyring representerer, er det verd å vurdere om en økt ressurskartlegging på dette området er berettiget.

Under denne overskriften er også undersøkt biomassevolum som kan hentes fra kantrydding fra vei, jernbane og el-nett. Både vei- og jernbanemyndigheter har ambisjoner om å holde vegetasjonen langs kanter nede, slik at man kan bruke risknusere og annet maskinelt ryddeutstyr jevnlig. Dette fordrer først at man, over om lag en 10-årsperiode, fjerner trær og lignende som finnes i de aktuelle ryddesonenene i dag. Gitt at dette skjer, vil det på lang sikt være vanskelig å utnytte biomassen herfra til energiformål. Denne målsetting for rydding av vegetasjon gjelder også for mye av el-nettet, i hvert fall på lavere spenningsnivåer. Innenfor de høyeste spenningsnivåer (sentralnettet) finnes det imidlertid biomasseressurser som man antar utgjør 0,4-0,5 TWh/år. Statnett har til hensikt å undersøke dette potensialet nærmere. Jernbaneverket har også gitt uttrykk for at de ønsker å kartlegge biomasseressursene langs jernbane og kraftlinjer nærmere. Dette kan i så fall bidra til bedre kunnskapen på disse områdene.

Massevirke

Her er først og fremst lagt til grunn tynningsvirke fra såkalt førstegangstynning. Dette er en interessant ressurs, dels fordi man kan hente ut og flise hele trær, og dels fordi man hittil ikke har tatt ut volumer opp mot hva som er mulig (netto balansekvantum). Ressursmessig kan man øke energiproduksjonen med i størrelsesordenen 3 TWh/år. Sannsynligheten for at dette i praksis vil skje er imidlertid usikkert, fordi interessen for tynning beror på en rekke andre skogfaglige forhold.

Dersom prisene i energimarkedet blir høye, er det sannsynlig at noe massevirke som treforedlingsindustrien i dag kjøper, i stedet kan gå til energiproduksjon. Dersom kapasiteten i norsk treforedlingsindustri reduseres, slik som ved nedleggelsen av Union i Skien i 2006, vil bioenergimarkedet også kunne representere en alternativ avsetningskanal. På denne bakgrunn er det i sum valgt å anslå 3-4 TWh/år som et anslag for mulig økt bioenergiproduksjon på basis av massevirke.

Hogstavfall (GROT)

Tilgangen på GROT bestemmes av aktiviteten i skogbruket. Gitt et årlig uttaksnivå på 8-9 mill fm³, vil det være mulig å hente ut om lag 1,7 mill fm³ GROT (omregnet), hvilket tilsvarer 3-3,5 TWh/år. Dette er en del mindre enn tidligere anslått, noe som har sammenheng med begrensinger for uttak, bl.a. avstand, driftsstørrelser, ikke uttak fra hogst på lave boniteter, behov for bærelag og miljøhensyn. Disse reduserte volumene er først og fremst beskrevet i Landsskogstakseringen 2000-2004.

Halm og kornavrens

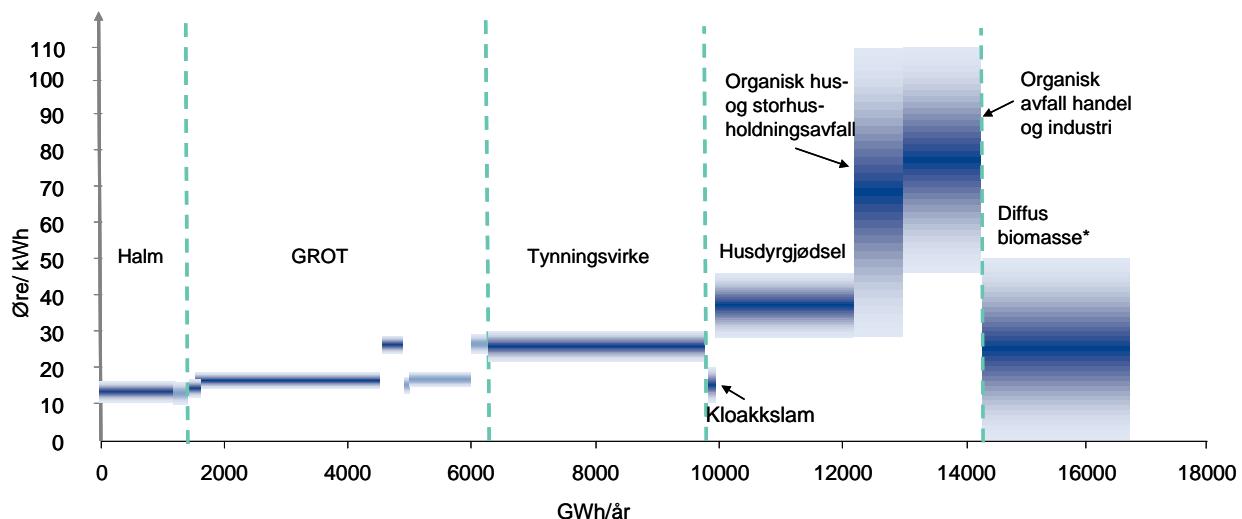
Bioenergipotensialet er anslått til 1-1,5 TWh/år. Det kan være høyere, men det beror på hvilken andel av halmproduksjonen man årlig velger å ta bort fra jordbruksarealene av agronomiske hensyn. En forutsetning for å utløse potensialet fra halm, er at det bygges halmfyringsanlegg, eller andre typer foredlingsanlegg. Såkalt bioolje er også pekt på som en mulig løsning for å utnytte halm. Produksjon av bioolje innebærer i seg selv et forholdsvis stort energiforbruk, og bare ca 50 % av energiinnholdet i halmen vil kunne omdannes til olje. Bioolje kan lagres over tid, og brukes bl.a. som råstoff til produksjon av biodrivstoff.

Biogass

Biogasspotensialet er vurdert å være på nær 5 TWh/år. Dette tallet er i hovedsak basert på (21). Biogasspotensialet kan trolig best utløses gjennom en kombinasjon av både større og mindre anlegg. Blanding av husdyrgjødsel og våtorganisk avfall vil generelt være gunstig av tekniske og økonomiske årsaker.

Oppsummert kostnadskurve

Kostnadskurvene som er tidligere vist er satt sammen i en samlet figur under.



Figur 29 - Volum og kostnader ved uttak for flere kilder til bioenergi

Den oppsummerte figuren viser volumer og kostnader for uttak for halm, GROT, tynningsvirke og biogass. "Diffus" biomasse (ved) er også inkludert, men her er volumet kun et estimat. De lyseste kurvene viser kostnader og volumer dersom man må endre dagens drift for å nyttiggjøre dette volumet. Dette gjelder noe redusert nedpløyning av halm. Kildene til biobrensel med lavest uttakskostnad er halm, GROT og kloakkslam.

5.1 Noen mer overordnede betraktninger

I denne rapporten er det først og fremt fokusert på kostnader for råstoff. Det er viktig å vurdere slike kurver for å kunne se i hvilke grad et råstoff kan tenkes å kunne konkurrere (kostnadsmessig) eller ikke.

Det er også viktig å ta hensyn til at bioenergi skal tilpasse seg ulike markedsforhold, ikke bare innenfor energimarkedet. Røne kostnadskurver er ikke det samme som tilbudskurver, dvs. kurver som sier hvor store kvanta som blir tilbuddt ved ulike priser. Da må man dels ha med alternativverdien av råstoffet i annen anvendelse f.eks. som industriråstoff eller gjødsel (GROT), og også si noe mer om tilbyderatferd.

Dagens priser på for eksempel massevirke til industri, trenger ikke nødvendigvis å være den pris energisektoren kan få tak i eksisterende avvirkning av massevirke for. Dette fordi prisen vil presses opp når det oppstår konkurranse om råstoffet. Samtidig sier heller ikke dagens priser til industri noe om den pris som skal til for å utløse økt avvirkning - økt uttak krever økt pris.

Skogeiers tilbudskurve danner på et vis en langtidsgrensekostnad for råstoff til bioenergi, med de modifikasjoner importmulighetene representerer.

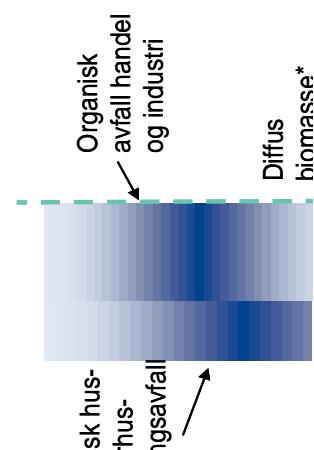
Uansett er det slik at en må regne med at økende bruk av bioenergi vil gi litt av alle følgende effekter:

- a) Øke råstoffprisen
- b) Øke uttaket av råstoff fra skogen
- c) Øke nettoimporten av virke
- d) Fortrente råstoff til industrien

Retningen på disse effektene er relativt entydige. Men styrken på dem avhenger av prisfølsomheten (helningen på kurvene) for både etterspørselen fra energisektoren og fra industrien, for skogeiers tilbud og for importtilbuddet. Disse forhold bør analyseres nærmere dersom man fra myndighetenes side vurdere å introdusere kraftigere virkemidler for økt bioenergibruk enn det man har i dag.

Halm, GROT, tynningsvirke og til dels også "diffus" biomasse tilbyr det billigste råstoffet, målt pr kWh. Siden det meste av dette har sin opprinnelse fra skogen, spiller skogbruket en nøkkelrolle i det å øke bioenergiproduksjonen. I denne sammenheng er det nok engang viktig å minne om at moderne hugst (sluttavvirkning) innebærer uttak av alle sortement samtidig, og at det er inntektene fra salg av alle disse som påvirker uttaket av tømmer. Er det gode priser for skurvirket til sagbrukene, og massevirke til papirfabrikkene, vil GROT kunne stilles til disposisjon for bioenergi

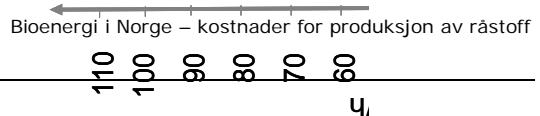
til gunstige betingelser. Er på den annen side etterspørselen etter både skurtømmer og massevirke svak, slik de er våren 2009, må bioenergiaktørene være innstiltt på å øke sin betalingsvillighet for at GROT, biovirke og til dels også tynningsvirke skal bli hentet ut.



.....

.....

.....



6 Kilder

1. KE-rapport 07/45 "Biomasseressurser i Norge"
2. Østlandsforskning: Bioenergi i Norge – potensialer, markeder og virkemidler (ØF rapport 17/2007)
3. "Markslag og skogstatistikk", NISL 2008
4. Notat "Biomasse for energiproduksjon under kraftlinjer 08.10.2007", Erik Trømborg, Nettskog AS
5. PM Steinar Karlsrud, Hafslund, 4/2/09 (PM: Personlig meddelelse)
6. PM Øistein Vildmyren, Statnett, 5/2/09
7. PM Morten Tangård, Jernbaneverket, 6/2/09
8. PM Geir Fauskerud, Baneteknikk AS, 4/2/09
9. Inst. for Skog og Landanskap, Simen Gjøldsjø
10. Hohle, Erik Eid, red. [2001]: Bioenergi - Miljø, teknikk og marked
11. NIJOS [2000]: Skog 2000. Statistikk over skogforhold og -ressurser i Norge
12. SSB: Skogstatistikk 2000-2007
13. St.meld nr 8 "Rikets miljøtilstand"
14. Ørbeck M. & Rydehell M. [1998]: Norsk trebrens til Sverige
15. SSB: diverse statistikk
16. Østlandsforskning: "Biobrens til Norge: marked, potensial, barrierer" (ØF-rapport 18/2003)
17. Norsk renholdsverks forening: "Energileveranser fra avfall-noe for vårt selskap?" (9/2004)
18. NVE: "EI-produksjon basert på biobrensler" (Oppdragsrapport 1/2004)
19. NVE: "Biomasse – nok til alle gode formål?" (KanEnergi 2006)
20. "Fra biomasse til biodrivstoff – Et veikart for Norges fremtidige løsninger" (PFI, TØI, Zero, NoBio, Kanenergi 2007)
21. "Potensialstudie for biogass i Norge", Østfoldforskning AS og Universitetet for Miljø- og Biovitenskap (UMB) (oppdragsrapport for Enova SF), oktober 2008
22. Faustzahlen Biogass 2007
23. Energistyrelsen: " Energi i Danmark 2007"

7 Terminologi

Avlut – (også kalt svartlut) utvinnes av kokevæsken (lut) en får ved fremstilling av cellulose. Avluten inneholder en del tørrstoff og brukes som brennstoff i treforedlingsindustrien.'

Biomasse - Organisk ikke-fossilt materiale av biologisk opprinnelse.

Balansekvantum – I forbindelse med skogens evne til å produsere tømmer brukes gjerne uttrykket balansekvantum. Balansekvantumet er den største mengden tømmer som kan hugges videre i fremtiden. Forutsetningen er da at en følger et på forhånd fastlagt skogbehandlingsprogram (dvs. et program som beskriver skjødselsaktivitetene planting, tynning, ungskogpleie mm.) Tall for brutto balansekvantum inkluderer grener og topper (GROT) , mens netto balansekvantum representerer kun tømmeret.

Bark – bark er deler av stammen som ligger utenfor veden. I voksne trær kan det deles inn i innerbark og ytterbark.

Biogass – Gassblanding dannet ved anaerob nedbryting av organisk materiale.

Biovirke – Se energivirke

Celluloseflis – Flis av en slik kvalitet at den kan benyttes som råstoff i celluloseindustrien. Finfraksjonen av celluloseflisa kalles ofte for møll. Denne er uegnet for cellulosekoking og kan brukes til brensel.

Deponigass – Biogass fra søppelfyllinger.

Diffus biomasse – Biomasse fra ikke-kartlagte biomasseressurser, for eksempel hageavfall

Energiskog – Areal med trær plantet og dyrket spesielt til brenselformål, ofte i korte omløp (3–6 år).

Energiutnyttelsesgrad – Den del av produsert energimengde som utnyttes. Eksempelvis vil andelen produsert varme fra avfall ikke utnyttes om sommeren når behovet er lite.

Energivirke - Råstoff til bioenergi, består av tømmer med lavest, dårligst kvalitet.

FAB – foredlet avfallsbrensel/foredlet alternativt brensel.

Flis – trebrensel der hoveddelen av materialet har største mål mellom 5 og 50 mm. Brenselflis er heterogen og kan ha ulike strukturer avhengig av hvilke råvarer den er sammensatt av, for eksempel brenselflis fra heltre, avvirkningsrester, stubber, industrielle biprodukter, samt fra gjenvunnet brensel.

GROT – Grener og topper (avfall fra tømmerhogst)

Halm – Halmen bærer det enkelte kornaks, og omfatter også det skjelett som kornet ligger i. I brenselsammenheng kan vi ha en rekke halmkvaliteter.

Hogstavfall – greiner, topper og stammevirke som blir liggende igjen på hogstflater etter avvirkning.

Husholdningsavfall – Del av det kommunale avfall som kommer fra husholdningene.

Massevirke – Skogsvirke til produksjon av tremasse og cellulose. Også kalt slipvirke.

Mulig økt anvendelse – Er benyttet i rapporten som betegnelse for potensialer innen ulike områder. Dette potensial er i de fleste tilfeller begrenset i forhold til et teoretisk potensial. "Mulig økt anvendelse" har teoretisk potensial som utgangspunkt, men reduseres av bl.a. praktiske og miljømessige årsaker.

Oljevekster – Aktuelle i Norge er ettårige planter som rybs, raps, lin, solsikke m.fl. Frøet inneholder 30–50 % fett.

Organisk avfall – fraksjoner av avfallet som er av biologisk opprinnelse. Organisk avfall består av våtorganisk (matavfall), slam og tørt organisk avfall. Våtorganisk avfall er lett nedbrytbart.

Pellets – Kort sylinder framstilt gjennom pressing av finfordelt materiale. Brenselpellets produseres oftest i matrisepresser, og har ofte en diameter mindre enn 25 mm.

Skogsflis – flis som fremstilles av hogstavfall og heltrær fra avstandsreguleringer og tynninger. Skogflisa kommer fra ubarket og ukvistet virke og blir derfor ikke så homogen som flis fra rent stammevirke.

Skur – Sagtømmer. Tømmer til produksjon av trelast i sagbruksindustrien.

Skurutbytte – Volum trelast i forhold til volum tømmer.

Slip – se massevirke.

Teoretisk potensial – Mengde biomasse produsert/tilgjengelig. Det tas ikke hensyn til tekniske eller økonomiske faktorer.

Torv – Organisk materiale som oppstår i fuktig og oksygenfattig miljø gjennom en ufullstendig nedbrytning av dødt plantemateriale. I brenselsammenheng finnes det flere torvkvaliteter.

Virkningsgrad - Forholdet mellom nyttiggjort energi og tilført energi i en omformingsprosess uten hensyn til energiens kvalitet.

Utgitt i Rapportserien i 2011

- Nr. 1 Samkøring av vind- og vasskraft. Betre utnytting av nett og plass til meir vindkraft (42 s.)
- Nr. 2 Årsrapport for tilsyn 2010. Svein Olav Arnesen, Jan Henning L'Abée-Lund, Anne Rogstad (36 s.)
- Nr. 3 Kvartalsrapport for kraftmarknaden. 4. kvartal 2010. Tor Arnt Johnsen (red.)
- Nr. 4 Evaluering av NVE sitt snøstasjonsnettverk. Bjørg Lirhus Ree, Hilde Landrø, Elise Trondsen, Knut Møen (105 s.)
- Nr. 5 Landsomfattende mark- og grunnvannsnett. Drift og formidling 2010. Jonatan Haga, Hervé Colleuille (41 s.)
- Nr. 6 Lynstudien. Klimaendringenes betydning for forekomsten av lyn og tilpasningsbehov i kraftforsyningen. (29 s.)
- Nr. 7 Kvartalsrapport for kraftmarknaden. 1. kvartal 2011. Tor Arnt Johnsen (red.) (69 s.)
- Nr. 8 Fornyelse av NVE hydrologiske simuleringssystemer (22 s.)
- Nr. 9 Energibruk. Energibruk i Fastlands-Norge (59 s.)
- Nr. 10 Økt installasjon i eksisterende vannkraftverk (91 s.)
- Nr. 11 Kraftsituasjonen vinteren 2010/2011 (70 s.)
- Nr. 12 Utvikling av regional snøskredvarsling. Rapport fra det første året. Rune Engeset (red.) (76 s.)
- Nr. 13 Energibruk. Energibruk i Fastlands-Noreg (59 s.)
- Nr. 14 Plan for skredfarekartlegging. Status og prioriteringer innen oversiktskartlegging og detaljert skredfarekartlegging i NVEs regi
- Nr. 15 Plan for skredfarekartlegging - delrapport Steinsprang, steinskred og fjellskred
- Nr. 16 Plan for skredfarekartlegging – delrapport jordskred og flomskred
- Nr. 17 Plan for skredfarekartlegging – delrapport kvikkleireskred
- Nr. 18 Plan for skredfarekartlegging – delrapport snøskred og sørpeskred
- Nr. 19 Kvartalsrapport for kraftmarknaden. 2. kvartal 2011. Tor Arnt Johnsen (red.) (70 s.)
- Nr. 20 Årsrapport for utførte sikrings- og miljøtiltak 2010. Beskrivelse av utførte anlegg (40 s.)
- Nr. 21 Alderseffekter i NVEs kostnadsnormer - evaluering og analyser (36 s.)
- Nr. 22 Pumpekraft i Noreg (252 s.)
- Nr. 23 Filefjell forskningsstasjon Evaluering av måledata for snø, sesongene 2009/2010 og 2010/2011 (65 s.)
- Nr. 24 Kvartalsrapport for kraftmarknaden. 3. kvartal 2011. Finn Erik Ljåstad Pettersen (red.) (86 s.)
- Nr. 25 Bioenergi i Noreg. Mot ein kostnadskurve for meir uttak.
Håvard Hamnaberg og Maria Sidelnikova (red.) (120 s.)



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

Norges vassdrags- og energidirektorat

Middelthunsgate 29
Postboks 5091 Majorstuen
0301 Oslo

Telefon: 09575
Internett: www.nve.no