Bioenergiressurser i skog

– kartlegging av økonomisk potensial

Even Bergseng, Tron Eid, Per Kristian Rørstad og Erik Trømborg, UMB

32
2012

RAPPORT

Bioenergiressurser i skog

kartlegging av økonomisk potensial

Norges vassdrags- og energidirektorat
2012

Rapport nr 32-3012

Bioenergiressurser i skog

Utgitt av: Norges vassdrags- og energidirektorat

Redaktør: Øivin Saanum

Forfattere: Even Bergseng, Tron Eid, Per Kristian Rørstad og Erik Trømborg; UMB

Trykk: NVEs hustrykkeri

Opplag: 20

ISBN: 978-82-410-0820-7

Sammendrag: Skog utgjør det største ressurspotensialet for bioenergi i Norge. Basert på simuleringer av skogutviklingen i Norge fremover, kostnader i bransjen og andre nærmere angitte forutsetninger, gis en analyse og kostnadskurver for økt uttak av bioenergi fra norsk skog.

Emneord: bioenergi, skog, energiressurs

Norges vassdrags- og energidirektorat
Middelthunsgate 29
Postboks 5091 Majorstua
0301 OSLO

Telefon: 22 95 95 95
Telefaks: 22 95 90 00
Internett: www.nve.no

Oktober 2012

Innhold

Forord 4

1 Innledning 5

1.1 Datagrunnlag 5
1.2 Forutsetninger og usikkerhet rundt ressurstilgangen 5
1.3 Metode 6
1.4 Resultater 6
1.4.1 Kommentarer til hver ressurskategori 8
1.5 Potensial og barrierer for bruk av bioenergi 9

2 Vedlegg: UMB sin rapport 13

Forord

Biomasse er en viktig energiressurs, og vi har sett at bruken av bioenergi har økt i de siste kalde vintrene. Interessen for bioenergi har også økt de siste årene, særlig i klimasammenheng. NVE ønsker derfor å bedre sin forståelse av bioenergi.

I arbeidet med bioenergi har NVE tidligere publisert flere rapporter som drøfter mengder, og den siste, "Bioenergi i Noreg" (NVE-rapport 25-2011), skisserte en kostnadskurve for økt uttak av bioenergi i forskjellige former. Dette er en varslet oppfølging av den forrige rapporten, som også vil følges av en rapport om bioenergi i industrielt avfall i 2013.

Skogen er den største kilden til bioenergi i Norge, og potensialet for økt uttak er også størst her. Den følgende analysen baserer seg på en modellering av skogen i Norge, og gir kostnadskurver for økt uttak, med nærmere angitte forutsetninger.

Bioenergi kan transporteres, kan lagres lenge og kan omdannes til andre energibærere, noe som gjør det velegnet for å erstatte fossile brensler. Det er likevel en energibærer som skaper kontroverser, blant annet knyttet til matproduksjon, biologisk mangfold, energieffektivitet ved konvertering, klimaeffekt og lokal forurensning.

NVE går ikke her inn i disse diskusjonene. Rapporten gir mengdepotensialer, som uansett er grunnlag for alle slike diskusjoner.

Universitetet for miljø- og biovitenskap har gjort analysene og skrevet rapporten som følger etter NVEs innledning. NVE takker for et godt samarbeid.

En takk også til Energibruksseksjonen i NVE ved Dag Spilde for tekst til "potensial og barrierer for bruk av bioenergi", og annen hjelp og støtte under arbeidet.

Oslo, september 2012

Marit Lundteigen Fossdal
avdelingsdirektør

Håvard Hamnaberg
seksjonssjef

1 Innledning

Bioenergi er en viktig energibærer i Norge, og det er et politisk mål å øke dette betydelig. Dette målet er bl.a. uttrykt i Olje- og energidepartementets bioenergistrategi fra 2008. NVE har derfor sett behov for å øke sin kunnskap innen dette området.

Skogen representerer den største bioenergiressursen i Norge. Sammenhengen mellom kostnader og uttaksvolumer fra skogen er viktig for å kunne anslå nyttbart potensial, og for å forstå mekanismene og sensitiviteten i dette volumet.

Denne rapporten er et ledd i en kartlegging av det teknisk-økonomiske ressurspotensialet for bioenergi i Norge. Tidligere estimater for bioenergipotensial og kostnader er beskrevet i NVEs rapport ”Bioenergi i Noreg” (25/2011), som også omhandler de andre relevante bioenergiressursene.

Rapporten, som er utarbeidet av Institutt for naturforvaltning ved UMB på oppdrag for NVE, viser at en sannsynlig utvikling i skogbruket fram mot 2020 vil medføre et potensial for uttak av rundt 7 TWh biomasse til energiformål. Dersom avvirkningen økes til netto balansekvantum, med hensyn tatt til miljørestriksjoner, er potensialet for økt uttak rundt 16 TWh. Faktisk realiserbare energivolumer vil være sterkt avhengig av pris, samt at næringskjedene må utvikles i forhold til dagens situasjon. I tillegg påvirker import og eksport av trevirke hogstvolumene i Norge, og dermed også tilgangen på energiflis.

Medregnet i tallene er også bioenergiressurser fra andre arealer, som kulturlandskap, kraftlinjetraseer, vei og jernbane. Estimatene for disse potensialene er basert på samme metodikk som for skog.

1.1 Datagrunnlag

Datagrunnlaget bygger på Landskogstakseringens datasett. Denne rapporten omhandler biomasseressurser fra skogen ned til fylkesnivå, som er sett på som den minste statistisk forsvarlige inndelingen ut fra de 22 000 prøveflatene som eksisterer som datakilder. Finnmark fylke er i ferd med å bli innlemmet i dette arbeidet, men data foreligger foreløpig ikke. Det er likevel gjort noen estimater over tilgangen på ved og energiflis og kostnader, også fra dette fylket.

1.2 Forutsetninger og usikkerhet rundt ressurstilgangen

Beregningene av tilgjengelige mengder og kostnader for skogsflis til energiformål er basert på flere antagelser. De mest førende er uttaksvolumer av massevirke og sagtømmer i de norske skogene fremover. I utgangspunktet vil bioenergi fra skogen i det alt vesentlige bestå av hogstavfall og rundvirke av lav kvalitet, som gjøres tilgjengelig gjennom ”vanlig” hogst. Ved økt betalingsvillighet for energivirke, eller lavere massevirkepriser, for eksempel som resultat av lavere aktivitet innen treforedlingsindustrien, ser man også at massevirke kan gå til energiformål.

Den største økonomiske driveren i aktivitetsnivået i skogbruket er sagtømmer, med priser rundt 50 til 100 prosent over prisen på massevirke. Etterspørselen etter denne kvaliteten vil dermed i stor grad være styrende for hvor mye bioenergi som kan gjøres tilgjengelig. Samtidig påpekes det at også andre elementer enn pris er vesentlige for uttak fra norske skoger, og at de årlige industrielle avvirkningsvolumene har ligget stabilt rundt 8 til 9 millioner m^3 i mange tiår.

Tømmer er en internasjonal handelsvare. Økt etterspørsel kan i stor grad dekkes gjennom import, og overskudd kan selges ut av landet. Det er derfor store usikkerheter rundt priselastisiteten i skogbruket ved betydelige endringer i uttak fra dagens nivå. Dermed er det også store usikkerheter rundt realismen i å gjøre tilgjengelig vesentlige mengder skogsflis ut over det som kan realiseres ved dagens aktivitetsnivå i skogbruket.

1.3 Metode

Skogens vekst og avvirkning blir simulert basert på datagrunnlaget samlet inn gjennom Landsskogtakseringen, samt størrelser som tømmerpriser, renter, og driftskostnader som funksjon av timepriser på maskinpark, bonitet, helning, avstand til vei etc.

Det er laget to scenarioer for avvirkningsnivåer i Norge. Et som representerer forventet tømmeruttak i årene som kommer, og et som representerer årlig balansekvantum. Det stående volumet i norske skoger vil øke framover, og dette vil i seg selv medføre økt hogst. Et årlig forventet uttak av tømmer fra norske skoger rundt år 2020 er beregnet til 12 millioner m^3, inklusive antatt 2 millioner m^3 vedhogst fra skogarealene. Dette representerer en økning på 15-20 prosent fra dagens avvirkning, og vurderes som et realistisk scenario. I det andre senarioet er øvre nivå for uttak begrenset til 17 millioner m^3, som representerer årlig balansekvantum etter at volumet er redusert som følge av forskjellige pålagte miljørestriksjoner. Dette scenarioet vil da gi den maksimale mengde bioenergi som kan hentes ut av skogen uten at ressursen minker over tid.

Kostnadene er regnet ut på to forskjellige måter. For rundvirke er det tatt utgangspunkt i massevirkepris levert bilvei, pluss kostnader for transport, flising og terminalkostnader. For GROT, tynningsvirke og flis fra andre arealer er verdikjeden fra og med innsamling i skogen til og med terminalkostnader tatt med, inklusive betaling til skogeier og administrative kostnader.

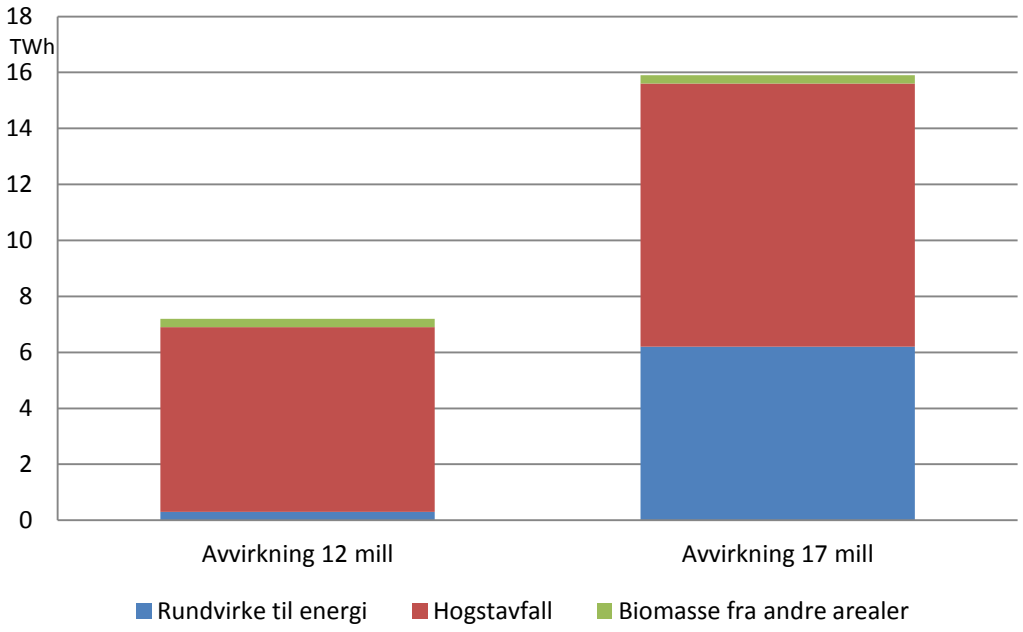
Kostnader for selve hogsten, tynning og rydding er ikke allokert til energiflisen. I kostnadsberegningene er det i tillegg tatt hensyn til terrengtype og biomassetetthet. Det er videre tatt utgangspunkt i at verdikjedene for energiflis er godt utviklet i hele landet. Offentlig støtte eksisterer både på investeringssiden og på produksjonssiden, men er sett bort fra i kostnadsberegningene i denne studien.

1.4 Resultater

Figur 1 viser det tekniske potensialet for økt uttak av biomasse til energiformål i 2020. I scenarioet med avvirkning på 12 millioner m^3 i 2020 er potensialet for økt uttak av bioenergi fra skog i overkant av 7 TWh. GROT utgjør her nesten hele volumet.

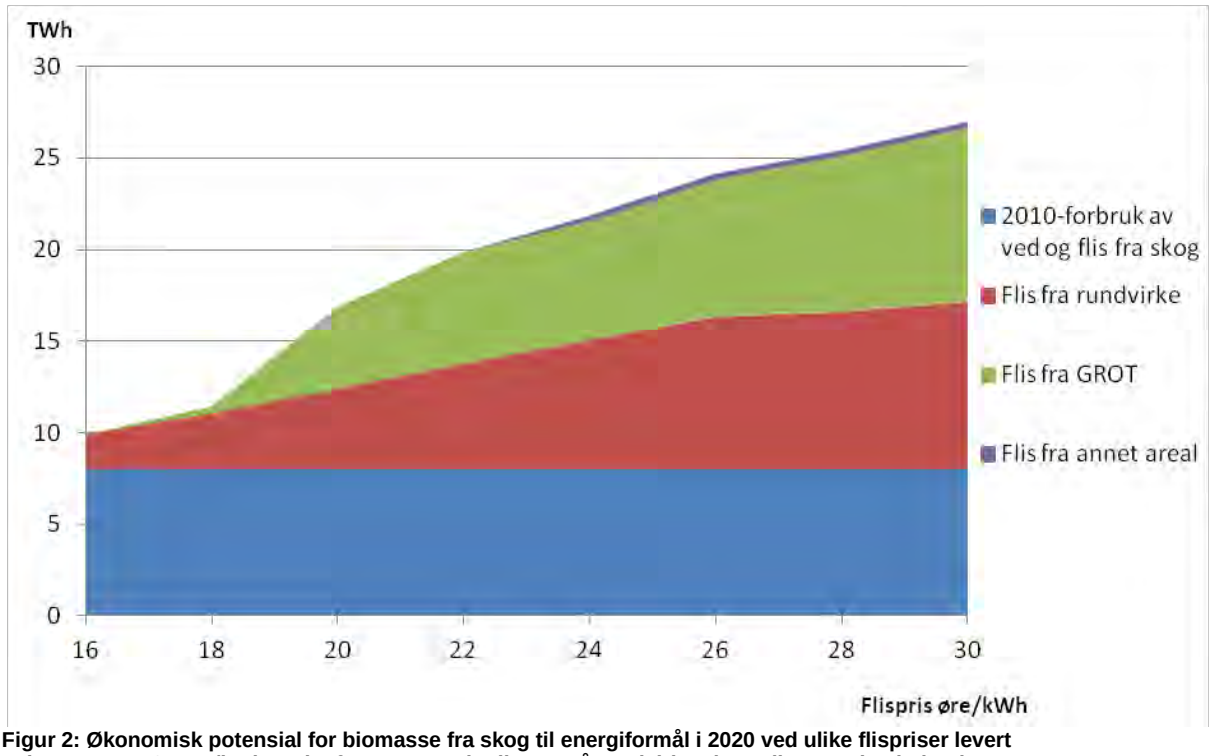
Forutsetningene er at massevirkeforbruket i industrien holdes på dagens nivå, og at flisprisen holdes under 30 øre/kWh.

Med de samme forutsetningene og avvirkning til balansekvantum, 17 millioner m^3, kan biomasse fra skogen til energiformål økes med ytterligere 9 TWh. GROT utgjør da fortsatt det viktigste bidraget, men flis fra massevirke, ut over dagens uttak til industrien, er også vesentlig.



Figur 1: Potensialet for økt uttak av biomasse til energiformål i 2020.

En samlet priskurve for uttak av biomasse til energiformål fra skog er vist i figur 2. En økt tilgang på energiflis i 2020 på 3,5 TWh er mulig ved en pris levert anlegg på 18 øre/kWh. Denne prisen representerer omtrent startpunktet for realisering av betydelige volumer GROT. Ved økt betalingsvillighet for GROT ut over dette, for eksempel ved rettede støtteordninger, kan vesentlig mengder av denne ressursen gjøres tilgjengelig uten en generell økning i avvirkningen.



Figur 2: Økonomisk potensial for biomasse fra skog til energiformål i 2020 ved ulike flispriser levert anlegg. F.o.m. 24 øre/kWh er det forutsatt at økt tilgang på rundvirke gir en tilsvarende økning i tilgangen på GROT.

Volumet ved 16 øre/kWh representerer basisscenarioet, med et avvirkningsnivå på 12 millioner m^3. Energimengden i "flis fra rundvirke" (rødt område) på ca 1,4 TWh, består av massevirke ut over det som omsettes i dag. En videre økning av energipotensialet fra rundvirke er basert på 1,0 prosent priselastisitet for massevirke. Det forutsettes videre at forholdet mellom sagtømmer og massevirke holdes konstant, slik at sagtømmeruttaket også øker tilsvarende. Mer hogstavfall fra både massevirke og sagtømmer gjøres tilgjengelig når avvirkningen øker.

En flispris på 30 øre/kWh, som gir en samlet tilgang (inkludert dagens uttak) på rundt 27 TWh, representerer et totalt hogstnivå på omtrent balansekvantum, 17 millioner m^3.

Dagens priser (2012) varierer, men ligger i det sentrale østlandsområdet rundt 22 øre/kWh for rå stammeflis, og 17 øre/kWh for GROT-flis. Innbakt i disse prisene er statlige tilskudd på flere nivåer. Den direkte støtten er organisert gjennom flisordningen i Statens Landbruksforvaltning, og er rettet mot skogeier. For 2012 er det bevilget totalt 39 millioner kroner, med følgende satser: 3,2 øre/kWh for GROT, 5,0 øre/kWh for flis fra landskapspleie, og 0,7 øre/kWh for førstegangstynning rundvirke.

Betaling til skogeier for uttak av GROT i en utviklet verdikjede er i beregningene satt til 3 øre/kWh, som er en god del høyere enn det som er dagens praksis.

1.4.1 Kommentarer til hver ressurskategori

Flis fra **rundvirke** er basert på uttak av massevirke utover dagens uttak til industri og eksport. Basert på 1 prosent priselastisitet og forventet/simulert utvikling av skogressursen, vil man med utviklede verdikjeder kunne realisere i overkant av 6 TWh

stammeflis til en pris under 23 øre/kWh. Trenden med aktivitetsnedgang i treforedlingsindustrien vil kunne bidra til en tilgangsøkning ut over dette.

Produksjon av flis fra **GROT** (greiner og topper) er blitt vanlig i Sverige og Finland, men er i Norge lite utnyttet. Tatt i betraktning at GROT utgjør rundt en tredel av biomassen i et felt tre, er potensialet for økt utnyttelse stort, også ved dagens tømmervolumer. Av miljømessige og driftstekniske hensyn vil uttaket måtte reduseres vesentlig, og en høstingsandel rundt 50 – 60 prosent er realistisk. Basert på en årlig hogst på 12 millioner m^3 vil en pris på rundt 17 øre/kWh kunne realisere ca. 3 TWh. Med en pris på 20 til 21 øre/kWh vil rundt 6 TWh kunne bli realisert, noe som nesten utgjør hele det tekniske potensialet.

Flis fra **"annet areal"** stammer fra bebygde områder, hyttefelt, kulturbeite, jordbruksområder, kraftgater, og kanter langs vei og jernbane. Analyser viser at disse arealene innehar 1,5 prosent av Norges samlede biomasseressurser, mens 98,5 prosent er knyttet til skog eller tresatt areal. Det samlede energipotensialet for segmentet ”annet areal” er beregnet til å være rundt 1,8 TWh per år. Noe vesentlig uttak av dette er ikke realistisk, bl.a. ut fra driftstekniske forhold, eierstruktur, og ikke minst kostnader.

I kostnadskalkylene er det tatt utgangspunkt i samme metodikk som ved innsamling av GROT, og kostnadene varierer mye mellom de forskjellige typer områder. Flis fra kulturbeite er rimeligst, med kostnad mellom 24 og 26 øre/kWh, og er den eneste kategorien som ligger lavt nok i pris til å falle innenfor kostnadskurven vist i denne figuren.

En del av støtteordningen til energiflisproduksjon er dedikert til disse arealene. I tillegg er det grunn til å anta at en god del av vedhogsten også foregår her. Det er derfor sannsynlig at en stor del av det lett tilgjengelige potensialet innen dette segmentet allerede er utnyttet.

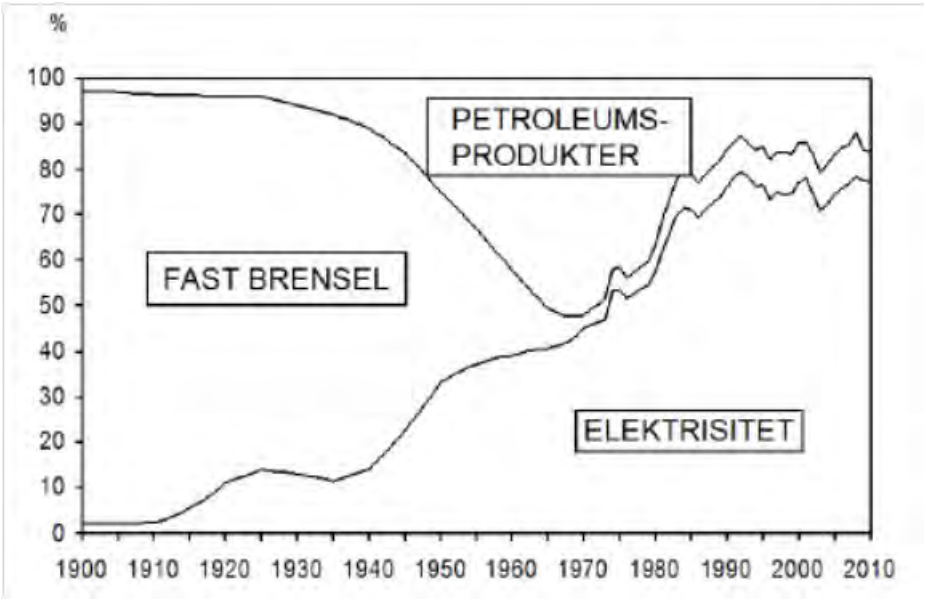
Potensialet for energiflis fra **ungskogpleie** og **førstegangs tynning** er beregnet til å ligge rundt 0,35 TWh på landsbasis. På tross av at kostnader for selve pleien og tynningen er holdt utenfor, blir ressursen svært dyr. Kalkylene er basert på samme metodikk som innsamling av GROT, dvs som en funksjon av biomassetetthet og transporttid til vei. Flisprisen varierer mellom 33 og 70 øre/kWh. Kostnaden er derfor så høy at dette segmentet faller utenfor kostnadskurven.

1.5 Potensial og barrierer for bruk av bioenergi

Selv om målet med denne rapporten er å vise det teknisk-økonomiske potensialet for økt uttak av skog til bioenergi, er det også interessant å se på hvilke potensial og barrierer som finnes for økt bruk av bioenergi i Norge.

Tradisjonelt er det to sektorer som har brukt mye bioenergi. Det er husholdningene med ved til oppvarming, og industrien som bruker flis, avlut og rivningsvirke som brensel i produksjonsprosesser. I husholdningene gikk bruken av ved kraftig ned fra midten av forrige århundre, og ble erstattet med petroleumsprodukter og strøm. Dette illustreres i figuren under. I 1973 nådde bruken av ved et historisk lavmål på 2,5 TWh. Siden har forbruket av ved økt gradvis til 7,9 TWh i 2002.

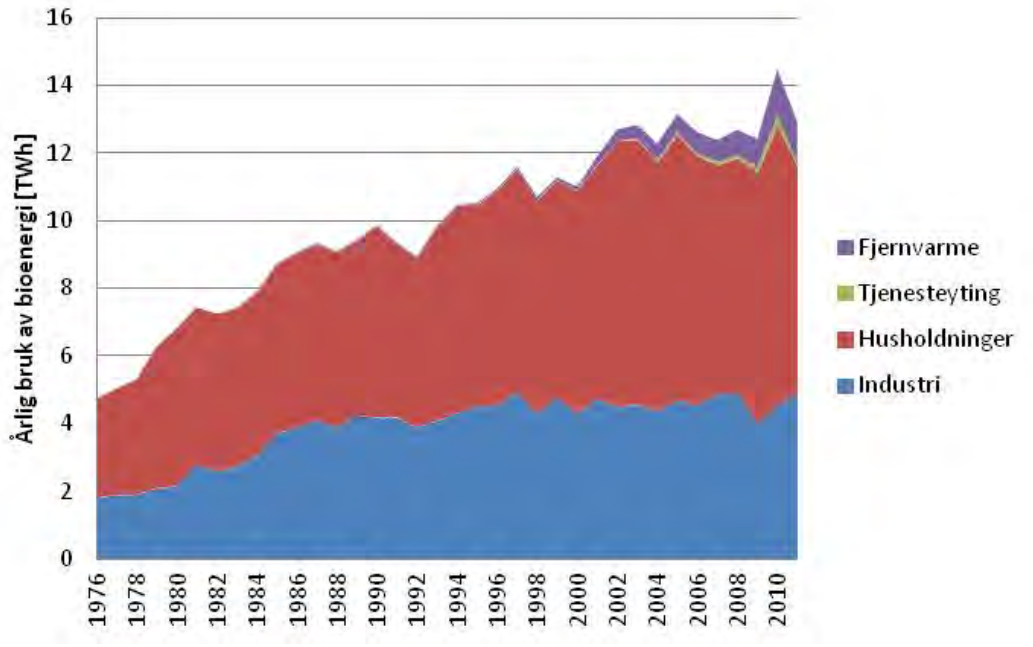
Siden 2002 har bruken av ved stabilisert seg på et nivå rundt 7-8 TWh. Unntaket var 2010 hvor forbruket var oppe i 8,3 TWh grunnet en svært kald vinter både i begynnelsen og slutten av året. Figur 3 under viser historisk fordeling av nyttiggjort energi mellom faste bredsler, elektrisitet og petroleumsprodukter. Kraftkrevende industri og transport er holdt utenfor.



Figur 3: Nyttiggjort energi utenom kraftintensiv industri og transport. Kilde: NVE

Det har også vært en økning i bruk av trevirke til energiformål i industrien. I 1976 ble det brukt 1,8 TWh bioenergi i norsk industri. Siden har dette steget til nesten 5 TWh fra slutten av 1990-årene. I 2009 var forbruket nede i 4,0 TWh på grunn av finanskrisen, mens det i 2011 var oppe i nesten 5 TWh igjen. I 2012 har det imidlertid blitt lagt ned to store bedrifter innen treforedling, Norske Skog Follum og Petterson Moss. Disse fabrikkene brukte til sammen nesten 1 TWh trevirke til bioenergi per år når de var i drift, slik at samlet forbruk av bioenergi i industrien vil være betydelig lavere fra 2012 og fremover.

I tillegg til de tradisjonelle brukerne av bioenergi er det de siste årene vokst frem to nye brukergrupper, produsenter av fjernvarme og produsenter av biodrivstoff. Mens det i år 2000 ble brukt 0,1 TWh trevirke til å lage fjernvarme i Norge, har dette vokst til over 1 TWh i 2010. Påbudet om innblanding av biodrivstoff i fossilt drivstoff har ført til en mangedobling av produksjon og bruk av biodrivstoff. I 2011 utgjorde salget av biodiesel og bioetanol 3,8 prosent av det samlede salget av bensin og diesel i Norge.



Figur 3: Forbruk av bioenergi i Norge utenom transport. Kilde: SSB

Når det gjelder fremtidig utnyttelse av bioenergi er det forhold som indikerer vekst og det er barrierer som begrenser dette. Faktorer som tilsier mer bruk av bioenergi i husholdningene (ved og pellets) er utfasing av oljefyrer og krav om at 40 til 60 prosent av oppvarmingsbehovet i nye bygg skal kunne dekkes med annet enn fossile energivarer og direktevirkende elektrisitet. Bioenergi er her et alternativ, men kan møte sterk konkurranse fra varmepumper. Barrierer mot økt bruk av ved er signalene fra Klimameldingen og Byggmeldingen om innføring av passivhus som standard fra 2015. I passivhus er behovet for oppvarming minimalt.

Satsingen på fjernvarme har vært betydelig det siste tiåret, og sektoren er i dag en viktig forbruker av bioenergi. Nye konsesjonssøknader er nå nærmest fraværende, så potensial for videre vekst i bioenergi ligger i bygging og igangsetting av anlegg som allerede har konsesjon, og konvertering til bioenergi fra andre energiformer for eksisterende anlegg. I kalde år, som 2010, blir det brukt 700 – 800 GWh fyringsoljer, diesel og flytende gass til å produsere fjernvarme. Deler av dette kan erstattes med bioenergi. I tillegg er det sannsynlig at nærvarmesektoren basert på bioenergi vil fortsette å vokse.

I industrien er det allerede lagt ned fabrikker som brukte mye bioenergi, og treforedling, som bruker mest bioenergi, sliter. Dette taler for en nedgang i industrien fremover. Det er likevel et relativt stort potensial innenfor denne sektoren. Analyse & Energi i Multiconsult har på oppdrag for Enova i 2012 utarbeidet en mulighetsstudie for økt bruk av bioenergi i industrien. Rapporten konkluderer med et økonomisk potensial på rundt 3,5 TWh, basert på en flispris på 22 øre/kWh, og alternativ energipris på 50 øre / kWh. Det økonomiske potensialet er sensitivt til pris på de alternative energiformene, og på byggekostnader for bioenergianlegg.

Biodrivstoff er produkter som representerer et relativt stort potensial for økt bruk av bioenergi. Fornybardirektivet pålegger Norge en fornybarandel på 10 % i transportsektoren innen 2020. Per i dag er det et påbud om 3,5 % biodrivstoff for veitransport, og en videre økning er en sannsynlig retning å gå for å nå fornybarmålet. Et

viktig element i dette er problematikken rundt fare for omdisponering av jordbruksarealer fra matproduksjon til bioenergiproduksjon, hvor EUs bærekraftskriterier blir sentrale. Den største utfordringen er allikevel å utvikle effektive storskala prosesser for konvertering av biomasse til biodrivstoff med vesentlig lavere konverteringstap og energiforbruk enn det som eksisterer i dag.

2 Vedlegg: UMB sin rapport

BIOENERGIRESSURSER I SKOG – KARTLEGGING AV ØKONOMISK POTENSIAL

Even Bergseng, Tron Eid, Per Kristian Rørstad og Erik Trømborg

Institutt for naturforvaltning
Universitetet for miljø- og biovitenskap
Postboks 5003, 1432 Ås

Forord

Denne rapporten er utarbeidet av forskere ved Institutt for naturforvaltning, Universitetet for miljø- og biovitenskap på oppdrag for Norges vassdrags og energidirektorat. Formålet med rapporten har vært å vise det tekniske og økonomiske potensialet for biomasse til energiformål fra skog på regional basis i Norge.

Vi takker for oppdraget og håper rapporten vil være et nyttig underlag for videre vurderinger av bioenergi i Norge i årene som kommer.

Ås, august 2012

Erik Trømborg

prosjektleder

Sammendrag

Klima- og energipolitiske målsettinger har sammen med økte energipriser gitt økt bruk av bioenergi i Norge. Det primære energiforbruket basert på biomasse har økt fra 14 TWh i 2007 til ca 17 TWh i 2010 og utgjør nå nærmere 8% av energiforbruket i Norge. Flere studier har vist at skogsektoren representerer det viktigste potensialet for økt bruk av biomasse til energiformål i Norge. Formålet med denne rapporten har vært å vise det tekniske og økonomiske potensialet for økt uttak av biomasse til energiformål fra skogressursene i Norge.

Landsskogtakseringens permanente prøveflater er brukt som utgangspunkt for beregningene. Materialet omfatter ca. 16 000 prøveflater under barskoggrensa. Omtrent 11 000 av disse ligger i skog, hvorav ca 8 700 i produktiv skog. Skogmodellen Gaya-J er brukt til å simulere fremtidig avvirkning. Basert på ett sett av regler for skogbehandlingen (foryngelse, ungskogpleie, tynning, avvirkning osv) beregner modellen mulige utviklingsbaner for hver prøveflatesom inngår i datagrunnlaget. Driftskostnader beregnes ut fra den enkelte skogenhetens egenskaper, som avstand til vei og terrenghelling. Skogbehandlingen optimaliseres ved at skogens økonomiske verdi maksimeres under gitte restriksjoner for utvikling i avvirkning over tid og miljøhensyn, både i den enkelte drift og verneområder og nøkkelbiotoper som er unntatt fra hogst. For å beskrive et scenario hvor dagens avvirkningsnivå fortsetter og danner grunnlaget for tilgangen på hogstavfall og rundvirke til energiproduksjon, har vi lagt restriksjoner på avvirkningen i modellen både nasjonalt og fylkesvis. Nasjonalt er avvirkning begrenset til 12 mill. m^3 per år fra og med år 2020 i basisscenarioet. Vi gjør også beregninger av balansekvantum på fylkesnivå som et øvre estimat på potensialet for bærekraftig avvirkning i Norge. Balansekvantumet angir den maksimale mengden tømmer som kan avvirkes per år uten å måtte redusere avvirkningen senere.

Grovt regnet blir bare 50% av trebiomassen tatt ut av skogen ved tømmerhogst. Biomassen som ikke blir tatt ut som tømmer er omtrent likt fordelt mellom stubber/røtter og andre tredeler (greiner, bar, topper og lignende -GROT). Disse tredelene kan brukes til energiformål, men utnyttelsen i Norge er liten selv om bruken er økende. Transport av hogstavfall består av flere operasjoner: opplessing, transport til velteplass, avlessing og retur til hogstflata. Produktiviteten i de ulike operasjonene er avhengig av skoglige forhold (transportavstand, terrengforhold og biomassetetthet), driftsopplegget ved hovedhogsten (hvordan hogstavfallet håndteres, f.eks hauglegging) og utstyret. Parametere for produktiviteten er hentet fra svenske og finske forsøk, mens data for de skoglige forholdene er hentet fra simuleringene i GAYA (biomassemengde) og beskrivelsen av prøveflatene i Landsskogtakseringen (terrengtransportlengde og terrengforhold). Kostnaden beregnes separat for hver behandlingsenhet som simuleres i GAYA (hver hogstflate). For å finne kostnaden i kr/tonn tørr stoff ved bilvei, multipliseres det beregnede tidsforbruket med en fast timepris (maskinkostnad). Timekostnaden er satt til 800 kr, men vi har gjort følsomhetsanalyser av denne forutsetningen. Vi har forutsatt at 60% av det teoretiske potensialet for hogstavfallet kan utnyttes pga praktiske begrensninger, slik som bruk av bar til å kjøre på, for liten velteplass, miljøhensyn mv.

Med dagens avvirkningsnivå, er samlet potensial for økt uttak av biomasse fra skog og utmark om lag 7 TWh, hvorav 6,5 TWh er fra hogstavfall. Resultatene viser at potensialet for økt bruk av biomasse fra skog i Norge er på nærmere 16 TWh innenfor dagens rammer for et bærekraftig skogbruk. Sentrale forutsetninger for realiseringen av dette potensialet er at forbruket av massevirke i

skogindustrien er på dagens nivå og at sagtømmeret som avvirkes har avsetning til om lag dagens priser. Nærmere 10 TWh av dette potensialet er hogstavfall. Utfordringen ved bruk av hogstavfall er at høyt innehold av askestoffer og varierende fuktighet gjør flis fra hogstavfall lite egnet i mindre forbrenningsanlegg. Hogstavfall har også høyere transportkostnader enn rundvirke og økt utnyttelse er avhengig av utvikling av effektive verdikjeder. I tillegg vil økt bruk av sagtømmer i Norge vil også gi økt tilgang på biprodukter fra trelastindustrien som gir en ytterligere økning i potensialet opp mot 3 TWh avhengig av hvor stor andel av sagtømmeret som brukes i Norge.

Årlig potensiell energiproduksjon fra andre arealer som kraftgater, kulturbeite, kantsoner, bebygde arealer mv, er beregnet til 1,8 TWh. Bare en mindre andel av dette er økonomisk drivbart. For det første vil det for en del av arealene være driftsteknisk umulig å ta ut biomassen. Det er selvsagt heller ikke sikkert at alle hytte- og hageeiere ønsker å ta ut biomasse fra eiendommene sine. Kostnadene ved uttaket av biomassen vil imidlertid være den viktigste årsaken til at anslaget må reduseres. En del av dagens vedforbruk og flis som omfattes av flistilskuddsordningen kommer fra hyttefelt, kulturbeite og bebygde områder, slik at en del av potensialet allerede er utnyttet.

Skogen i Norge eies av over 100 000 skogeiere som tar individuelle beslutninger ut fra mange kriterier. I praksis gir skogressursen stor fleksibilitet i hvor mye som avvirkes og når det avvirkes. Vi vet en del om hvilke faktorer som påvirker den samlede adferden, men betydningen av disse faktorene vil endres over tid. Samlet avvirkning inkludert ved har vært rundt 10 mill m^3 i flere tiår. Det må derfor skje nokså store adferdsmessige endringer dersom hele potensialet skal realiseres. Basert på forutsetninger om hvordan økt volum og pris påvirker avvirkningsnivået, viser våre analyser at dersom forbruket i skogindustrien forblir på dagens nivå og verdikjedene utvikles, vil en økt tilgang på 3,5 TWh fra skogressursene være realistisk frem mot 2020 ved en biomassepris levert anlegg tilsvarende 18 øre/kWh for stammeflis. Tilgangen kan øke med ytterligere 2,5 TWh til 6 TWh ved en flispris på 20 øre/kWh og ytterligere 3 TWh til 9TWh ved en flispris på 24 øre/kWh.

Modellapparatet som er anvendt for modellering av skoglig utvikling er omfattende, velprøvd og dokumentert gjennom flere tidligere forskningsprosjekter. Det er brukt et omfattende datamateriale gjennom et landsdekkende og representativt nett av prøveflater som dekker all skogbehandling og alle skogforhold i Norge. Selv om det alltid vil være usikkerhet knyttet til prognoser, er estimatene for framtidig biomasse og energiproduksjon presentert i rapporten basert på et solid empirisk fundament. Usikkerheten er derfor hvor mye av potensialet som vil utnyttes fremover og herunder hvordan skogsektoren vil respondere på økt etterspørsel etter biomasse både i Norge og fra utlandet.

Utviklingen i skogindustrien vil være bestemmende for om noe av dagens massevirke vil bli ”ledig” til energiformål og hvor mye av den potensielt økte avvirkningen av massevirke som vil gå til energiformål. Samtidig er det en utstrakt internasjonal handel med tømmer og økt avvirkning av massevirke eller redusert bruk av massevirke i Norge vil til en viss grad bli eksportert til Sverige. Denne markedsdynamikken skiller ressurskartlegging av biomasse fra tilsvarende analyser av vann- og vindressurser som i mindre grad har alternativ anvendelse både i tid og rom.

Våre analyser viser at skog er den viktigste ressursen for økt bruk av bioenergi i Norge. En økning av avvirkningen opp til balansekvantumet kan gi økte leveranser av biomasse til energiformål på om lag 16 TWh innenfor en fliskostnad på 30 øre per kWh levert anlegg. 60% av dette potensialet er

hogstavfall. Resten er massevirke ut over dagens bruk i skogindustrien. Bruken av bioenergi i Norge kan dobles innenfor en bærekraftig ramme. Samtidig er avvirkningen i Norge relativt stabil til tross for at ressurspotensialet er økende. Skal leveransene av biomasse øke, må hogstavfallet utnyttes i større grad eller avvirkningen øke. Økt pris gir alt annet likt økt avvirkning, samtidig vil økte biomassepriser reduserer etterspørselen etter bioenergi. Dersom verdikjedene utvikles og det fortsatt er avsetning for sagtømmeret, vil det være mulig å realisere om lag 8 TWh fra skog frem mot 2020 ved dagens biomassepriser.

INNHOLD

1 INNLEDNING 1

2 BIOMASSEPRODUKSJON PÅ SKOGAREALET 2

2.1 Skog som energiressurs 2

2.2 Avvirkning og skoglig utvikling 3

3 RUNDVIRKE TIL ENERGIPRODUKSJON 5

3.1 Energiinnhold i trevirke 5

3.2 Analyse av fremtidig avvirkning 6

3.3 Rundvirke til energiproduksjon 7

3.4 Kostnader 8

4 SEKUNDÆRE BIOMASSERESSURSER FRA SKOG 11

4.1 Greiner, rot og topp 11

4.2 Biomasse fra ungskogpleie og førstegangstynning 18

4.3 Andre biomasseressurser fra skog 19

5 SAMLET TILGANG 21

5.1 Potensialer 21

5.2 Tilgang av biomasse ved ulike priser 22

6 DISKUSJON OG KONKLUSJON 27

6.1 Materiale og metoder 27

6.2 Resultater 29

6.3 Konklusjon 30

7 VEDLEGG 34

Vedlegg 1. Skoglig utvikling 34

Vedlegg 2, Biomasse fra andre arealer enn skog 38

Vedlegg 3, Kommunevis tilgang 45

1 INNLEDNING

Klima- og energipolitiske målsettinger har sammen med økte energipriser gitt økt bruk av bioenergi i Norge. Det primære energiforbruket basert på biomasse har økt fra 14 TWh i 2007 til ca 17 TWh i 2010 og utgjør nå nærmere 8% av energiforbruket i Norge (SSB Energibalansen 2010). Det er i første rekke bruken av avfall og skogsflis i fjernvarmeanlegg som øker, mens bruken av ved i husholdningen svinger i takt med temperatur og strømpriser. Tabell 1 viser bruken av biobrensler i Norge i 2010.

Tabell 1. Anvendelse av biobrensler i Norge i 2010.

Brensel/ anvendelse	**Primær energiforbruk i Norge 2010, TWh**	**Anvendelse**
Ved[1]	7,0	Bruk i vedovner og peiser i husholdningen
Flis[3]	1,6	Hovedsakelig fjernvarmeanlegg, noe i mindre flisfyrings-anlegg (nærvarme og sentralfyring)
Avfall[3]	1,4	Fjernvarmeanlegg, noen kraft-/varme anlegg
Bioprodukter fra skogindustrien	4,5	Til interne varme- og tørkeprosesser
Pellets og briketter[2]	0,6	Ca 0,1 TWh er salg i små- og storsekk til pelletskaminer, det er øvrige bulk til sentral- og nærvarmeanlegg
Biogass[4]	0,2	Primært til transport
Biofyringsolje[6]	0,4	Spisslast i nær- og fjernvarmeanlegg
Biodrivstoff[5]	1,4	144,2 mill. liter biodiesel og 9,6 mill. liter bioetanol som i hovedsak blandes med fossilt drivstoff
Sum	**17 TWh**	

Kilder:

1. SSB: http://www.ssb.no/magasinet/miljo/
2. www.nobio.no Leveranser av pellets i småsekk og storekk er forutsatt brukt i pelletskaminer, pellets i bulk og briketter i nær- og fjernvarmeanlegg.
3. SSB Fjernvarmestatistikk. Det er forutsatt 60% biomasseandel i avfallet.
4. Kilde: http://ostfoldforskning.no/publikasjon/potensialstudie-for-biogass-i-norge-32.aspx
5. SSB, se http://www.ssb.no/vis/emner/10/10/10/petroleumsalg/arkiv/art-2011-03-16-01.html
6. Estimat basert på informasjon fra Hanne Kristoffersen i MBP Group. www.mbpgroup.eu

Bioenergistrategien fra Olje- og energidepartementet fra 2008 gir en målsetting om 14 TWh ny bioenergi frem til 2020 (Olje- og energidepartementet 2008). Realisering av denne målsettingen innebærer en samlet bruk av bioenergi på 28 TWh i 2020. Flere studier viser at skogsektoren representerer det viktigste potensialet for økt bruk av biomasse til energiformål i Norge. Berg et al. (2003) fant at potensialet for økt anvendelse av biomasse til energiformål var ca 30 TWh, hvorav 12-16 TWh skogbrensel, 3,7 TWh biprodukter i trelastindustrien, 4,5 TWh halm og kornavrens og 3 TWh biogass fra avfall. Bernard og Bugge (2006) fant at innenfor en kostnadsramme på 20 øre per kWh var potensialet for økt bruk av biomasse mellom 22 og 26 TWh. Av dette potensialet utgjorde

skogbrensel 12-16 TWh, flis fra trelastindustri 3,7 TWh og halm og kornavrens 2,5 TWh. De pekte på at kostnadene ved økt avvirkning og barrierer for økt avvirkning sammen med muligheter for å øke kapasiteten og etterspørselen etter sagtømmer i trelastindustrien var viktige ubesvarte spørsmål for økt utnyttelse av biomasse i Norge. Langerud et al. (2007) anslo potensialet fra jordbruk og avfall til å være om lag 5 TWh og at biomassebruk utover dette kan komme fra skogsektoren, men forutsetter at skogeierne sitter igjen med en større netto enn i dag for at dette skal kunne realiseres. Høyere biomassepriser eller lavere kostnader gjennom mer effektive driftssystemer kan bidra til dette, og utredningen pekte på at en biomassepris på 20 øre/kWh vil kunne gi økt tilgang på inntil 14TWh. I Klimakur (Norges vassdrags- og energidirektorat 2010) vurderes potensialet for bioenergi, og det pekes på et det vil være mulig å øke tilgangen på bioenergiressurser med 9 TWh til en kostnad under 30 øre/kWh, men også at økt etterspørsel etter bioenergi vil gi flere markedseffekter. Prisen på råstoffet vil øke, som igjen vil øke uttaket av råstoff på norsk jord og øke importen, samtidig som prisene på alternativ anvendelse av ressursen vil øke. Hamnaberg og Sidelnikova (2011) mener 14 TWh mer fra biomasse vil være mulig å realisere innenfor en kostnadsramme på 30 øre/kWh, men det krever økt hogst, tynning og utnyttelse av greiner og topper. Det pekes på at mens ressurspotensialet er godt kartlagt, er kostnadsestimatene svært usikre, og markedsforholdene gjør at en kostnadskurve for ulike biomassetyper ikke er det samme som en tilbudskurve for bioenergi.

Formålet med vår analyse er å vise det tekniske og økonomiske potensialet for biomasse til energiformål fra skog på regional basis i Norge. I Kapittel 2 gis en oversikt over skog som biomasseressurs. I Kapittel 3 analyseres tilgangen på rundvirke og hvilke volumer som kan gjøres tilgjengelig for energiformål ut fra ulike forutsetninger om fremtidig avvirkningsnivå. I Kapittel 4 analyseres tilgangen på sekundære biomasseressurser fra skog slik som greiner, topper, tynningsvirke og biomasse fra ulike rydde- og skjøtselstiltak. I Kapittel 5 analyseres samlet biomasse-tilgang ut fra ulike scenarioer for markedsutvikling i skogsektoren, mens Kapittel 6 inneholder diskusjon og konklusjon.

2 BIOMASSEPRODUKSJON PÅ SKOGAREALET

2.1 Skog som energiressurs

Det norske skogarealet er omtrent 120 000 km^2, eller omtrent 37% av det totale landarealet. Av dette regnes omtrent 76 000 km^2 som produktiv skog (SSB 2012). Tabell 2 viser fordelingen av biomasse angitt i TWh fordelt på produktiv skog, uproduktiv skog og andre arealer der det vokser trær (hyttefelt, kulturbeite, kraftlinjer kanter mot vei og jernbane, bebygde arealer og arealer knyttet til jordbruksområder). Analysen er basert på Løken et al. (2012) og er nærmere beskrevet i Kapittel 4.3. Det er tatt utgangspunkt i en brennverdi på 5,3 kWh/kg tørrstoff biomasse uansett arealtype og treslag og tallene gjelder for hele Norge unntatt Finnmark. 98,5% av biomassen og energimengden kommer fra arealer definert som skog eller tresatt areal, mens 1,5% kommer fra andre arealer.

Tabell 2. Biomasse, areal, biomassetetthet og energimengde for biomasse fra trær fordelt på ulike arealkategorier. Etter miljøhensyn. Kilde: Løken et al. (2012).

Arealtype	Areal (1000 ha)	Biomasse-tetthet (tonn/ha)	Energi-mengde (TWh)	% av energi-potensial
Produktiv skog	7 620	86,8	3507	90,7
Uproduktiv skog	2 320	22,8	280	7,2
Annet tresatt areal	8 594	0,5	25	0,6
Hyttefelt	47	33,3	8	0,2
Kulturbeite	196	15,5	16	0,4
Kraftlinjer	64	6,1	2	0,1
Kanter vei, jernbane etc.	198	6,3	7	0,2
Bebygde områder	389	6,3	13	0,3
Jordbruksområder	972	1,4	7	0,2
Totalt	**20 400**	**35,7**	**3865**	**100**

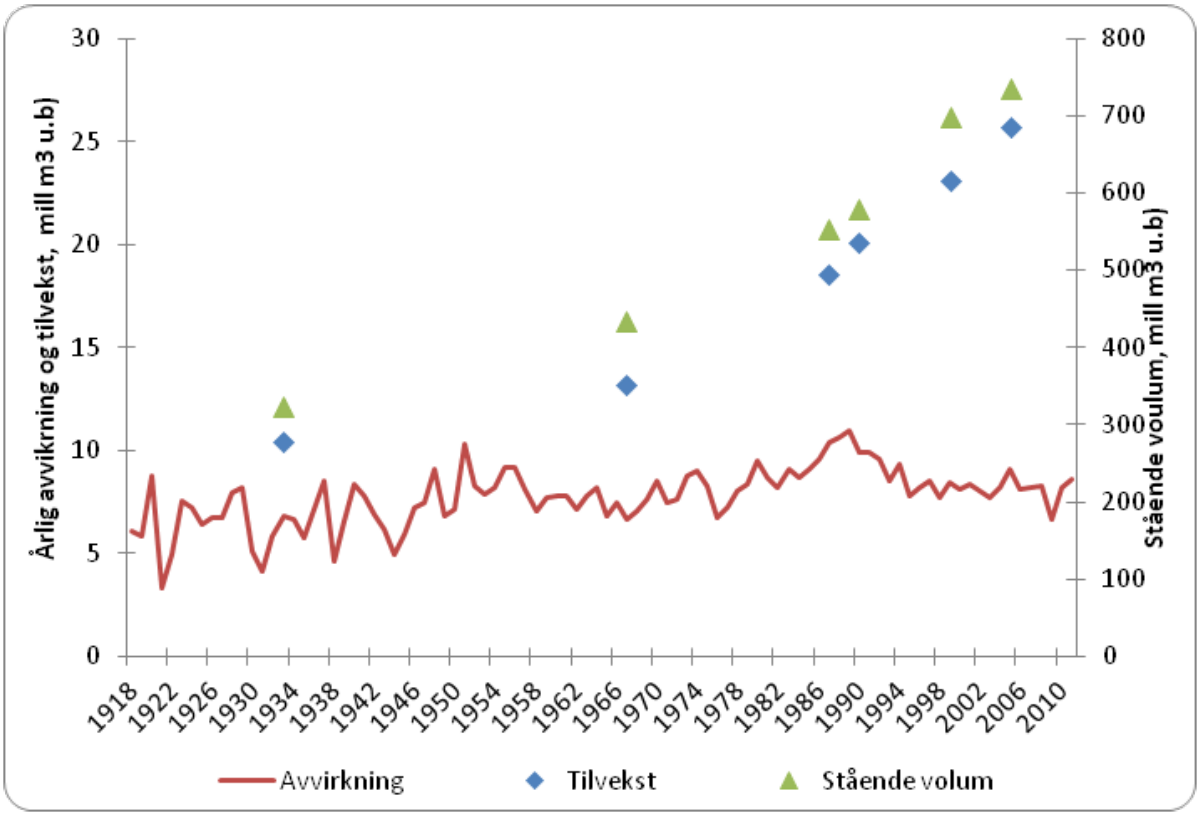
Landsskogtakseringen har beregnet stammevolumet på det produktive skogarealet til 842 mill. m^3. Total biomasse, dvs stamme, greiner og røtter, er om lag det dobbelte av dette. Tilveksten i stammevolum er beregnet til om lag 25 mill. m^3 per år i den siste tiårsperioden. Med et uttak på omtrent 8 mill. m^3 til industriell bruk og med 2-3 mill. m^3 til ved og husbruk, blir netto tilvekst i størrelsesorden 14-15 mill. m^3. Skogarealet er fordelt på omtrent 120 000 eiendommer. Hovedandelen av eiendommene er privat eid av personer. Gjennomsnittsstørrelsen på eiendommer er omtrent 500 dekar.

Faktorer som skogtilstand, driftskostnader, tømmerpris og forventninger om utviklingen i denne, rentenivå, skogeiers alder og tidspunkt for eiendomsoverdragelse påvirker avvirkningen fra den enkelte eiendom (Vennesland et al. 2006). Hvert sortiment (prima og sekunda skurtømmer og massevirke) og stokkdimensjon (størrelse på skurtømmerstokken) har forskjellige priser, slik at brutto tømmerpris for et bestand er et veid gjennomsnitt av verdien på de tømmerstokkene bestandet gir ved avvirkning. Hogstbeslutningen tas av den enkelte skogeier. Det er liten grad av koordinering mellom skogeiere, men skogeierorganisasjonene forsøker å samordne driftsapparat og transport.

2.2 Avvirkning og skoglig utvikling

Avvirkningen til industriformål i Norge har i perioden 1918 til 2011 i gjennomsnitt vært på 7,8 mill. m^3. Siden 1990 har avvirkningen til industriformål i gjennomsnitt vært på 8,0 mill. m^3. Den laveste avvirkningen i denne perioden var under finanskrisen i 2009 hvor nivået lå på 6,6 mill. m^3. Avvirkningen i 2011 var på 8,6 mill. m^3 (Statistisk sentralbyrå 2012 – skogavvirkningen). I tillegg kommer avvirkningen til ved som ikke er med i statistikken etter år 2006. Basert på konsument-undersøkelser beregnet Statistisk sentralbyrå vedforbruket i Norge til å være på 1 488 000 tonn, noe som ved 20% fuktighet tilsvarer ca 2,7 mill. m^3. Importen av ved har variert mellom 117 000m^3 og

293 000 m^3 de siste årene og var i 2011 på 286 000 m^3 (SSB utenrikshandelen 2012). 2,5 mill. m^3 er et anslag på samlet vedhogst i Norge, slik at samlet avvirkning i Norge er nærmere 11 mill. m^3. Samtidig har omlegging av skogskjøtsel og høy planteaktivitet fra 1950-tallet og utover gjort at årlig tilvekst er mer enn doblet etter andre verdenskrig og nå er på ca 25 mill. m^3. På grunn av økende alder på skogen vil tilveksten avta i tiden fremover. Den lave avvirkningen i forhold til tilveksten gjør at stående volum nesten er doblet på 40 år (Figur 1). En oversikt over utviklingen i stående volum, tilvekst og avvirkning til industriformål fordelt på fylke og treslag er gitt i Vedlegg 1 (Tabell V1).



Figur 1. Avvirking, tilvekst og stående volum under bark 1918-2011. Kilde: Landsskogtakseringen/SSB (2012).

Tømmerprisene har vært relativt stabile de siste 5 årene i nominelle verdier. Forholdet mellom leveranser av massevirke og sagtømmer svinger noe på grunn av avsetningsforholdene i trelast- og treforedlingsindustrien og tynningsaktiviteten. I gjennomsnitt har massevirkeandelen vært ca 41% for furu og 51% for gran i perioden 2006 til 2011. Furu massevirke har steget i pris fra 188 kr/m^3 i 2006 til 286 kr/m^3 i 2011, noe som er på nivå med massevirke gran som hadde en gjennomsnittspris på 293 kr/m^3 levert bilveg i 2011 (SSB 2012). En hovedforklaring på dette er trolig økt etterspørsel etter biomasse i Europa. De reelle tømmerprisene har vist en langsiktig nedadgående trend og er mer enn halvert de siste femti årene. Økt tilgang på tømmer og mekanisering/effektivisering er hovedforklaringene på at avvirkningen har holdt seg på et stabilt nivå til tross for fallet i reelle tømmerpriser. Tabell 3 viser historisk avvirkning på fylkesnivå for perioden 1980-2009.

Tabell 3. Fylkesvis historisk industriell avvirkning Kilde: SSB. Alle tall i mill. m^3.

Fylke		1980-1984	1985-1989	1990-1994	1995-1999	2000-2004	2005-2009	Snitt
1	Østfold	0,46	0,48	0,44	0,4	0,45	0,50	0,46
2	Akershus	0,74	0,77	0,73	0,65	0,59	0,55	0,67
3	Oslo	0,06	0,06	0,04	0,05	0,04	0,03	0,06
4	Hedmark	2,01	2,6	2,29	2,05	2,08	2,25	2,21
5	Oppland	0,96	1,24	1,08	1,01	0,98	1,04	1,02
6	Buskerud	1,02	1,04	0,98	0,86	0,84	0,92	0,93
7	Vestfold	0,39	0,35	0,29	0,29	0,23	0,30	0,31
8	Telemark	0,97	0,87	0,76	0,68	0,62	0,57	0,75
9	Aust-Agder	0,45	0,48	0,39	0,37	0,32	0,29	0,38
10	Vest-Agder	0,12	0,15	0,14	0,14	0,13	0,14	0,14
11	Rogaland	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,07	0,04
12	Hordaland	0,06	0,09	0,08	0,07	0,04	0,07	0,07
14	Sogn og fjordane	0,06	0,08	0,09	0,07	0,06	0,05	0,07
15	Møre og Romsdal	0,08	0,13	0,19	0,08	0,06	0,07	0,10
16	Sør-Trøndelag	0,26	0,34	0,37	0,29	0,24	0,26	0,29
17	Nord-Trøndelag	0,62	0,72	0,74	0,54	0,45	0,46	0,59
18	Nordland	0,17	0,20	0,15	0,11	0,13	0,12	0,15
19	Troms	0,04	0,05	0,04	0,04	0,01	0,00	0,00
Totalt		**8,49**	**9,69**	**8,85**	**7,71**	**7,31**	**7,70**	**8,29**

3 RUNDVIRKE TIL ENERGIPRODUKSJON

3.1 Energiinnhold i trevirke

Energiinnholdet i trevirke er avhengig av innholdet av tørrstoff og fuktighet. Basisdensiteten angir forholdet mellom tørr masse og rått volum (kg tørrstoff per fastkubikkmeter, kg t.s./fm^3), og varierer mellom treslag og med beliggenhet, høyde over havet, alder på treet mv.

Rent og tørt trevirke har en typisk brennverdi på 5,32 kWh/kg t.s., mens bark har en brennverdi på 5,11 kWh/kg t.s. Effektiv brennverdi (H_e) per fastkubikkmeter (fm^3) trevirke kan angis med formelen;

H_e= (5,32-0,69*(F_r/(1-Fr)*M

Hvor F_r er fuktighetsinnholdet (som andel) og M er basisdensiteten. Tabell 4 viser effektive brennverdier brukt i analysene i denne rapporten.

Tabell 4. Brennverdier anvendt i analysene. Det er forutsatt 30% fuktighetsinnhold på flis fra rundvirke og 35% på greiner, rot og topp.

Råstoff	Basisdensitet kg t.s./fm^3	Anvendt effektiv brennverdi per fm^3
Gran	380	1 900
Furu	440	2 200
Lauvvirke	490	2 400
Tømmer inklusiv bark		2 000
Greiner og topp	400	2 000
Bark	325	1 600

3.2 Analyse av fremtidig avvirkning

Metode

Vi benytter Landsskogtakseringens permanente prøveflater som utgangspunkt for beregningene (Skog og Landskap 2012). Landsskogtakseringens data er samlet inn fra permanente prøveflater som er lagt ut over hele landet i et forband på 3x3 km. Totalt er det ca. 16 000 prøveflater under barskoggrensa. Omtrent 11 000 av disse ligger i skog, hvorav ca 8 700 i produktiv skog. Skogen i Finnmark blir nå også taksert av Landskogstakseringen, men resultater for Finnmark blir først tilgjengelig høsten 2012 og er ikke med i våre hovedberegninger. Det blir likevel gitt et anslag av potensialet for uttaket til energiformål i dette fylket.

Vi benytter skogmodellen Gaya-J til å simulere vekst og avvirkning. Se for eksempel Bergseng et al. (2012) for en presentasjon av modellen. Basert på et sett av regler for skogbehandlingen (foryngelse, ungskogpleie, tynning, avvirkning osv) beregner modellen mulige utviklingsbaner for hver enhet (prøveflate) som inngår i datagrunnlaget. Fremskriving av skogens utvikling baserer seg på ett sett funksjoner. Tømmerpriser og kapitaliseringsrentefot er eksogent gitt. Driftskostnader beregnes ut fra den enkelte skogenhetens egenskaper, som avstand til vei og terrenghelling. Skogbehandlingen optimaliseres ved at skogens økonomiske verdi maksimeres under gitte restriksjoner for utvikling i avvirkning over tid samt miljøhensyn. Dette gjøres ved hjelp av lineær programmering. Modellen er kjørt for 10 perioder av 10 års lengde. Avkastningskravet er 3% p.a. Tømmerprisene er satt til 500 og 250 kr/m^3 for henholdsvis gran skurtømmer og massevirke, 450 og 200 kr/m^3 for furu skurtømmer og massevirke, og 300 og 100 kr/m^3 for lauv skurtømmer og sams virke. Driftskostnadene tar utgangspunkt i forutsatte maskinkostnader på 1250, 1300 og 800 kroner/time for henholdsvis hogstmaskin, taubaneutstyr og lassbærer.

For å beskrive et scenario hvor dagens avvirkningsnivå fortsetter og danner grunnlaget for tilgangen på hogstavfall og rundvirke til energiproduksjon har vi lagt restriksjoner på avvirkningen i modellen både nasjonalt og fylkesvis. Nasjonalt er total avvirkning begrenset til 12 mill. m^3 per år f.o.m år 2020. I Klimakur er det antatt at hogsten vil økt til 13 mill. m^3 per år med dagens virkemiddel. Avvirkningen har ikke vist noe stigende trend de siste årene, og tømmerprisene har vært fallende i faste priser. Vi ser det derfor som usannsynlig at avvirkningen vil stige til mer enn 12 mill. m^3 per år.

For hvert fylke er øvre grense for avvirkningen satt til 20% over historisk gjennomsnittlig industriell avvirkning for perioden 1980 til 2009 som beskrevet i Tabell 4 ovenfor. Utover i periodene får avvirkningen variere med ±10% mellom perioder. For fylkene Rogaland, Hordaland, Sogn og fjordane og Møre og Romsdal, kan avvirkningen øke med inntil 20% mellom perioder.

Vi gjør også beregninger av balansekvantum på fylkesnivå for å estimere et øvre bærekraftig potensial for avvirkningen i Norge. Balansekvantumet angir den maksimale mengden tømmer som kan avvirkes per år uten å måtte redusere avvirkning senere. Maksimeringen av skogens verdi gjøres da under forutsetning om at avvirkningen ikke skal synke i noen av fylkene. Summen av dette viser seg å bli svært lik det nasjonale balansekvantumet, men ved balansekvantumsberegning på nasjonalt nivå vil avvirkningskvantumet i hvert fylke variere en god del fra periode til periode. Årsaken til at balansekvantumet ligger under dagens tilvekst skyldes at en andel av tilveksten er i yngre skog som ikke bør sluttavvirkes, samt miljøhensyn og at en andel går bort i topper, avkapp, råte mv.

Miljøhensyn i henhold til kravene som ligger i skogbrukets miljøsertifiseringssystem – Levende Skog – er implementert i modellen (se Søgaard et al. 2012). Det betyr bant annet at det tas hensyn til vernede arealer og at skogbehandlingen er i henhold til Levende Skog.

3.3 Rundvirke til energiproduksjon

Nasjonalt balansekvantum uten miljørestriksjoner er beregnet til 19 mill. m^3/år. Dersom vi inkluderer miljørestriksjonene blir nasjonalt balansekvantum omtrent 17 mill. m^3/år. Miljøhensyn gir med andre ord en reduksjon på omkring 12% i avvirkningsvolum. Til sammenligning har Gjølsjø og Hobbelstad (2009) beregnet brutto balansekvantum til omtrent 17 mill. m^3 per år, og de har anslått fradraget som følge av miljøhensyn til 10%. Tabell A2 og og A3 i vedlegget viser fylkesvis fordeling av avvirkningen for basisscenarioet med avvirkning 12 mill. m^3/år og fylkesvis balansekvantum (~17 mill. m^3/år på nasjonalt nivå).

Tabell 5 viser anslått mengde tilgjengelig energi fra "overskytende" massevirke for årene 2020, 2030 og 2050. Potensialet for økte leveranser av rundvirke til energiformålframkommer som massevirkekvantum i perioden fratrukket dagens omsatte massevirkekvantum. Vi forutsetter altså at skogindustriens forbruk av tømmer er det samme i fremtiden som i dag. Dette er så regnet om til energi. Dersom avvirkningen økes til balansekvantumet vil mellom 6 og 7 TWh mer rundvirke være tilgjengelig til bioenergi sammenlignet med dagens nivå (Tabell 5).

Tabell 5. Avvirkning av massevirke og ved, samt beregnet tilgjengelig energi (TWh) fra rundvirke i 2020, 2030 og 2050 for fylkesvis balansekvantum. Fremkommer som massevirke i hver periode fratrukket dagens leveranser av massevirke til skogindustri og vedforbruk fra produktiv skog. Brennverdi 2000 kWh/m^3.

	Fylke	**Avvirkning av massevirke, gjennomsnitt 2001-2010, 1000 m^3**	**Antatt mengde rundvirke til energiformål 2010, 1000 m^3 1)**	**Potensiale for økt leveranse av rundvirke til energiformål, TWh**		
				2020	**2030**	**2050**
1	Østfold	230	47	0,27	0,21	0,30
2	Akershus	257	78	0,33	0,65	0,54
3	Oslo	12	5	0,07	0,07	0,08
4	Hedmark	915	2259	0,91	0,92	0,77
5	Oppland	473	160	0,62	0,43	0,70
6	Buskerud	434	151	0,18	0,45	0,51
7	Vestfold	144	95	0,10	0,17	0,08
8	Telemark	280	217	0,32	0,50	0,49
9	Aust-Agder	139	66	0,38	0,45	0,33
10	Vest-Agder	69	72	0,41	0,56	0,49
11	Rogaland	28	48	0,20	0,21	0,28
12	Hordaland	30	75	0,58	0,48	0,60
14	Sogn og fjordane	19	67	0,33	0,38	0,53
15	Møre og Romsdal	26	133	0,46	0,44	0,42
16	Sør-Trøndelag	110	76	0,35	0,35	0,39
17	Nord-Trøndelag	221	75	0,69	0,58	0,42
18	Nordland	69	121	0,50	0,31	0,20
19	Troms	6	169	0,30	0,21	0,08
20	Finnmark[2]	-	50	0,05	0,05	0,05
	Totalt	**3 462**	**1 962**	**7,1**	**7,4**	**7,3**

1) Leveranser av ved fra skog er forutsatt å være 50% av tilveksten for lauv, 5% for gran og 10% av for furu innen hvert fylke.

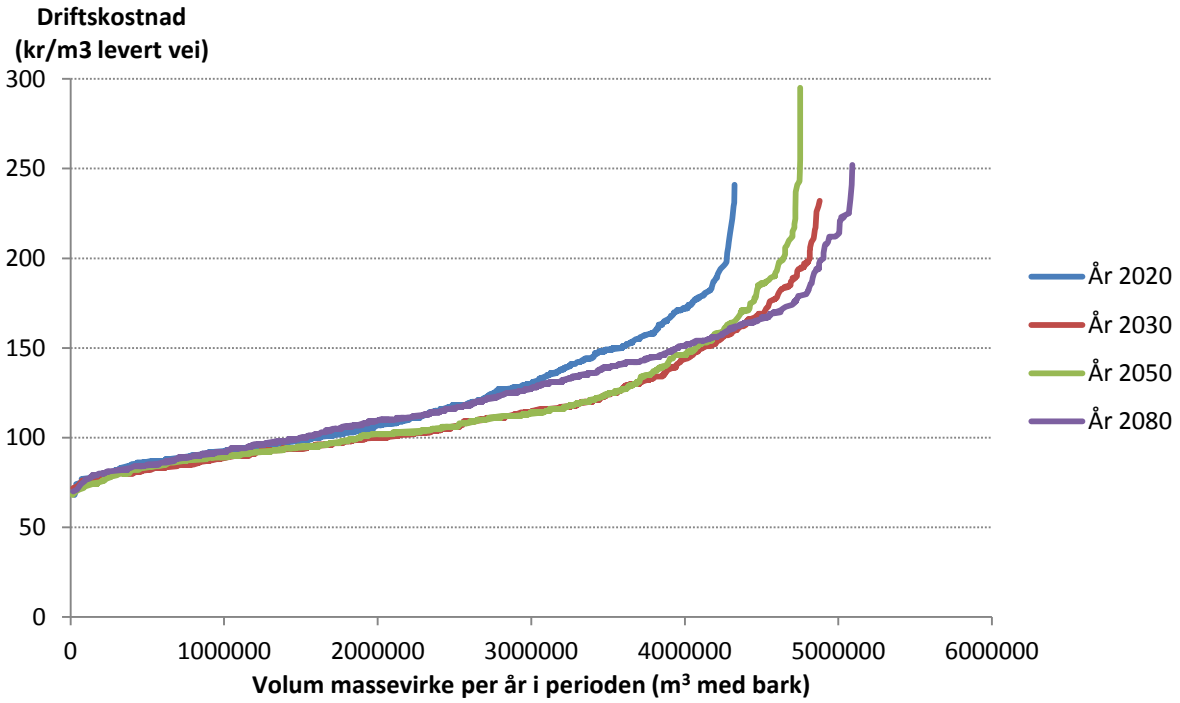
2) Arealstatistikk for Skog og Landskap viser at det produktive skogarealet i Finnmark er på 660 000 daa, dvs ca 0,9% av den produktive skogen i Norge. Finnmark har til nå ikke vært med i datamaterialet fra Landskogtakseringen. Dette er endret og fylkestall for Finnmark skal etter planen publiseres i løpet av 2012. Foreløpige tall viser at årlig tilvekst på produktiv skog i Finnmark er ca 160 000 m^3. Troms har til sammenligning en tilvekst på ca 560 000 m3. SSB rapporterer nyttiggjort energi fra ved i Finnmark på 50-80 GWh, som tilsvarer en avvirkning på ca 35-55 000 m^3. Lang transport og lav biomassetetthet per areal begrenser det økonomiske potensialet i Finnmark, et estimat er at potensialet for økt biomasseutak er 40-50 000 m^3 eller om lag 50 GWh.

3.4 Kostnader

Driftskostnader

Figur 2 viser kostnads-/mengde-kurver for massevirke i 2020, 2030, 2050 og 2080. Figuren angir hvilke volumer som er teknisk tilgjengelige ved forskjellige driftskostnadsnivåer. Tabell 6 viser volumveide, gjennomsnittlige driftskostnader fordelt på periode og fylke. Både tabellen og figuren viser et stabilt nivå på driftskostnadene, men med noen endringer avhengig av avvirkningsnivå. Disse endringene skyldes at type skog som avvirkes varierer fra periode til periode. Skogen som ble plantet på 50- og 60 tallet vil bli hogstmoden frem mot 2050 og vil i gjennomsnitt ha kortere driftveglengde

og høyere bonitet enn skogen som hogges frem mot 2020, samtidig som avvirkningen på Vestlandet kan øke.



Figur 2. Kostnads-/mengde-kurver for massevirke i basisscenariet i år 2020, 2030, 2050 og 2080.

Tabell 6. Volumveid gjennomsnittlig driftskostnad for rundvirke fordelt på fylke og periode, kr per m^3.

	Fylke	2020	2030	2050	2080
1	Østfold	106	106	113	103
2	Akershus	115	127	120	123
3	Oslo	124	159	153	126
4	Hedmark	118	115	117	123
5	Oppland	122	122	128	136
6	Buskerud	136	133	139	141
7	Vestfold	116	114	113	106
8	Telemark	129	155	150	161
9	Aust-Agder	140	143	146	161
10	Vest-Agder	123	142	150	160
11	Rogaland	144	166	168	160
12	Hordaland	148	156	151	188
14	Sogn og fjordane	170	164	182	176
15	Møre og Romsdal	143	133	150	161
16	Sør-Trøndelag	152	169	147	160
17	Nord-Trøndelag	163	136	132	166
18	Nordland	167	143	146	159
19	Troms	167	190	158	149

Transport

Skog og bioenergisektorene er transportintensive bransjer. Massevirke transporteres i dag om lag 70 km på bil i gjennomsnitt, mens sagtømmer transporteres om lag 60 km. Transportavstanden for rundvirke til bioenergi vil variere fra fylke til fylke avhengig av skogtilstand og befolkningstetthet. Generelt vil økt utbygging av bioenergianlegg gi lavere transportavstander.

Vi har i denne rapporten brukt følgende funksjon for beregning av transportkostnad for rundvirke per kubikkmeter:

*24kr + (0,6 kr/km)*antall km*

Det innebærer at 40 km vegtransport koster kr 48 per kubikkmeter eller om lag 2,4 øre per kWh, mens 100 km biltransport koster 84 kr eller 4,2 øre per kWh. Transport med jernbane innebærer at tømmeret må på bil først, men lavere kostnad per km gjør at bruk av jernbane er lønnsomt over ca 130 km transportavstand. I 2010 ble ca 15% av flisa og 30% av massevirket i Norge transportert på bane . De fleste transportene på bane skjer på Østlandet og i Trøndelag (Statens landbruksforvaltning og Jernbaneverket 2010). Transport på båt koster fra kr 100 per m^3, men krever leveranser av større partier (anslagvis 3000 m^3). Transportkostnaden over er basert på data fra 2007, trolig har kostnaden økt noe de siste årene, men kan også tenkes å reduseres noe i årene som kommer pga bedre vegstandard.

Flising, lagring og terminalkostnader for rundvirke til energiproduksjon

Rundvirke må bearbeides før det kan brukes i bioenergianlegg og aktuelle biobrensler til varme og kraftproduksjon er energiflis og ved. Rundvirke flises vanligvis på terminal eller ved større anlegg. Mellomlagring på terminal innebærer ekstra losse- og lessekostnader og lagerkostnader. Kostnaden for flising av massevirke på terminal eller større anlegg er i størrelsesorden 50-80 kr per m^3 eller 2,5-3,5 øre per kWh. Omlastingskostnadene er i størrelsesorden 30 kr per m^3 (1,5 øre/kWh) og øvrige terminal/lagringskostnader 1-3 øre/kWh. Bruk av terminal kan også innebære økt transportavstand. Samlet sett kan terminalkostnadene være i størrelsesorden 2 til 6 øre per kWh. Samlede kostnader for energiflis levert anlegg vises i Tabell 7. Som det fremgår av tabellen kan kostnadene for energiflis levert anlegg komme ned mot 16 øre per kWh ved kort transport og uten bruk av terminal.

Tabell 7. Kostnader for energiflis basert på rundvirke.

Kostnadsfaktor	Kostnad kr per m^3	Kostnad øre/kWh
Massevirke levert bilveg	200-250	10-12,5
Transport	30-80	1,5-4
Flising	50-80	2,5-3,5
Terminalkostnader	(0)50-90	2,5-4,5
Sum	**330-500**	**16,5-25**

4 SEKUNDÆRE BIOMASSERESSURSER FRA SKOG

4.1 Greiner, rot og topp

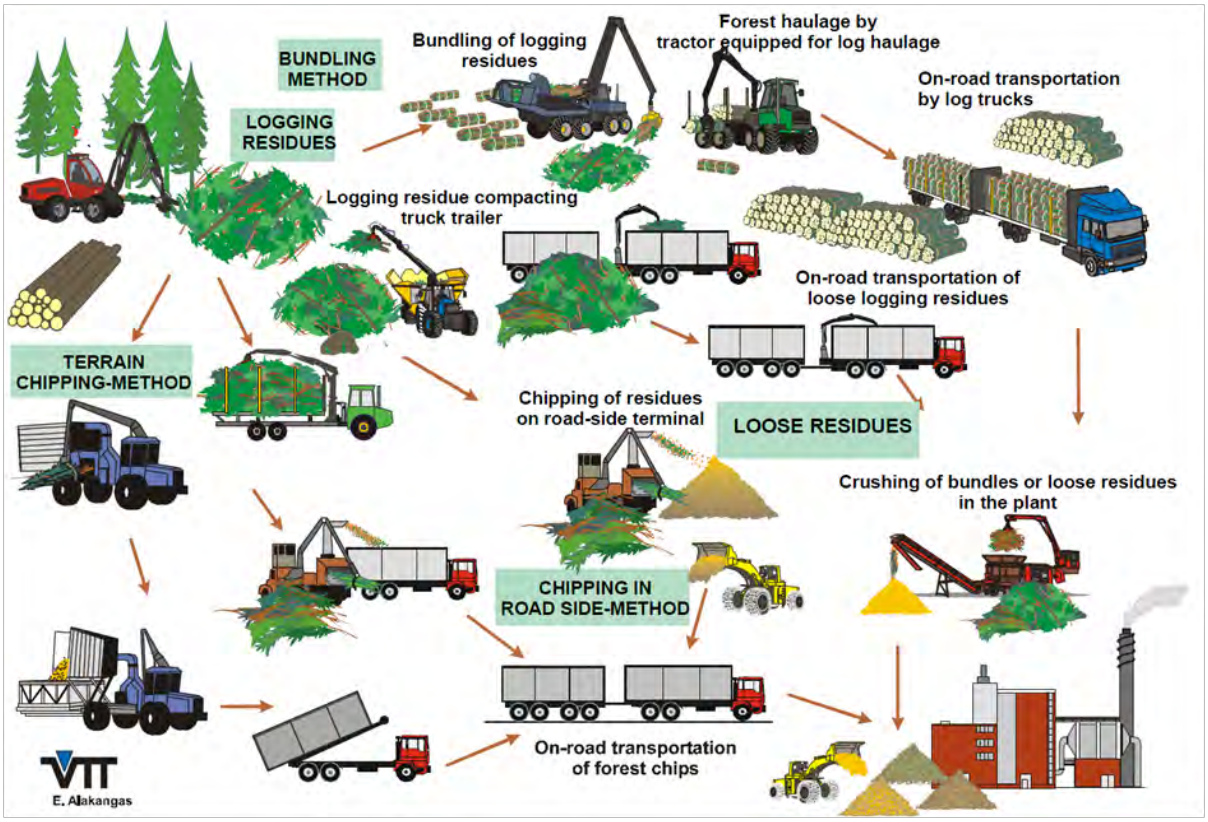
Ressurs

Grovt regnet blir bare 50% av trebiomassen tatt ut av skogen ved tømmerhogst. Biomassen som ikke blir tatt ut som tømmer er omtrent likt fordelt mellom stubber/røtter og andre tredeler (greiner, bar, topper og lignende -GROT). Disse tredelene kan brukes til energiformål, men utnyttelsen i Norge er liten selv om bruken er økende. I våre naboland (Sverige og Finland) er bruken betydelig. I Sverige var bidraget fra disse kildene 8,9 TWh i 2010 (Skogforsk 2012). Det er i første rekke topper, greiner og bar det er aktuelt å utnytte. Uttak av stubber og røtter skjer i Sverige og Finland, men dette er foreløpig ikke aktuelt i Norge på grunn av kostnader og miljøhensyn. Vi baserer derfor våre beregninger på uttak av greiner, topper og andre stammedeler som ikke kan utnyttes til (tradisjonell) industriproduksjon.

Basert på Løken et al. (2012) er mengden i disse fraksjonene i gjennomsnitt for alle arealtyper og treslag ca 0,56 m^3 hogstavfall per m^3 tømmer, eller 0,226 tonn t.s./m^3 tømmer. Med en brennverdi på 5 kWh/kg t.s., er det teoretiske potensialet 13,6 TWh/år ved en hogst på 12 mill. m^3/år og 19,2 TWh/år ved en hogst på 17 mill. m^3/år. Det er imidlertid ikke teknisk eller økonomisk mulig å høste alt hogstavfallet på ei hogstflate (normalt 60 – 80%). I tillegg vil det av miljøhensyn (biodiversitet og lignende) og produksjonshensyn (næringsstoffer) ikke være aktuelt å ta ut hogstavfall på hele hogstarealet. Det teknisk/miljømessige potensialet vil derfor ligge betydelig lavere, anslagsvis 50-60% av det teoretiske potensialet.

Metode og forutsetninger

I hvilken grad hogstavfall blir brukt til energiformål vil avhenge av priser og kostnader – i tillegg til at det må være et marked/avtakere for biomassen. Siden utnyttelse av hogstavfall må sies å være i startfasen i Norge, finnes det ikke markedsdata som kan brukes til å estimere tilbud og etterspørsel etter flis produsert fra hogstavfall. Vi har derfor brukt en teknisk tilnærming til problemstillingen, og vi vil bare se på tilbudssiden. Metoden er beskrevet i detalj i Rørstad et al. (2010). Vi vil her bare gi en kort beskrivelse av metoden.



Figur 3. Ulike kjeder for flis fra hogstavfall. Kilde: Helynen (2003).

Enkelt forklart går metoden ut på å beregne tidsforbruket (per tonn tørrstoff) for å transportere ut hogstavfallet fra hogstflate til velteplass ved bilvei. Vi har forutsatt at hogstavfallet transporteres "ubehandlet" fra hogstflata til bilvei, men det finnes også andre muligheter (se Figur 3). Det er for eksempel mulig å flise biomassen direkte i skogen, men dette er en lite brukt metode i våre naboland. Vi har vurdert dette som en lite realistisk metode i Norge på kort til mellomlang sikt. Det er også mulig å bunte hogstavfallet i skogen for å redusere transportvolumet. Dette er en metode som til en viss grad brukes i Sverige og Finland, men den er ikke vurdert i denne rapporten. Resultater fra Sverige og Finland tyder på at disse to metodene er dyrere enn metoden vurdert i denne rapporten (Skogforsk, 2006; Tahvanainen og Anttila, 2011).

Uttransport av hogstavfall består av flere operasjoner: opplessing, transport til velteplass, avlessing og retur til hogstflata. Produktiviteten i de ulike operasjonene er avhengig av skoglige forhold (transportavstand, terrengforhold og biomassetetthet), driftsopplegget ved hovedhogsten (hvordan hogstavfallet håndteres, feks hauglegging) og utstyret. Parametere for produktiviteten er hentet fra svenske og finske forsøk, mens data for de skoglige forholdene er hentet fra simuleringene i GAYA (biomassemengde) og beskrivelsen av prøveflatene i Landsskogtakseringen (terrengtransportlengde og terrengforhold). Kostnaden beregnes separat for hver behandlingsenhet som simuleres i GAYA (hver hogstflate). For å finne kostnaden i kr/tonn t.s. ved bilvei, multipliseres det beregnede tidsforbruket med en fast timepris (maskinkostnad). Timekostnaden er satt til 800 kr, men vi har gjort følsomhetsanalyser av denne forutsetningen (se nedenfor). Resultatet for disse beregningene på nasjonalt nivå, er presentert nedenfor.

For å kunne beregne tilgangen av hogstavfall som en funksjon av energiprisen (dvs prisen på flis levert anlegg) på fylkesnivå, har vi tilpasset funksjoner til dataene. Det er brukt samme funksjonelle form som i Rørstad et al. (2010). Funksjoner er estimert fylkesvis – i de tilfeller hvor antall observasjoner gjorde dette mulig – og nasjonalt. Sammen med andre økonomiske forutsetninger (se nedenfor) danner disse funksjonene utgangspunktet for å beregne tilbudet av flis fra hogstavfall.

I et marked er det flere andre faktorer som vil være bestemmende for driftsprisen slik som størrelse på driften, kryssubsidiering mellom drifter og generelle konkurranseforhold. En del av dette er reelle kostnader, men det er også et "taktisk" element i et marked. Selv om vi ikke inkluderer alle kostnader, mener vi at vår metode er i nærheten av å estimere de samfunnsøkonomiske kostnadene ved å utnytte hogstavfall.

Metoden beskrevet ovenfor beregner med andre ord kostnaden for hogstavfall ved bilvei. Som det fremgår av figuren finnes det ulike metoder for å håndtere hogstavfallet fra skogen til sluttbruker. Hovedforskjellen ligger i hvordan hogstavfallet transporteres ut av skogen: som flis eller løsgrot. Det siste innebærer at flising skjer på en terminal eller hos sluttbruker. Det er billigere å transportere flis enn løsgrot på grunn av densiteten, men det er billigere å flise på terminal eller hos sluttbruker på grunn av skalafordeler. Dette betyr at transportavstanden er avgjørende for hvilke av disse to metodene som er billigst. Tahvanaine og Anttila (2011) har beregnet at løsgrotsystemet er billigere enn flising på velteplass opp til en transportavstand fra skog til sluttbruker på 60 km. I Finland utgjorde flising ved velteplass nesten 60% (Kärhä, 2009), men i Finland er det forventinger om at flising på terminal og hos sluttbruker vil øke (Kärhä, 2011). Det er imidlertid en rekke andre faktorer som avgjør hvilket system som er optimalt. For eksempel er størrelse en viktig faktor for å ta ut skalafordelen ved flising på terminal eller hos sluttbruker. Vi har ikke vurdert dette nærmere, men har antatt at flising skjer ved velteplass i skogen og at flis transporteres videre til terminal eller sluttbruker.

Som nevnt ovenfor er markedet i Norge i en tidlig fase. Vi har derfor valgt å legge relativt liten vekt på kostnadsdata fra Norge for kostnader til transport, flising osv. Parameterne som er brukt er i hovedsak basert på svenske undersøkelser (Skogforsk, 2010; 2011), men også noen finske undersøkelser (Tahvanaine og Anttila, 2011; Goltsev et al., 2011; Kärhä, 2011). Vi vil nedenfor kort diskutere de økonomiske forutsetningene som er brukt i denne rapporten.

Det gis i dag liten eller ingen betaling til skogeier for levering av hogstavfall. I Sverige rapporterer Skogforsk (2011) en betaling til skogeier på 40 SEK/lm^3 (tilsvarer nesten 5 øre/kWh). Det er grunn til å anta at også norske skogeiere vil kreve betaling dersom markedet i Norge blir stort nok og modner. Brough (2009) har gjennomført en spørreundersøkelse blant skogeiere på Romerike og Ringerike om deres holdninger til levering av hogstavfall. Et av spørsmålene var knyttet til betaling: Hva er den minste betaling per m^3 som du ønsker? Resultatet fra denne undersøkelsen, som omfattet totalt 188 skogeiere, hvorav 177 svarte på dette spørsmålet, er vist i Tabell 8.

Tabell 8. Skogeieres ønske om betaling for levering av hogstavfall. Kilde: Brough (2009).

kr/lm^3	Andel	Kumulativ andel
5	2 %	2 %
10	8 %	10 %
15	8 %	19 %
20	23 %	42 %
25	13 %	55 %
30	11 %	66 %
>30	34 %	100 %

Som tabellen viser ønsker nesten 60% en betaling på 20 kr/lm^3 eller mer. Basert på dette har vi valgt å bruke en betaling til skogeier på 25 kr/lm^3. Kostnader til administrasjon, flising, terminalkostnader og lignende er basert på Skogforsk (2011). Når det gjelder veitransport viser litteraturen fra Skandinavia en variasjon i området 0,03 – 0,04 øre/kWh-km (Tahvanaine og Anttila, 2011; Goltsev et al., 2011; Grimsrud, 2009; Skogforsk, 2006; Holhe, 2010). Vi har valgt å bruke en kostnad på 0,04 øre/kWh-km og 40 km transportavstand. Det siste er basert på Skogforsk (2010). Den samlede kostnaden for håndtering av hogstavfall fra velteplass ved bilvei til sluttbruker blir med disse forutsetningene 14,3 øre/kWh (effektiv brennverdi), se Tabell 9. Vi har forutsatt at kostnadene er de samme for alle arealer, dvs er like over hele landet, og vi har ikke tatt hensyn til dagens støtteordning som beskrives i eget avsnitt nedenfor.

Tabell 9. Økonomiske forutsetninger for beregning av kostnader for produksjon av energiflis fra hogstavfall.

Kostnadskomponent	øre/kWh	kr/lm^3
Kompensasjon til skogeier	2,9	25
Administrasjon og andre kostnader	2,0	17
Flising og terminalkostnader	6,6	57
Veitransport	2,8	24
Sum eks innsamling og fremkjøring	**14,3**	**123**
Innsamling og fremkjøring	>2,0	>17
Totalt	**>16,3**	**>140**

Differansen mellom prisen levert anlegg (energiprisen) og kostnadene eksklusiv innsamling og fremkjøring bestemmer om det er lønnsomt å hente ut hogstavfall fra den enkelte hogstflata, eller med andre ord tilbudet av energiflis fra hogstavfall. Som vi ser fra tabellen må energiprisen være drøyt 16 øre/kWh før det er lønnsomt å hente ut hogstavfall.

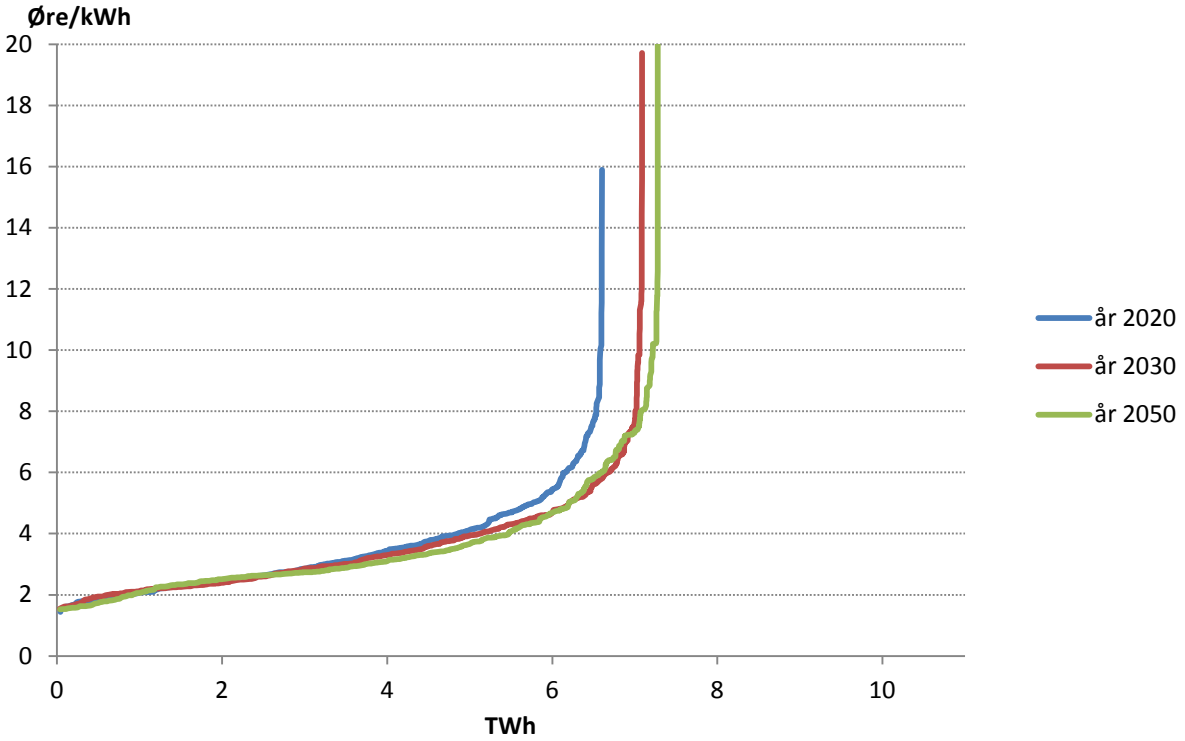
Som nevnt ovenfor har vi ikke inkludert effekten av dagens støtteordning til energiflis. Vårt utgangspunkt har vært å estimere de samfunnsmessige kostnadene for flis fra hogstavfall. Flisordningen ble innført i 2009 som en del av krisepakka etter finanskrisen. Det gis støtte til

produksjon av energiflis fra en rekke kilder, og kulturlandskapspleie utgjør den største kategorien (drøyt 40% av den totale støtten som ble gitt i 2011). Flis fra hogstavfall utgjorde ca 10% av tildelingen i 2011. Satsene er blitt redusert over tid, og for hogstavfall er den for tiden 27 kr/lm^3, mens den er 43 kr/lm^3 for flis fra heltre. Dette er nok hovedforklaringen på den lave andelen flis fra hogstavfall. Ordningen er ikke permanent og total ramme og satser blir fastsatt hvert år.

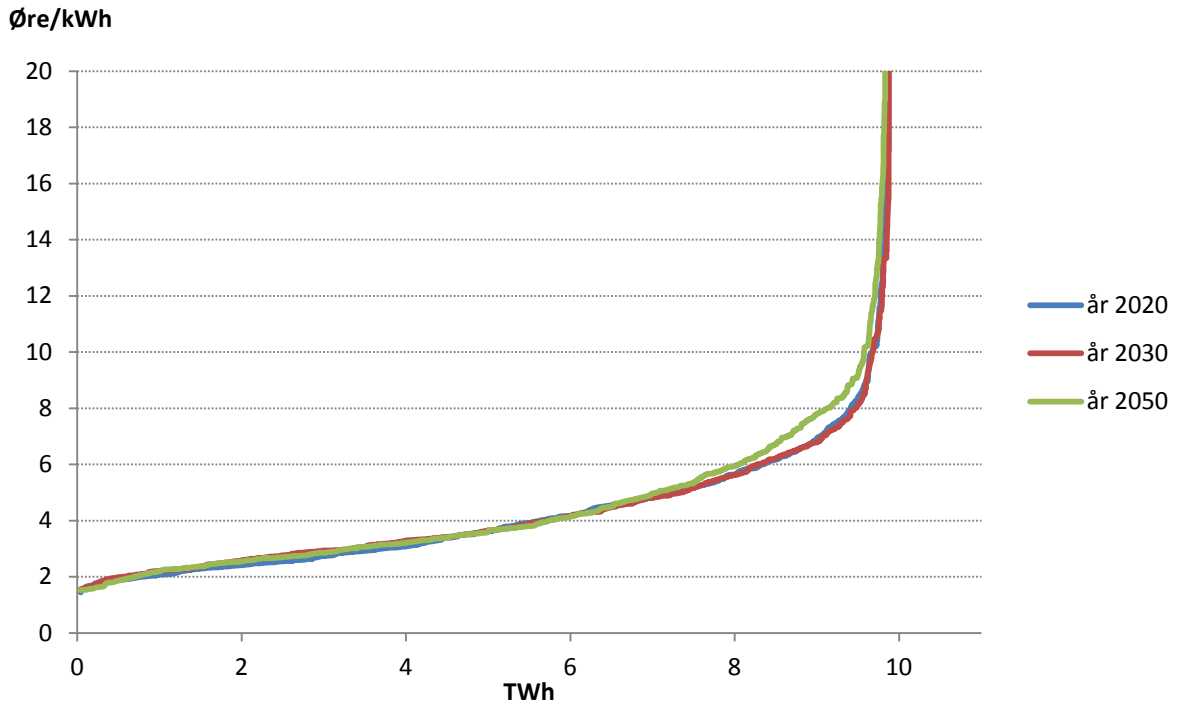
Resultater

Figur 4 og 5 viser sammenhengen mellom kostnad levert bilvei og energipotensialet (effektiv brennverdi), dvs uten kostnadskomponentene i Tabell 9. Som vi ser er kurvene relativt flate i et stort intervall og at kostnadene stiger sterkt når vi nærmer oss maksimalt mulig uttak. Dersom vi holder andre kostnader konstante – slik vi forutsetter her – er det økonomiske potensialet svært følsomt for energiprisen (pris levert anlegg). Grovt regnet vil hele potensialet utløses innenfor et prisintervall på 4 – 6 øre/kWh.

Beregnet tilbud av energiflis fra hogstavfall i 2020 for de to hogstscenarioene og ulike energipriser levert anlegg, er vist i Tabell 10 og 11. Siden beregningene er basert på en parametrisering av kurvene i figuren ovenfor, er det usikkerhet knyttet til estimatene (i tillegg til usikkerheten i metoden for å beregne kostnadene knyttet til transport av hogstavfall ut av skogen). Usikkerheten er størst for lave energipriser.



Figur 4. Kostnads/mengde-kurver for innsamling og transport av hogstavfall til bilvei i basisscenarioet (avvirkning ~12 mill. m^3). Kostnadene inkluderer ikke elementene i Tabell 9.



Figur 5. Kostnads/mengde-kurver for innsamling og transport av hogstavfall til bilvei ved balansekvantum (avvirkning ~17 mill. m^3). Kostnadene inkluderer faste enhetskostnader (se Tabell 9).

Tabell 10. Tilgang på energiflis fra hogstavfall i 2020 basert på en hogst på 12 mill. m^3/år. GWh.

	Fylke/øre per kWh	16	18	20	22	24	26	28	30
1	Østfold	46	241	318	347	357	361	362	363
2	Akershus	98	468	531	541	543	543	543	543
3	Oslo	-[a)]	-		-	-	-	-	-
4	Hedmark	0	1172	1538	1597	1605	1607	1607	1607
5	Oppland	30	675	815	832	834	834	834	834
6	Buskerud	0	451	645	691	700	702	703	703
7	Vestfold	5	249	290	297	298	299	299	299
8	Telemark	31	318	498	546	556	558	558	558
9	Aust-Agder	0	163	260	293	303	305	306	306
10	Vest-Agder	-	-		-	-	-	-	-
11	Rogaland	-	-		-	-	-	-	-
12	Hordaland	-	-		-	-	-	-	-
14	Sogn og fjordane	-	-		-	-	-	-	-
15	Møre og Romsdal	-	-		-	-	-	-	-
16	Sør-Trøndelag	0	104	218	230	230	230	230	230
17	Nord-Trøndelag	0	192	404	463	473	474	474	474
18	Nordland	33	68	113	117	118	118	118	118
19	Troms	-	-		-	-	-	-	-
20	**Norge[b)]**	**139**	**4440**	**6100**	**6477**	**6551**	**6565**	**6567**	**6568**

[a)] – i tabellen betyr at det ikke er nok data til å estimere tilgangen på fylkesnivå

[b)] Tallene for hele Norge er estimert separate og er ikke lik summen av fylkestallene.

Som vist ovenfor er tilgangen følsom for flisprisen. Ved en hogst på 12 mill. m^3/år vil en pris på 16 øre/kWh gjøre flis fra hogstavfall ulønnsomt, mens en pris på 20 øre/kWh vil gjøre det lønnsomt å hente ut over 90% av det totale potensialet i nesten alle fylker. Ved en hogst av balansekvantumet (17 mill. m^3/år) kreves en pris på 22 øre/kWh for å utløse over 90% av potensialet.

Tilgangen på energiflis fra hogstavfall til andre tidspunkter (2030 og 2050) og for andre forutsetninger om maskinkostnader, finnes i et eget regnearkvedlegg.

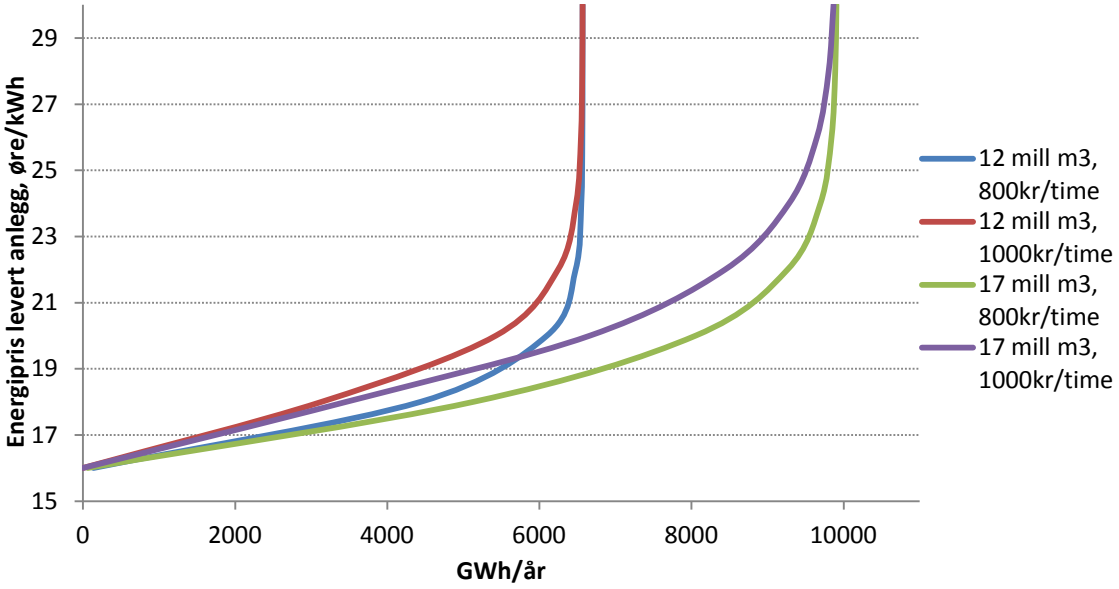
For å synliggjøre usikkerheten i beregnet tilgang har vi gjort enkle følsomhetsanalyser av kostnadene for innhenting og utkjøring av hogstavfall fra hogstarealet til velteplass ved vei. Figur 6 viser effekten av to ulike nivåer for maskinkostnader (timepris) for nasjonalt tilbud i 2020 for de to hogst-scenarioene. Vi har som utgangspunkt valgt en maskinkostnad på 800 kr/time, og figuren indikerer effekten av å øke denne med 25%. Vi ser at effekten er liten ved lave energipriser (17 – 18 øre/kWh) og høye energipriser (23 – 25 øre/kWh). Det første skyldes at kostnadene er lave for arealene hvor det er lønnsomt å hente ut hogstavfall ved lave energipriser. Siden kostnaden er proporsjonal med timeprisen, vil kostnaden i øre/kWh endres lite ved en økning i maskinkostnaden. Når energiprisen blir høy nok er en stor andel av arealene lønnsomme, og det er det fysiske potensialet som setter grensen.

Tabell 11. Tilgang på energiflis fra hogstavfall i 2020 basert på en hogst av nasjonalt balansekvantum (17 mill. m^3/år). GWh.

Fylke/øre per kWh		16	18	20	22	24	26	28	30
1	Østfold	37	413	525	549	553	554	554	554
2	Akershus	69	419	593	649	664	668	669	670
3	Oslo	0	83	116	126	128	129	129	129
4	Hedmark	0	1213	1720	1820	1837	1840	1840	1840
5	Oppland	27	679	926	1018	1051	1063	1067	1069
6	Buskerud	0	460	707	806	844	858	863	864
7	Vestfold	0	240	293	305	307	308	308	308
8	Telemark	31	356	590	659	674	676	677	677
9	Aust-Agder	35	139	344	430	444	446	446	446
10	Vest-Agder	62	217	340	397	417	424	426	426
11	Rogaland	12	79	174	202	206	207	207	207
12	Hordaland	0	72	296	390	401	402	402	402
14	Sogn og fjordane	75	101	186	258	276	279	279	279
15	Møre og Romsdal	50	175	297	361	383	389	391	392
16	Sør-Trøndelag	0	174	328	386	401	405	405	406
17	Nord-Trøndelag	17	220	425	558	622	648	658	662
18	Nordland	0	143	236	293	326	345	356	363
19	Troms	7	12	52	129	150	153	153	153
20	**Norge**[b)]	**60**	**5134**	**8053**	**9262**	**9694**	**9839**	**9887**	**9903**

[a)] – i tabellen betyr at det ikke er nok data til å estimere tilgangen på fylkesnivå

[b)] Tallene for hele Norge er estimert separate og er ikke lik summen av fylkestallene.



Figur 6. Nasjonal tilgang på energiflis i 2020 fra hogstavfall som funksjon av energipris, hogstnivå og maskinkostnad.

4.2 Biomasse fra ungskogpleie og førstegangstynning

Ungskogpleie

Ut fra basisscenarioet med avvirkning opp til 12 mill. m^3 har vi estimert potensiell årlig energiproduksjon basert på biomasse fra ungskogpleie. Vi har beregnet årlig areal med ungskogpleie som et gjennomsnitt for hele 100-årsperioden fra prognosen. Biomassen er beregnet ut fra antall trær/ha som er tatt ut i pleien, noen enkle funksjoner som gir høyde og diameter for gjennomsnittstreet og biomassefunksjoner etter Marklund (1987). Brennverdien er satt til 5,3 kWh/kg tørrstoff biomasse. Faktisk utført ungskogpleie er hentet fra SSB (2012d). Analysene viser at potensiell årlig energiproduksjon for biomasse fra ungskogpleie basert på prognosene er omtrent 0,35 TWh på landsbasis fordelt på et årlig ungskogareal på ca 135 000 daa. Samtidig viser tall fra SSB at faktisk areal hvor det er utført ungskogpleie er om lag dobbelt så stort som i prognosene. Dette kan tyde på at potensialet for energiproduksjon er noe høyere enn det som framkommer i tabellen. Årlig areal, biomasse og potensiell energiproduksjon basert på biomasse fra ungskogpleie og faktisk areal med utført ungskogpleie fordelt på fylker er vist i Tabell A4 i Vedlegg 1.

Ulike driftsmetoder kan være aktuelle ved uttak av biomasse etter ungskogpleie. I Norge har vi liten erfaring med slike driftsmetoder og kostnads- og produksjonstall mangler. Det er imidlertid lav biomassetetthet i slike uttak (fra 3,99 til 7,99 tonn/ha i prognosene, se Tabell A4), noe som tilsier at driftskostnadene blir høye. I mangel av erfaringstall for produksjon og kostnader knyttet til uttak av biomasse fra slike arealer har vi tatt utgangspunkt i metoden beskrevet tidligere av Rørstad et al. (2010) som beregner tidsforbruk for å samle og transportere biomasseen til velteplass ved en bilvei. Dette tidsforbruket varierer med biomassetetthet og driftsveilengde. Kompensasjon til skogeier og andre kostnader (administrasjon, flising, terminalkostnader og vegtransport) er forutsatt å være like

som for hogstavfall (se Tabell 8). Totalt utgjør dette 14 øre/kWh. Eventuelle ekstra kostnader knyttet til flyttetid og oppstartstid på grunn av «små» drifter er ikke tatt med i beregningene.

Tabell 12 viser et anslag for kostnader ved uttak av biomasse i kr/tonn og øre/kWh med utgangspunkt i ulike forutsetninger for biomassetetthet og driftsveglengde. Det framgår av tabellen at biomassetetthet/ha er svært førende for kostnadene, mens driftsveilengden relativt sett har noe mindre betydning. Eksempelvis varierer kostnadene for midlere driftsveilengder (400 m) fra 43 øre/kWh ved en biomassetetthet på 10 tonn/ha til 67 øre/kWh ved biomassetetthet 4 tonn/ha. Med slike kostnadstall er det derfor svært få arealer i Norge hvor det er aktuelt å utnytte biomasse til energiproduksjon etter gjennomført ungskogpleie.

Tabell 12. Kostnader(øre/kWh) ved uttak av biomasse til velteplass for ulike arealkategorier, inkludert 14 øre/kWh til skogeier, administrasjon, flising, terminalkostnader og vegtransport, se Tabell 8.

	Driftsveilengde (m)		
Biomassetetthet	**100**	**400**	**800**
(tonn/ha)	øre/kWh	øre/kWh	øre/kWh
4	55	67	70
6	43	53	67
8	37	47	61
10	33	43	57

Førstegangstynning

Rundvirke fra tynning inngår i analyser og resultater av rundvirke, og hogstavfall fra tynning er inkludert i potensialet for hogstavfall. Praksis i Sverige viser at heltredrift i førstegangstynning kan være aktuelt. Under forutsetning av at tynning skal gjennomføres som et skjøtselstiltak, kan uttak av hele eller deler av stammen med grener være et lønnsom alternativ til uttak av stammevirke alene.

4.3 Andre biomasseressurser fra skog

Som tidligere nevnt har Landsskogtakseringen et nett av permanente prøveflater som dekker hele landet. Totalt måles ca. 22 000 prøveflater i løpet av en 5-års periode. For alle prøveflater på arealer som er definert som produktiv skog, uproduktiv skog og annet tresatt areal gjennomføres rutinemessige registreringer med klaving og høydemålinger. Det samme er tilfelle med prøveflater som finnes i hyttefelt og på kulturbeite. I et nylig gjennomført prosjekt ble det gjort ekstraordinære målinger på prøveflater hvor trær normalt ikke måles. Prøveflatene ble oppsøkt og trærne målt dersom det ut fra flybilder ble konstatert at det var ett eller flere trær innenfor prøveflata. Basert på dette utvalget ble det beregnet biomasse for flater knyttet til kraftlinjer, kanter mot vei, jernbane, jordbruksarealer og bebygde områder (se Astrup et al. 2012, Eid et al. 2011, Løken et al. 2012).

Analysene viser at 98,5% av biomassen og energimengden knyttet til biomassen i Norge kommer fra arealer definert som skog eller tresatt areal, mens 1,5% kommer fra andre arealer (hyttefelt, kulturbeite, kraftlinjer kanter mot vei og jernbane, bebygde arealer og arealer knyttet til jordbruksområder). Resultatene for hver arealkategori vises i Vedlegg 2.

I Tabell 13 har vi satt opp potensiell årlig energiproduksjon fra de "andre" arealene. Her er det forutsatt omløpstider på 10 år for skog i kraftlinjer og for kanter langs vei og jernbane, mens omløpstiden er satt til 50 år for alle de andre arealtypene. Det framgår av tabellen at potensiell årlig energiproduksjon fra disse arealene er estimert til 1,8 TWh. Det er selvsagt usikkerhet i disse anslagene for biomasse og potensiell energiproduksjon. Denne usikkerheten er først og fremst knyttet til det relativt lave antallet prøveflater som ligger bak de enkelte arealtypene og forutsetningene for omløpstider. Anslaget i tabellen inkluder ikke arealer som etter Landsskogtakseringen er definert som skog beliggende langs veier og dyrket mark. Det er åpenbart at det finnes en god del biomasse på slike arealer, men en må altså være klar over at størsteparten allerede er inkludert i de vanlige skogarealene.

Tabell 13. Årlig potensiell bioenergiproduksjon fra "andre" arealer i Norge.

Arealtype	Biomasse (mill. tonn tørrstoff)	Biomassetetthet (tonn/ha)	Potensiell årlig energiproduksjon (TWh)
Hyttefelt	1,6	33,3	0,17
Kulturbeite	3,0	15,5	0,32
Kraftlinjer	0,4	6,1	0,21
Kanter vei, jernbane etc .	1,3	6,3	0,66
Bebygde områder	2,5	6,3	0,26
Jordbruksområder	1,4	1,4	0,15
Totalt	**10,1**	**5,4**	**1,8**

1,8 TWh er et absolutt maksimumstall for potensiell årlig energiproduksjon og er i praksis lite realistisk. For det første vil det for en del av arealene være driftsteknisk umulig å ta ut biomassen. Det er selvsagt heller ikke sikkert at alle hytte- og hageeiere ønsker å ta ut biomasse fra eiendommene sine. Kostnadene ved uttaket av biomassen vil imidlertid være den viktigste årsaken til at anslaget må reduseres. En andel av dagens vedforbruk og flis som omfattes av flistilskuddsordningen kommer fra hyttefelt, kulturbeite og bebygde områder, slik at en andel av potensialet allerede er utnyttet.

Det er ikke ut fra Landsskogtakseringens prøveflater forsvarlig å dele inn de ulike arealkategoriene i mindre geografiske enheter, for eksempel i fylker. Til det er antall prøveflater som ligger bak tallene altfor lavt. Det er likevel valgt å gjøre noen enkle analyser som viser resultater på fylkesnivå for arealene som er knyttet til kraftlinjer, jordbruksarealer (åker), beitearealer (eng) og veier/jernbane. Arealer knyttet til hyttefelt og bebygde områder er ikke tatt med i disse analysene. Det må presiseres at det er stor usikkerhet knyttet til tallene på fylkesnivå. Forutsetninger og detaljer for analysene er beskrevet i Vedlegg 2. Tabell A6-A10 viser årlig potensiell bioenergiproduksjon for slike arealer i Norge fordelt på det enkelte fylke.

Ulike driftsmetoder kan være aktuelle ved uttak av biomasse fra slike områder. I Norge har vi liten erfaring med slike driftsmetoder og kostnads- og produksjonstall mangler. Det er imidlertid lav biomassetetthet for slike arealer, noe som tilsier at driftskostnadene blir høye. For en del av arealene er

det i gjennomsnitt korte driftsveilengder (for arealer knyttet til veier og jernbane, jordbruksområder og delvis beiteområder), mens for kraftlinjer er driftsveglengdene mer likt det en ser i vanlig skogsdrift. For alle disse arealkategoriene vil produksjonen måtte foregå over «spredte» områder slik at relativt mye tid vil gå med til flytting av maskiner og oppstart av drifter. Også dette tilsier høye driftskostnader.

I mangel av erfaringstall for produksjon og kostnader for uttak av biomasse fra slike arealer har vi også her tatt utgangspunkt i metoden beskrevet tidligere av Rørstad et al. (2010) som beregner tidsforbruk for å samle og transportere biomassen til velteplass ved en bilvei. Dette tidsforbruket varierer med biomassetetthet og driftsveilengde. Eventuelle kostnader knyttet til ekstra flyttetid og oppstarts tid på grunn av «spredte» drifter er ikke tatt med i beregningene. Kompensasjon til skogeier og andre kostnader (administrasjon, flising, terminalkostnader og vegtransport) er forutsatt å være like som for hogstavfall (se Tabell 8). Totalt utgjør dette 14 øre/kWh.. Tabell 14 viser anslagene for kostnader ved uttak av biomasse fra de ulike arealkategoriene i kr/tonn og øre/kWh med utgangspunkt i gjennomsnittstall for biomassetetthet og ulike forutsetninger for driftsveglengde. Det framgår av tabellen at biomassetetthet/ha er svært førende for kostnadene, mens driftsveilengden relativt sett har mindre betydning. Eksempelvis varierer kostnadene for tresatte arealer knyttet til jordbruksarealer, som har svært lav biomassetetthet, mellom 119 og 121 øre/kWh avhengig av driftsveilengde, mens de varierer fra 24 til 26 øre/kWh for arealer knyttet til kulturbeite.

Tabell 14. Kostnader(kr/tonn og øre/kWh) ved uttak av biomasse til velteplass for ulike arealkategorier, inkludert 14 øre/kWh til skogeier, administrasjon, flising, terminalkostnader og vegtransport, se Tabell 8.

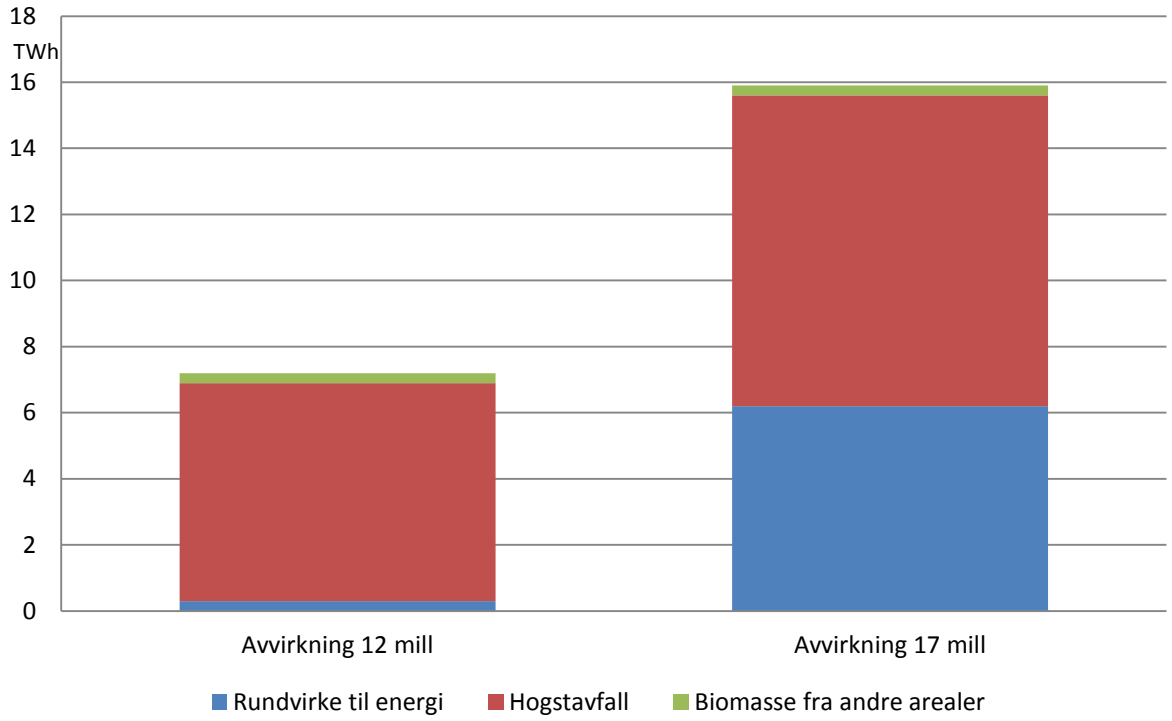
		Driftsveilengde (m)		
	Biomassetetthet (tonn/ha)	**10 øre/kWh**	**250 øre/kWh**	**500 øre/kWh**
Kraftlinjer	6,1	39	40	42
Jordbruksareal	1,4	119	120	121
Kulturbeite	15,5	24	25	26
Veier, jernbane	6,3	38	39	40

5 SAMLET TILGANG

5.1 Potensialer

Figur 7 viser potensialet for økt uttak av biomasse fra skog i Norge 2020 innenfor en flispris levert anlegg på 30 øre per kWh. Som i analysene over er det tatt utgangspunkt i at virkesforbruket fra norske skogressurser i skogindustrien er på dagens nivå. Dersom avvirkningen ikke øker, ligger potensialet for energiproduksjon i økt bruk av hogstavfall og reallokering av massevirket som i dag

går til skogindustrien. Avvirkning på netto balansekvantumsnivå gjør at leveranser av biomasse kan økes med nærmere 16 TWh i tillegg til dagens leveranser til ved og skogindustri.



Figur 7. Potensialet for økt uttak av biomasse til energiformål i 2020 ved avvirkning på hhv 12 og 17 mill. m^3

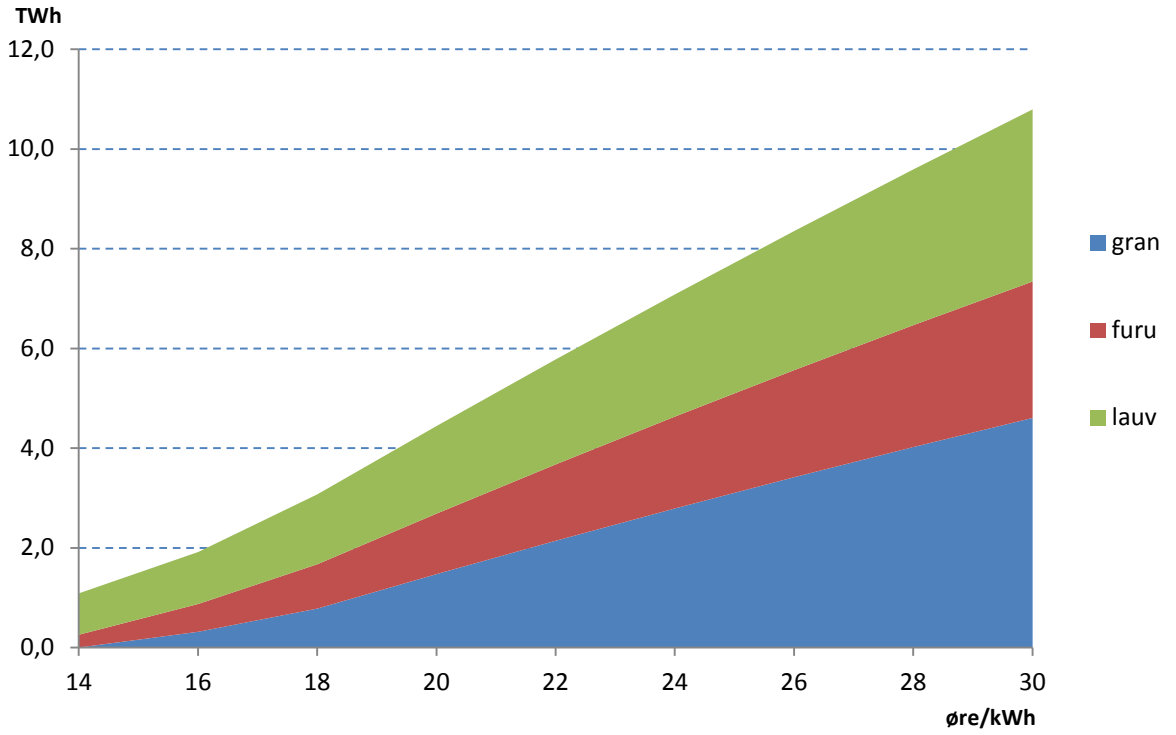
5.2 Tilgang av biomasse ved ulike priser

Tilbudskurve for energiflis fra rundvirke 2020

Flere undersøkelser viser at pris er en sentral faktor for avvirkningen, og priselastisiteten (prosentvis økning i avvirkning når prisen øker med en prosent) varierer fra ca 0,5 til 1,5% avhengig av datautvalg og studie. Samtidig er det slik at økte skogressurser, alt annet likt, gir økt avvirkning. Økningen i stående volum forklarer sammen med lavere driftskostnader at tømmeravvirkningen i Norge har holdt seg relativt stabil til tross for lavere tømmerpriser. Ut fra data fra Landsskogstakseringen og SSB har vi beregnet tilgangen av rundvirke til økt energiproduksjon i 2020 basert på følgende forutsetninger:

- Forbruket av innenlands virke i skogindustrien er på dagens nivå (gjennomsnitt av massevirke 1996-2010)
- Priselastisiteten til biovirke og massevirke er forutsatt å være 1,0 (1% prisøkning gir 1% økning i avvirkningen)
- Kostnadene ved administrasjon, transport 40 km, flising og lagring er satt til kr 120 kr/m^3
- Nettotilveksten på skogarealene med terrengtransportavstand under 2 km gir en økning i tilbudet med en faktor på 0,6 basert på dagens avvirkning av l massevirke og ved

(halvparten av vedforbruket er inkludert i analysene) Figur 8 viser hvordan tilgangen på energiflis fra rundvirke øker med økende flispris levert anlegg.



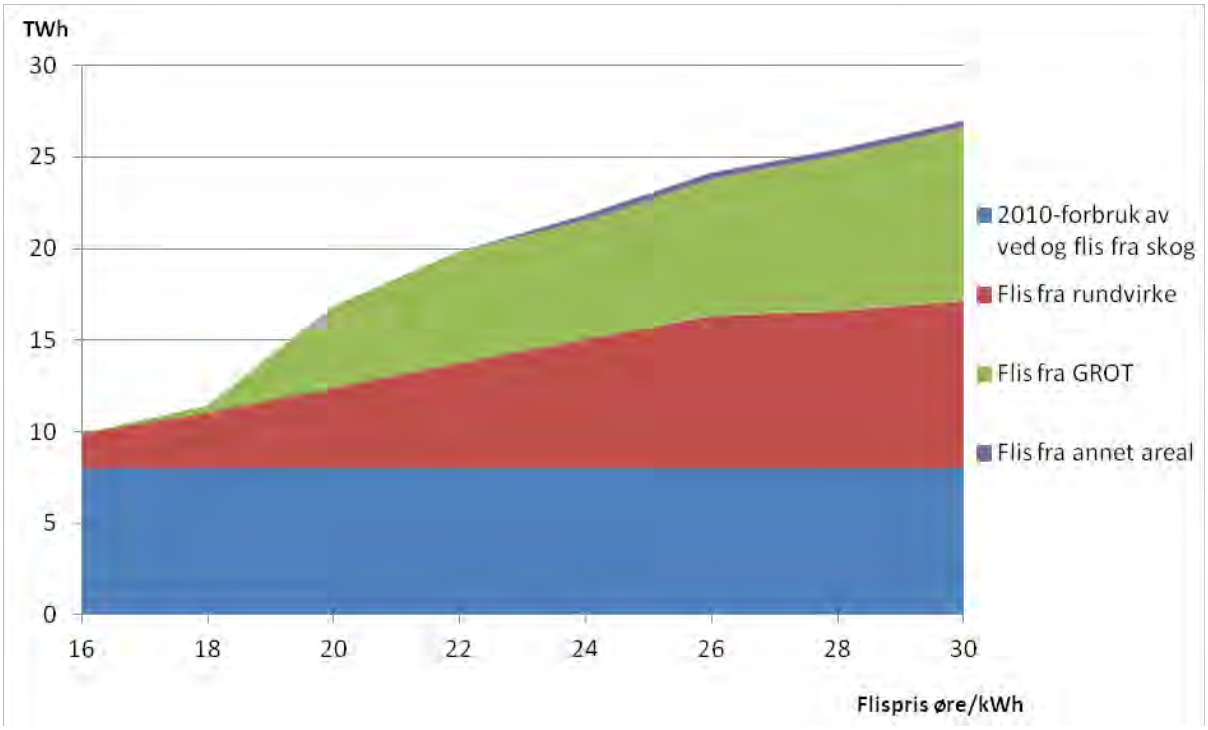
Figur 8. Økt tilgang på energiflis fra rundvirke 2020.

Analysene viser at en flispris på 18 øre per kWh levert anlegg kan gi en økt tilgang på flis fra innenlands rundvirke på 3,5 TWh frem mot 2020 dersom det økte tilgangen brukes til energiproduksjon.

Samlet tilgang

For å beregne samlet tilgang på biomasse fra skog til energiformål ved ulike flispriser, har vi tatt utgangspunkt i analysen for rundvirke over og lagt til flis fra hogstavfall analysert i kapittel 4.1 og biomasse fra andre arealer i kapittel 4.2 og 4.3. For å reflektere at flis fra hogstavfall er et mer krevende produkt enn flis fra stammeflis, er flis fra hogstavfall gitt et tillegg på 2 øre per kWh. Basert på forutsetninger om hvordan økt volum og pris påvirker avvirkningsnivået, viser våre analyser at dersom forbruket i skogindustrien forblir på dagens nivå og verdikjedene utvikles, vil en økt tilgang på 3,5 TWh fra skogressursene være realistisk frem mot 2020 ved en biomassepris levert anlegg tilsvarende 18 øre/kWh for stammeflis. Tilgangen kan øke med ytterligere 2,5 TWh til 6 TWh ved en flispris på 20 øre/kWh og ytterligere 3 TWh til 9TWh ved en flispris på 24 øre/kWh (Figur 9).

Samlet kostnadskurve for biomasse forutsatt at dagens massevirke fortsatt går til skogindustrien og at sagtømmeravvirkningen øker i samme takt som avvirkningen til bioenergi, er derfor et øvre estimat. For regioner med relativt kort transportavstand til Sverige vil en del av biomassen brukes i Sverige, og økt internasjonal handel med flis til energiproduksjon vil påvirke andelen som brukes i Norge.



Figur 9. Økonomisk potensial for biomasse fra skog til energiformål i 2020 ved ulike flispriser levert anlegg. Fom 24 øre/kWh er det forutsatt at økt tilgang på rundvirke gir en tilsvarende økning i tilgangen på GROT.

Regionale forskjeller

Tabell 15 viser beregnet økt tilgang på biomasse fra skog ved ulike flispriser levert anlegg og 40 km transportavstand (bil).

Tabell 15. Estimat for økt fylkesvis tilgang på biomasse til energiformål i 2020 ved ulike flispriser levert anlegg. GWh.

Fylke Flispris øre/kWh	14	16	18	20	22	24	26	28
1 Østfold	32	62	167	438	589	695	775	846
2 Akershus/Oslo	41	69	250	701	842	936	1 012	1 085
4 Hedmark	178	331	642	2 126	2 793	3 161	3 453	3 728
5 Oppland	49	90	270	1 064	1 349	1 537	1 681	1 819
6 Buskerud	76	138	269	862	1 195	1 388	1 529	1 661
7 Vestfold	65	92	172	473	569	634	686	736
8 Telemark	151	234	415	837	1 150	1 334	1 471	1 598
9 Aust-Agder	45	81	141	362	517	610	676	732
10 Vest-Agder	34	58	158	308	435	524	578	622
11 Rogaland	18	29	74	143	231	335	363	390
12 Hordaland	21	38	89	167	352	474	511	541
14 Sogn og Fjordane	29	45	138	180	264	369	408	436
15 Møre og Romsdal	57	88	178	307	434	556	615	663
16 Sør-Trøndelag	28	47	97	247	407	485	531	577
17 Nord-Trøndelag	21	34	106	370	652	798	877	946
18 Nordland	31	58	141	219	307	374	420	463
19 Troms	63	106	155	201	271	375	431	475
20 Finnmark						10	25	40
Totalt	**939**	**1 600**	**3 461**	**9 007**	**12 359**	**14 594**	**16 042**	**17 358**

*Flispris i øre/kWh med utgangspunkt i prisen for stammeflis levert anlegg og 40 km transportavstand (bil). Tilgangen på hogstavfall er basert på et samlet avvirkningsnivå på 12 mill m^3.

Effekter av skatt og tilskudd

Tilskudd til leveranser av biomasse varierer fra 1-8 øre per kWh. Tilskuddet begrunnes delvis med etablering av nye verdikjeder og dels ved andre hensyn til kulturlandskapspleie. Det finnes også tilskudd og skatteordninger i skogbruket som påvirker investeringer og avvirking i skogbruket. *Det er budsjettmessige begrensninger for tilskuddene og disse kan dermed ikke tas inn som en forutsetning for langsiktige prognoser eller analyser av bærekraftig potensial.

Etterspørselen etter biomasse

Etterspørselen etter biomasse til leveranser av nær- og fjernvarme ble analysert av Trømborg et al. (2010). Priser på elektrisitet og olje bestemmer sammen med støttenivået til bioenergianlegg etterspørselen etter biomasse, men også at større varmepumper i nær- og fjernvarmeanlegg kan være en betydelig konkurrent til bioenergi. Med dagens støttenivå, el-spotpris på 36 øre/kWh og oljepris på 58 øre/kWh (basisscenarioet), gav en flispris på 18 øre/kWh en økning i etterspørselen på ca 2,5 TWh fra 2008-nivået. Tabell 15 viser at tilgangen kan øke med omlag 3 TWh ved denne prisen. Forbruket av flis i fjernvarmeanlegg økte med 606 GWh fra 2008 til 2010 (SSB Fjernvarmestatistikk

2012). I det norske varmemarkedet vil dermed en økning på mer enn 2 TWh fra 2010-nivået trolig kreve vesentlige endringer i rammevilkår og energipriser. Forbudet mot oljefyring kan gi økt etterspørsel etter biomasse i forhold til analysene i Trømborg et al. (2012).

Tabell 16 viser en prognose for etterspørsel etter biomasse i varmemarkedet i 2020 ved flispris på 18 øre i 2020 og investeringsstøtte på hhv 20 og 40%. Sammenlignet med tilgangen i Tabell 15 viser dette at ved et støttenivå på 20% vil det være et overskudd at biomasse i 2020 ved de forutsatte energiprisene, mens en økning i støttenivået til 40% gir en etterspørsel som er større enn tilbudet ved en flispris på 18 øre.

Tabell 16. Prognose for økt etterspørsel etter biomassemarkedet i 2020 ved en flispris på 18 øre/kWh levert anlegg. Forutsatt el-pris på 36 øre/kWh (spot), oljepris på 58 øre/kWh. GWh.

	Etterspørsel 20% investeringsstøtte	**Etterspørsel ved 40% investeringsstøtte**
1 Østfold	18	225
2 Akershus	431	750
3 Oslo	492	1044
4 Hedmark	20	204
5 Oppland	79	167
6 Buskerud	159	298
7 Vestfold	123	232
8 Telemark	103	150
9 Aust-Agder	13	85
10 Vest-Agder	4	154
11 Rogaland	24	347
12 Hordaland	465	645
14 Sogn og Fjordane	47	86
15 Møre og Romsdal	70	208
16 Sør-Trøndelag	252	330
17 Nord-Trøndelag	19	123
18 Nordland	139	192
19 Troms	7	193
20 Finmark	11	47
Sum	**2476**	**5479**

I Vedlegg 3 er det gjort en bergning av potensialet for mer bioenergi for et utvalg kommuner.

6 DISKUSJON OG KONKLUSJON

6.1 Materiale og metoder

Modellering av fremtidig avvirkning

Modellapparatet som er anvendt for å lage prognoser av skoglig utvikling er omfattende, velprøvd og dokumentert gjennom mange tidligere forskningsprosjekter. Det er brukt et omfattende datamateriale gjennom et landsdekkende og representativt nett av prøveflater som dekker all skogbehandling og alle skogforhold i Norge. Selv om det alltid vil være usikkerhet knyttet til prognoser, er estimatene for framtidig biomasse og energiproduksjon presentert i rapporten derfor basert på et solid empirisk fundament. Det er relativt få prøveflater i de mindre skogfylkene. Kombinert med lav avvirkning – relativt sett – gir dette et tynt materiale for å beregne mengden hogstavfall. Dette er derfor ikke gjort for Vestlandsfylkene og Oslo. Generelt er de fylkesvise resultatene mer usikre for disse fylkene enn for fylker med større skogareal og høyere skogbruksaktivitet.

Forutsetninger om tømmerpriser, kalkulasjonsrente og driftskostnader påvirker avvirkningsnivå og fordeling mellom sagtømmer og massevirke som beregnes i modellen. I basisscenarioet med nasjonalt avvirkningsnivå på 12 mill m^3 påvirkes avvirkningen i mindre grad av disse forutsetningene, fordi avvirkningsnivået er lavt sammenlignet med potensialet og det er dermed nok økonomisk drivbar skog å ta av for å avvirke dette kvantumet. Ved avvirkning av balansekvantum vil disse forutsetningene ha større innvirkning på avvirkningen. Avstanden fra avvirkningssted til veg er bestemt av dagens vegnett som er registrert av Landskogtakseringen. Økt vegbygging kan gi lavere kostnader, men det bygges i dag såpass lite skogsbilveger at det er vanskelig å anta reduserte kostnader. Videre vil fremtidig hogst også vende tilbake til områder som er hogd tidligere og med god vegdekning. I begge scenarioene vil forutsatte priser på sagtømmer og massevirke i modellen bestemme fordelingen av disse sortimentene og dermed det estimerte potensialet for bioenergi.

Den metodiske hovedutfordringen er at prognosene for fremtidig hogst er basert på en modell som optimerer avvirkningen ut fra maksimering av nåverdi, gitt kalkulasjonsrente og tømmerpris. Det legges samtidig restriksjoner på avvirkningen for å beskrive ulike utviklingsscenarioer (her hhv et samlet avvirkningsnivå 12 mill m^3 på landsbasis i basisscenarioet og balansekvantumet på fylkesnivå). Samtidig eies skogen i Norge av over 100 000 skogeiere som tar individuelle beslutninger ut fra mange kriterier som bare delvis fanges opp av det normative modellapparatet. I praksis gir skogressursen stor fleksibilitet i hvor mye som avvirkes og når det avvirkes. Vi vet en del om hvilke faktorer som påvirker adferden, men betydningen av disse faktorene vil endres over tid. Som vist i resultatene er det et teknisk/økonomisk potensial for å øke avvirkningen til om lag 17 mill m^3 i Norge, mens samlet avvirkning inkludert ved har vært rundt 10 mill m^3 i mange tiår. Det må derfor skje nokså store adferdsmessige endringer dersom dette potensialet skal realiseres. Beregningene av hvordan tilbudet av energiflis basert på rundvirke frem til år 2020 påvirkes av flisprisen gir en beskrivelse av hvordan observert sammenheng mellom endringer i pris og stående volum for massevirke kan påvirke levert volum, men det er fortsatt stor usikkerhet om fremtidig avvirkningsnivå fordi prisen på massevirke til energiflis er ett av flere forhold som bestemmer tilbudet.

Hogstavfall

Modelleringen av tilbudet av hogstavfall er basert på svenske og finske produktivitetsstudier. Tilbudet i Norge er beregnet ut fra lokaliseringen av avvirkningen i Norge og norske maskin- og arbeidskraftskostnader, samt faste enhetskostnader for flising, transport og lagring. Ved angivelse av enhetskostnadene er det tatt utgangspunkt i utviklede verdikjeder. Resultatene viser at mye av potensialet for hogstavfall er tilgjengelig innenfor et relativt lite kostnadsintervall. Små endringer i forutsetningen om de faste enhetskostnadene påvirker derfor i stor grad når potensialet er lønnsomt å realisere. Utnyttelse av hogstavfall er avhengig av om skogeieren ønsker å levere dette og om velteplass og driftsforhold gjør det mulig å levere hogstavfallet. I forutsetningene om 60% utnyttelsesgrad er det tatt hensyn til en god del av denne usikkerheten. Miljøaspektene ved utnyttelse av hogstavfall er i første rekke knyttet til uttak på lavere boniteter. Lav bonitet gir lite biomasse per arealenhet og dyre drifter, i tillegg til at lave boniteter ofte også ligger lengre fra veg enn høyere bonitet. Miljøutfordringene er derfor størst ved høy utnyttelsesgrad.

Vi har tidligere gjort tilsvarende beregninger av potensialet for bruken av flis fra hogstavfall. I Rørstad et al. (2010) ble beregningene gjort for et område i Ringerike kommune. Potensialet er derfor ikke sammenlignbart, men beregningene viser den samme følsomheten for endringer i flisprisen som i denne rapporten. I Trømborg et al. (2011) beregnet vi potensialet for hele Norge. Disse beregningene viser et langt lavere totalt potensial og en langt lavere prisfølsomhet. Det ble brukt samme beregningsmetode som presentert ovenfor, men vi benyttet et annet datagrunnlag for fremtidig hogst. Til å beregne hvilke arealer som vil bli avvirket i fremtiden har vi i denne rapporten brukt en optimeringsmodell hvor all skogen i et fylke blir behandlet som en eiendom, mens vi i Trømborg et al. (2011) brukte historisk informasjon om hogst som utgangspunkt. Dette er med på å forklare forskjellen i prisrespons. Forskjellen i totalt potensial skyldes trolig at Trømborg et al. (2011) baserte biomasseberegningene på et noe ”grovere” datagrunnlag samt et noe lavere hogstnivå.

Det er et betydelig potensial for energiflis fra hogstavfall, men det økonomiske potensialet er svært følsomt for flisprisen. Med dagens norske pris på flis fra hogstavfall på ca 17 øre/kWh (EnergiRapporten 2012), er det nasjonale økonomiske potensialet på ca 2,8 TWh/år i 2020 for begge hogstscenarioene. Internasjonalt er det stor variasjon i prisen på skogsflis: fra under 6 øre/kWh i Sør-Europa til over 20 øre/kWh i Skandinavia (Vinterbäck og Porsö 2011). I 2011 var prisen på skogsflis 20 – 21 øre/kWh i Sverige (Statens energimyndighet/Statistiska centralbyrån 2012) mens den var ca 14 øre/kWh i Finland (Statistics Finland 2012). Med svenske priser vil det økonomiske potensialet nærme seg 6 TWh med dagens hogstnivå og rundt 8 TWh med hogst av balansekvantumet. Et finsk prisnivå vil på den andre siden gjøre uttak av hogstavfall i Norge ulønnsomt.

De utenlandske prisene for skogsflis presentert ovenfor er gjennomsnitt for ulike kvaliteter (fra hogstavfall, stammeved, stubber, osv.), men det er sannsynligvis en differensiering etter kvalitet selv om prisen er basert på (teoretisk) effektiv brennverdi. EnergiRapporten (2012) oppgir også priser på energiflis fra stammeved. Denne varierer med fuktighetsinnhold: 22 øre/kWh for fuktighetsinnhold over 35% og 26 øre/kWh for tørrere flis. Selv om brennverdien er justert for fuktighet, vil et mer fuktig brensel stille større krav til anlegget og driften av dette. Flis fra hogstavfall inneholder normalt mer fuktighet en flis fra stammeved, men har i tillegg andre egenskaper som gjør det til et mer krevende brensel. Bruk av hogstavfall vil derfor kreve bedre (og dyrere) anlegg og mer kunnskap hos

driftspersonalet. Vi vurderer det som sannsynlig at flis fra hogstavfall vil medføre høyere kostnader i anleggene og dermed vil bli priset lavere i markedet. Hvor stor forskjellen vil bli i et modent marked, er vanskelig å anslå, men den vil bli lavere enn i dag. I de samlede vurderingene nedenfor har vi lagt inn en differanse på 2 øre/kWh.

6.2 Resultater

Resultatene viser at potensialet for økt bruk av biomasse fra skog i Norge er på nærmere 16 TWh innenfor dagens rammer for et bærekraftig skogbruk. Sentrale forutsetninger for realiseringen av dette potensialet er at forbruket av massevirke i skogindustrien forblir på dagens nivå og at sagtømmeret som avvirkes har avsetning til om lag dagens priser. Nærmere 10 TWh av potensialet er hogstavfall. Økt bruk av sagtømmer i Norge vil også gi mer biprodukter fra trelastindustrien som gir en ytterligere økning i potensialet opp mot 3 TWh avhengig av hvor stor andel av sagtømmeret som brukes i Norge. Tømmeret som avvirkes fordeles til ulike kjøpergrupper. Disse kjøperne har bestemte kvalitetskrav – tømmer med råte, store kvister eller krok kan ikke leveres til sagbruk og tømmer med for mye råte eller av feil treslag kan ikke leveres som massevirke. Samtidig er det slik at en andel av tømmeret vil fordeles etter hvem som betaler mest – små dimensjoner av sagtømmer kan være bedre betalt som massevirke og alt tømmer kan brukes til produksjon av energiflis. Dette innebærer at fremtidige leveranser til bioenergi fra skog er avhengig av etterspørselen i skog-industrien. Sagtømmer har om lag dobbel pris av massevirke og avsetningsmulighetene for sag-tømmer har derfor stor innvirkning på avvirkningsnivået. Sammen med hogstavfall er rundvirket som i dag går til treforedlingsindustrien og plateindustrien (”massevirke”) det viktigste potensialet for energiproduksjon fra skogråstoff. Utviklingen i skogindustrien vil være bestemmende for om noe av dagens massevirke vil bli ”ledig” til energiformål og hvor mye av den potensielt økte avvirkningen av massevirke som vil gå til energiformål. Samtidig er det en utstrakt internasjonal handel med tømmer og økt avvirkning av massevirke eller redusert bruk av massevirke i Norge vil i en viss grad bli eksportert til Sverige. Denne markedsdynamikken skiller ressurskartlegging av biomasse fra til-svarende analyser av vann- og vindressurser som i mindre grad har alternativ anvendelse både i tid og rom.

Hogstavfall brukes i begrenset grad i dag og utnyttelsen kan økes til nærmere 3 TWh frem mot 2020 med dagens prisnivå. Utfordringen ved bruk av hogstavfall er at høyt innehold av askestoffer og varierende fuktighet gjør flis fra hogstavfall lite egnet i mindre forbrenningsanlegg. Hogstavfall har også høyere transportkostnader enn rundvirke og økt utnyttelse er avhengig av utvikling av effektive verdikjeder. Samtidig er utnyttelsen knyttet til dagens hogstaktivitet og kan være enklere å realisere enn økt avvirkning.

Ved utgjør om lag 40% av bioenergibruken i Norge i dag. For 2010 er beregnet vedforbruk i Norge 6,95 TWh, mens det ble redusert til 5,63 TWh i 2011 (SSB 2012). Det beregnede vedforbruket i 2010 tilsvarer et gjennomsnittlig vedforbruk på ca 1,4 favner i alle husholdninger som har vedovn og tilsvarer et virkesforbruk på nivå med årlig avvirkning av massevirke og begge disse forholdene tyder

på at dette er et høyt estimat. Selv om noe av vedforbruket importeres, påvirker dagens vedforbruk potensialet for bioenergi i fremtiden.

Våre analyser viser på samme måte som tidligere studier at skog er den viktigste ressursen for økt bruk av bioenergi i Norge og at bruken av bioenergi kan dobles. Utfordringen er å realisere dette potensialet og også å si noe om hvor mye som vil realiseres til ulike priser. Som pekt på over er avvirkningen i Norge relativt stabil til tross for at potensialet er økende. Skal leveransene av biomasse øke, må hogstavfallet utnyttes i større grad eller avvirkningen øke. Slik sett er Sverige interessant å sammenligne med. Sammenlignet med Sverige er bruken av bioenergi lav i Norge. I Sverige utgjør bioenergi nå 32% av energiforbruket, sammenlignet med om lag 8% i Norge. En stor skogsektor, mindre tilgang på vannkraft og en mer aktiv satsing på fjernvarme og bioenergi er faktorer som forklarer denne forskjellen. Avvirkningen i Sverige var i 2010 på 89,5 mill m^3. Tømmerprisene er om lag på norsk nivå (Skogstyrelsen 2012). Større volum og mer utviklede verdikjeder kan sammen med enklere topografi, mer biomasse per arealenhet og lavere arbeidskraftkostnader forklare hvorfor aktivitetsnivået er relativt høyere i svensk skogbruk.

Økt pris gir alt annet likt økt avvirkning, samtidig vil økte biomassepriser reduserer etterspørselen etter bioenergi. Trømborg et al. (2011) viser at 3-5 TWh mer bioenergi kan realiseres i vannbårne systemer frem mot 2020 avhengig av støttenivå både på tilbuds- og etterspørselssiden. Økt bruk av bioenergi utover dette fordrer produksjon av biodrivstoff eller tvungen konvertering fra olje til bio.

6.3 Konklusjon

. Potensialet for økt tilgang av biomasse fra skog til bioenergi ligger i første rekke i utnyttelse av hogstavfall og økt uttakt av massevirke gjennom økt hogst. For å kunne realisere det siste må det være avsetning for skurtømmer til "fornuftige" priser, siden skurtømmer har høyere pris (50 – 100%) enn massevirke og dermed er den drivende faktoren for avvirkning. Det er derfor lite sannsynlig at økt etterspørsel etter biomasse til energiformål og dermed økte (massevirke-) priser alene vil gi økt hogst.

Vi har også analysert energipotensialet fra andre kilder enn sluttavvirkning: ungskogpleie, tynning og biomasse fra andre arealtyper enn produksjonsskog (f.eks. kantsoner langs veier/jernbane og kulturbeiter). Det tekniske energipotensialet for disse ressursene er begrenset og kostnadene er høye først og fremst på grunn av lav biomassetetthet.

Økning av avvirkningen til balansekvantumet kan gi økte leveranser av biomasse til energiformål på om lag 16 TWh innenfor en fliskostnad på 30 øre per kWh levert anlegg. 60% av dette potensialet er i hogstavfall. Det betyr at bruken av bioenergi kan dobles innenfor en bærekraftig ramme. Samtidig har avvirkningen i Norge vært relativt stabil til tross for at ressurspotensialet er økende. Skal leveransene av biomasse øke, må hogstavfallet utnyttes i større grad eller avvirkningen øke. Økt pris gir, alt annet likt, økt avvirkning, samtidig vil økte biomassepriser reduserer etterspørselen etter bioenergi.

Dersom verdikjedene utvikles vil det være mulig å realiseres om lag 8 TWh fra skog frem mot 2020 ved dagens biomassepriser. Om lag halvparten av dette vil komme fra hogstavfall.

Referanser

Anon 2010. Økt virkestransport på jernbane. Utredning til Landbruks- og matdepartementet og Samferdselsdepartementet. Statens landbruksforvaltning og JernbaneverketNovember – 2010. Tilgjengelig på http://www.mjosen.no/okt-virkestransport-paa-jernbane.4841230-104643.html

Astrup, R., Eid, T., Antón-Fernández, C., Løken, Ø., Søgaard, G. & Eriksen, R. 2012. An assessment of woody biomass in Norway: Total availability and harvest residue cost-supply curves. Submitted to Biomass and Bioenergy.

Berg, L.N., Jørgensen, P.F., Heyerdahl, P.H., og Wilhelmsen, G., 2003. Bioenergiressurser i Norge. Oppdragsrapport nr 7/2003, Norges vassdrags- og energidirektorat (Norwegian Water Resources and Energy Directorate), Oslo.

Bergseng, E., Ask, J.A., Framstad, E., Gobakken, T., Solberg, B., Hoen, H.F., 2012. Biodiversity protection and economics in long term boreal forest management - A detailed case for the valuation of protection measures. Forest Policy and Economics 15: 12-21.

Bernhard, P og Bugge, L. 2006. Biomasse – nok til alle gode formål? Rapport for Norges vassdrags- og energidirektorat. Kanenergi.

Brough, P., 2009. *Exploring the Intentions of Forest Owners to Provide Harvest Residuals for Bioenergy.* Masteroppgave Institutt for naturforvaltning, Universitetet for miljø- og biovitenskap, Ås.

Eid, T. Astrup, R., Løken, Ø. & Eriksen, R. 2011. Biomasse og potensiell energiproduksjon fra trær. Bioenergi 3/11: 16-17.

Eid, T., Brunner, A., Søgaard, G., Astrup, R., Tomter, S., Løken, Ø. & Eriksen, R. 2010. Estimation, availability and production of tree biomass resources for energy purposes – a review of research challenges in Norway. INA-fagrapport nr. 15, 91 pp.

EnergiRapporten, 2012. Sluttbrukerpriser – Flis. EnergiRapporten Årgang 9 Nummer 10 (Torsdag 22. mars 2012) side 11. Utgiver: Tekniske Nyheter DA.

Goltsev, V., Trishkin, M., & Tolonen,T., 2011. *Efficiency of forest chip transportation from Russian Karelia to Finland*. Working Papers of the Finnish Forest Research Institute 189 (http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2011/mwp189.htm)

Grimsrud, E., 2009. *Flisproduksjon.* Seminarpresentasjon. Seminar arranger av Statkraft/Trondheim Energi Fjernvarme, Harstad 11. november 2009.

Gjølsjø, S. og Hobbelstad, K., 2009. Energipotensialet fra skogen i Norge. Oppdragsrapport fra Skog og landskap 09/2009. Norsk institutt for skog og landskap, Ås.

Hamnaberg, H. og Sidelnikova, M. (red.), 2011. Bioenergi i Noreg. Mot ein kostnadskurve for meir uttak. Noregs vassdrags- og energidirektorat, Rapport nr 25-11.

Helynen, S., 2003. Bioenergy: cost reduction in the bioenergy system. Worksop Experience Curves: A Tool for Energy Policy Analysis and Design, IEA, Paris,22.–24. January 2003.

Holhe, A.M.E., 2010. *Planlegging av drift og valg av utstyr til avvirking og transport av energivirke*. Seminarpresentasjon. Seminar arrangert av Forest Power, Stokmarknes, 26. oktober 2010

Jernbaneverket 2012. Jernbanen i tall. http://www.jernbaneverket.no/no/Jernbanen/Jernbanen-i-tall/

Kärhä, K., 2009. *Supply Chains of Forest Chip Production in Finland*. Presentation at BIOENERGY 2009 Confenrence – Sustainable Bioenergy Business 31st August - 4th September 2009, Jyväskylä Paviljonki, Finland.

Kärhä,K., 2011. Industrial supply chains and production machinery of forest chips in Finland. *Biomass and Bioenergy*, 35:3404-3413.

Langerud, B., Størdal, S., Wiiig, H, og Ørbeck, M., 2007. Bioenergi i Norge – potensialer, markeder og virkemidler. ØF-rapport nr. 17/2007, Østlandsforskning.

Løken, Ø., Eriksen, R., Astrup, R. & Eid, T., 2012. *Den totale biomassen av trær i Norge. En tabellsamling.* Ressursoversikt fra Skog og Landskap 1/12:1-37.

Marklund, L. G. 1987. Biomass functions for Norway spruce (Picea abies (L) Karst.) in Sweden (Rapport 43). Department of Forest Survey, Swedish University of Agricultural Sciences.

Norges vassdrags- og energidirektorat 2010. Tilgangen til fornybar energi i Norge - et innspill til Klimakur 2020.

Norsk Institutt for Skog og Landskap 2012 b. Fylkesoversikter. http://www.skogoglandskap.no/search?query=statistikk+over+skogforhold&start=0

Nørstbø, V. S, Johansen, U., Gabriel, H., M., Talbot, B. og Nilsen, J. E. Transport av skogsvrike i kyststrøk. Rapport Sintef A20874. Tilgjengelig på http://www.skogoglandskap.no/filearchive/transport_av_skogsvirke_i_kyststrok.pdf

Olje- og energidepartementet 2008. Strategi for økt utbygging av bioenergi. Tilgjenglig på http://www.regjeringen.no/upload/OED/Bioenergistrategien2008w.pdf

Rørstad, P. K., Trømborg, E., Bergseng, E., Solberg, B., 2010. Combining GIS and Forest Modelling in Estimating Regional Supply of Harvest Residues in Norway. *Silva Fennica*, 44(3), 435–451.

Skog og Landskap 2012a. Landsskogtakeringen. Tilgjengelig på http://www.skogoglandskap.no/temaer/statistikk_fra_landsskogstakseringen.

Skogforsk, 2006. *Systemanalys för uttag av skogsbänsle – et verktyg för fortsatt utveckling.* Resultat från Skogforsk, Nr 6, 2006.

Skogforsk, 2010. *Skogsbränsle: metoder, sortiment och kostnader 2009*. Resultat från Skogforsk, Nr 12, 2010.

Skogforsk, 2011. *Skogsbränsle: metoder, sortiment och kostnader 2010*. Resultat från Skogforsk, Nr 8, 2011.

Skogforsk, 2012. Skogsbränslen i Sverige. http://www.skogforsk.se/sv/Om-oss/Organisation-/Forskning/Skogsbransle/Skogsbranslen-i-Sverige/ (Besøkt 14.05.2012)

SSB 2012a. Kraftliner ved slutten av året, etter linetype (2008 - 2009). http://statbank.ssb.no/statistikkbanken/Default_FR.asp?PXSid=0&nvl=true&PLanguage=0&tilside=selecttable/hovedtabellHjem.asp&KortnavnWeb=elektrisitetaar

SSB 2012b. Jordbruksarealer 2011. http://www.ssb.no/emner/10/04/10/jordbruksareal/tab-2011-11-17-03.html

SSB 2012c. Offentlige veier etter fylke. 2011. http://www.ssb.no/aarbok/tab/tab-415.html

SSB 2012d. Areal ungskogpleie 2010. http://www.ssb.no/skogkultur/tab-2011-06-07-02.html

Skogstyrelsen 2012. Skogstatistikk. http://www.skogsstyrelsen.se/Myndigheten/Statistik/Amnesomraden/

Statens energimyndighet/Statistiska centralbyrån (2012). Träbrensele- och torvpriser Nr 1/2012. Sveriges officiella statistikk. Statistiska meddelande EN 0307 SM 1201.

Statistics Finland, 2012. *Consumer Prices of Domestic Fuels in Heat Production (VAT not included)*. Tilgjengelig fra http://pxweb2.stat.fi/database/statfin/ene/ehi/ehi_en.asp (Lastet ned 08.06.2012).

Søgaard, G., Eriksen, R., Astrup, R. & Øyen, B.-H. 2012. Effekter av ulike miljøhensyn på tilgjengelig skogareal og volum i norsk skog. Rapport fra Skog og Landskap 02/2012: 38 pp + appendikser.

Tahvanainen, T. & Anttila, P., 2011. Suppy chain cost analysis of long-distance transportation of energy wood in Finland. *Biomass and Bioenergy*, 35:3360-3375.

Vennesland, B., Hobbelstad, K., Bolkesjø, T.F., Baardsen, S., Lileng, J. og Rolstad, J., 2006. Skogressursene i Norge 2006. Muligheter og aktuelle strategier for økt avvirkning. Viten fra Skog og landskap 03/2006. Norsk institutt for skog og landskap, Ås.

Vinterbäck, J. og Porsö, C., 2011. WP3 - Wood fuel price statistics in Europe. Report D 3.3, EUBIONET III – Solutions for biomass fuel market barriers and raw material availability - IEE/07/777/SI2.49947. Tilgjengelig på www.eubionet.org (Lastet ned 11.06.2012)

7 VEDLEGG

Vedlegg 1. Skoglig utvikling

Tabell A1. Utvikling i skogsvolum, tilvekst og avvirkning fordelt på treslag og sortiment. Kilde: SSB.

	Stående kubikkmasse (mill. m^3)				Årlig tilvekst (mill. m^3)					Avvirkning utenom ved (1000 m^3)			
										Gran		Furu	
år	I alt	G	F	L	I alt	G	F	L	år	skur	masse	skur	masse
1933	323	171	90	62	10	6	3	2					
1967	435	226	134	75	13	7	3	3					
1986	543	261	178	104	19	10	5	4					
1987	552	264	181	108	19	10	5	4					
1988	561	266	183	112	19	10	5	4					
1989	570	268	186	116	20	10	5	4					
1990	578	271	188	119	20	11	5	4					
1991	588	273	192	124	20	11	5	4					
1992	599	277	195	128	21	11	5	5					
1993	609	280	198	132	21	11	5	5					
1994-1998	652	292	218	141	22	11	6	5	1998	3 020	2 826	1 009	652
1999	686	304	230	152	23	12	6	5	1999	3 152	2 893	949	613
2000	698	309	234	155	23	12	6	5	2000	3 015	2 796	987	618
2000-2004	721	323	238	159	26	14	6	6	2004	2 793	2 808	1 072	632
2001-2005	736	331	242	163	26	14	6	6	2005	2 970	3 273	1 204	780
2002-2006	748	336	245	167	26	14	6	6	2006	2 560	2 923	1 017	715
2003-2007	765	344	249	172	25	14	6	6	2007	3 051	3 182	1 152	753
2004-2008	784	353	255	177	25	13	6	6	2008	2 753	3 312	1 064	854
2005-2009	823	361	261	202	25	13	6	6	2009	2 117	2 767	843	801
2006-2010	842	370	265	207	25	13	6	6	2010	3 099	3 338	1 092	720

Tabell A2. Simulert årlig avvirking fordelt på fylke og periode for basisscenarioet (avvirkning 12 mill. m^3/år samt fylkesvis begrensning, med miljøhensyn). Mill. m^3.

		Periode									
Fylke		**2010**	**2020**	**2030**	**2040**	**2050**	**2060**	**2070**	**2080**	**2090**	**2100**
1	Østfold	0,546	0,60	0,66	0,73	0,80	0,88	0,92	0,82	0,74	0,67
2	Akershus	0,806	0,89	0,98	1,07	1,18	1,08	0,97	0,87	0,78	0,71
3	Oslo	0,056	0,06	0,07	0,07	0,08	0,09	0,10	0,11	0,12	0,13
4	Hedmark	2,656	2,92	3,21	2,89	2,67	2,77	2,69	2,66	2,59	2,68
5	Oppland	1,262	1,39	1,53	1,63	1,67	1,56	1,40	1,26	1,14	1,02
6	Buskerud	1,132	1,24	1,37	1,30	1,17	1,05	1,01	1,05	1,16	1,19
7	Vestfold	0,370	0,41	0,45	0,47	0,43	0,38	0,34	0,31	0,28	0,25
8	Telemark	0,894	0,98	1,02	0,92	0,83	0,74	0,81	0,89	0,90	0,81
9	Aust-Agder	0,460	0,51	0,56	0,61	0,60	0,54	0,48	0,53	0,59	0,64
10	Vest-Agder	0,164	0,18	0,20	0,22	0,24	0,26	0,29	0,32	0,35	0,39
11	Rogaland	0,042	0,05	0,06	0,07	0,08	0,10	0,12	0,14	0,17	0,20
12	Hordaland	0,082	0,10	0,12	0,14	0,16	0,20	0,23	0,28	0,33	0,39
14	Sogn og fjordane	0,082	0,10	0,12	0,14	0,17	0,20	0,24	0,29	0,35	0,42
15	Møre og Romsdal	0,122	0,15	0,18	0,21	0,25	0,30	0,36	0,44	0,52	0,63
16	Sør-Trøndelag	0,352	0,39	0,43	0,47	0,52	0,57	0,62	0,69	0,69	0,62
17	Nord-Trøndelag	0,706	0,78	0,81	0,77	0,85	0,93	1,02	0,92	0,83	0,75
18	Nordland	0,176	0,19	0,21	0,23	0,26	0,28	0,31	0,34	0,38	0,42
19	Troms	0,036	0,04	0,04	0,05	0,05	0,06	0,06	0,07	0,08	0,08
Totalt		9,94	10,97	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00

Tabell A3. Simulert årlig avvirking fordelt på fylke og periode ved nasjonalt balansekvantum med miljøhensyn. Mill., m^3.

		Periode									
	Fylke	**2010**	**2020**	**2030**	**2040**	**2050**	**2060**	**2070**	**2080**	**2090**	**2100**
1	Østfold	0,917	0,917	0,917	0,916	0,917	0,917	0,917	0,917	0,917	0,917
2	Akershus	1,152	1,152	1,152	1,152	1,152	1,152	1,152	1,152	1,151	1,152
3	Oslo	0,115	0,115	0,115	0,115	0,115	0,115	0,115	0,115	0,115	0,115
4	Hedmark	3,368	3,368	3,368	3,368	3,368	3,368	3,368	3,367	3,366	3,368
5	Oppland	1,800	1,800	1,800	1,800	1,800	1,800	1,800	1,800	1,800	1,800
6	Buskerud	1,515	1,515	1,515	1,515	1,515	1,515	1,515	1,515	1,515	1,515
7	Vestfold	0,478	0,478	0,478	0,478	0,478	0,478	0,478	0,478	0,478	0,478
8	Telemark	1,232	1,232	1,232	1,232	1,232	1,232	1,231	1,232	1,231	1,231
9	Aust-Agder	0,744	0,744	0,744	0,744	0,744	0,744	0,744	0,745	0,744	0,744
10	Vest-Agder	0,721	0,721	0,721	0,721	0,721	0,720	0,721	0,721	0,721	0,720
11	Rogaland	0,347	0,347	0,347	0,347	0,347	0,347	0,347	0,347	0,347	0,363
12	Hordaland	0,681	0,681	0,681	0,681	0,681	0,681	0,682	0,681	0,681	0,666
14	Sogn og fjordane	0,529	0,530	0,529	0,529	0,529	0,529	0,529	0,529	0,530	0,529
15	Møre og Romsdal	0,660	0,660	0,660	0,660	0,660	0,659	0,660	0,660	0,660	0,660
16	Sør-Trøndelag	0,697	0,697	0,697	0,697	0,697	0,697	0,697	0,697	0,696	0,697
17	Nord-Trøndelag	1,066	1,067	1,067	1,066	1,067	1,066	1,066	1,066	1,066	1,067
18	Nordland	0,562	0,562	0,562	0,562	0,562	0,562	0,562	0,562	0,562	0,562
19	Troms	0,275	0,275	0,275	0,275	0,275	0,275	0,275	0,275	0,275	0,275
Totalt		**16,85**	**16,85**	**16,85**	**16,86**	**16,86**	**16,85**	**16,85**	**16,85**	**16,85**	**16,85**

Tabell A4. Årlig areal, biomasse og potensiell energiproduksjon basert på biomasse fra ungskogpleie og faktisk areal med utført ungskogpleie (SSB2012d).

Fylke	Prognoser				Faktisk
	Areal (ha)	Biomasse i uttak (tonn)	Biomasse-tetthet i uttak (tonn/ha)	Potensiell årlig energiproduksjon (TwH)	Areal ungskogpleie 2010 etter SSB (ha)
1 Østfold	868	5161	5,95	0,0274	1 716
2 Akershus	1215	6028	4,96	0,0319	1 748*
3 Oslo	105	345	3,30	0,0018	
4 Hedmark	3158	13639	4,32	0,0723	7 459
5 Oppland	1659	6539	3,94	0,0347	2 824
6 Buskerud	1097	5367	4,89	0,0284	3 335
7 Vestfold	548	3652	6,66	0,0194	1 473
8 Telemark	817	3989	4,88	0,0211	1 958
9 Aust-Agder	492	1782	3,62	0,0094	1 678
10 Vest-Agder	293	1621	5,54	0,0086	671
11 Rogaland	129	616	4,77	0,0033	185
12 Hordaland	235	1876	7,99	0,0099	47
14 Sogn og Fjordane	196	1268	6,46	0,0067	60
15 Møre og Romsdal	277	1886	6,80	0,0100	510
16 Sør-Trøndelag	733	2944	4,01	0,0156	1 004
17 Nord-Trøndelag	1348	6391	4,74	0,0339	1 899
18 Nordland	461	2288	4,97	0,0121	540
19 Troms	33	133	3,99	0,0007	167
Totalt	**13 663**	**65 524**	**4,80**	**0,3473**	**27 274**

*Akershus og Oslo

Forenklede kostnadsfunksjoner for GROT vil leveres i excel, slik at disse senere kan knyttes til skoglige data på kommune- og eiendomsnivå for å vise kostnadene for energiflisleveranser på gitt sted,

Vedlegg 2. Biomasse fra andre arealer enn skog

Tabell A5. Biomasse, areal, biomassetetthet og energimengde fordelt på ulike arealkategorier, Det er forutsatt en brennverdi på 5,3 kWh/kg tørrstoff biomasse uansett arealtype og treslag.

Arealtype	Biomasse (mill, tonn tørrstoff)	% av total biomasse	Areal (ha)	Biomasse-tetthet (tonn/ha)	Energi-potensial (TWh)	% av energi-potensial
Areal hvor trær vanligvis måles av Landsskogtakseringen						
Produktiv skog	661,649	90,7	7620237	86,8	3506,7	90,7
Uproduktiv skog	52,800	7,2	2319717	22,8	279,8	7,2
Annet tresatt areal	4,717	0,6	8594307	0,5	25,0	0,6
Hyttefelt	1,568	0,2	47129	33,3	8,3	0,2
Kulturbeite	3,027	0,4	195769	15,5	16,0	0,4
Areal hvor trær vanligvis ikke måles av Landsskogtakseringen						
Kraftlinjer	0,390	0,1	63574	6,1	2,1	0,1
Kanter vei, jernbane etc,	1,254	0,2	198292	6,3	6,6	0,2
Bebygde områder	2,453	0,3	388700	6,3	13,0	0,3
Jordbruksområder	1,397	0,2	971862	1,4	7,4	0,2
Totalt	729,255	100,0	20399586	35,7	3865,1	100,0

Tabell A6. Årlig potensiell bioenergiproduksjon knyttet til ulike arealtyper i Norge fordelt på det enkelte fylke.

Fylke	Årlig potensiell energiproduksjon (TWh)			
	Arealer knyttet til kraftlinjer	Arealer knyttet til jordbruksarealer	Arealer knyttet til beitearealer	Arealer knyttet til veier/jernbane
Østfold	0,0010	0,0270	0,0057	0,0252
Oslo og Akershus	0,0150	0,0299	0,0075	0,0358
Hedmark	0,0128	0,0229	0,0170	0,0494
Oppland	0,0113	0,0087	0,0290	0,0373
Buskerud	0,0106	0,0097	0,0110	0,0288
Vestfold	0,0071	0,0211	0,0058	0,0255
Telemark	0,0091	0,0032	0,0063	0,0245
Aust-Agder	0,0066	0,0005	0,0038	0,0206
Vest-Agder	0,0084	0,0005	0,0090	0,0304
Rogaland	0,0152	0,0033	0,0639	0,0519
Hordaland	0,0279	0,0006	0,0285	0,0676
Sogn og Fjordane	0,0145	0,0006	0,0299	0,0563
Møre og Romsdal	0,0188	0,0015	0,0364	0,0625
Sør-Trøndelag	0,0084	0,0061	0,0201	0,0349
Nord-Trøndelag	0,0073	0,0112	0,0183	0,0310
Nordland	0,0157	0,0003	0,0206	0,0535
Troms	0,0082	0,0002	0,0081	0,0297
Norge	0,2065	0,1473	0,3208	0,6649

Tabell A7 viser årlig potensiell bioenergiproduksjon knyttet til kraftlinjearealer i Norge fordelt på det enkelte fylke, Her er det først tatt utgangspunkt i det totale arealet under kraftlinjer i Norge på 63574 ha registrert av Landsskogtakseringen (se Tabell A5), Det er videre tatt utgangspunkt i en potensielt tilgjengelig biomasse på 0,39 mill tonn tørrstoff (0,0390 tonn tørrstoff årlig forutsatt "omløpstid" på 10 år) fra kraftlinjer i Norge og en biomassetetthet for disse arealene på 6,13 tonn /ha (se Tabell A5), Fordelingen av dette potensialet på fylker er basert på antall km kraftlinjer og gjennomsnittlig produksjonsevne i hvert enkelt fylke,

Tabell A7. Årlig potensiell bioenergiproduksjon fra kraftlinjearealer i Norge fordelt på det enkelte fylke.

Fylke	Linjer (km)	Areal andel kraft-linjer (%)	Areal under kraftlinjer (ha)	Produk-sjonsevne (m^3/ha/år)	Biomasse-tetthet (tonn/ha)	Total bio-masse (mill, tonn)	Årlig pot, biomasse-produksjon (mill, tonn)	Årlig pot, energi-produksjon (TWh)
Østfold	8645	4,7	2984	4,9	6,01	0,018	0,002	0,0010
Oslo og Akershus	12594	6,8	4347	5,3	6,50	0,028	0,003	0,0150
Hedmark	13905	7,6	4800	4,1	5,03	0,024	0,002	0,0128
Oppland	12888	7,0	4449	3,9	4,78	0,021	0,002	0,0113
Buskerud	10993	6,0	3795	4,3	5,27	0,020	0,002	0,0106
Vestfold	4418	2,4	1525	7,2	8,83	0,013	0,001	0,0071
Telemark	9908	5,4	3420	4,1	5,03	0,017	0,002	0,0091
Aust-Agder	7328	4,0	2530	4,0	4,91	0,012	0,001	0,0066
Vest-Agder	7178	3,9	2478	5,2	6,38	0,016	0,002	0,0084
Rogaland	9843	5,3	3398	6,9	8,46	0,029	0,003	0,0152
Hordaland	17295	9,4	5970	7,2	8,83	0,053	0,005	0,0279
Sogn og Fjordane	9121	5,0	3149	7,1	8,71	0,027	0,003	0,0145
Møre og Romsdal	11989	6,5	4139	7,0	8,58	0,036	0,004	0,0188
Sør-Trøndelag	10110	5,5	3490	3,7	4,54	0,016	0,002	0,0084
Nord-Trøndelag	9087	4,9	3137	3,6	4,42	0,014	0,001	0,0073
Nordland	18428	10,0	6361	3,8	4,66	0,030	0,003	0,0157
Troms	10434	5,7	3602	3,5	4,29	0,015	0,002	0,0082
Norge	184164	100,0	63574	5,0	6,13	0,390	0,039	0,2065

Forklaring Tabell A7:

1. Først fordeles totalt areal kraftlinjer i skog registrert for Norge på fylker proporsjonalt med antall km kraftlinjer i hvert fylke. Det forutsettes altså at andelen kraftlinjer i skog er den samme for alle fylker, Antall km kraftlinjer inkluderer alle luftledninger og spenningstyper (SSB 2012a).

2. Deretter beregnes biomassetetthet for hvert fylke ved å veie registrert biomassetetthet for hele Norge (6,13 tonn/ha) med produksjonsevne (Norsk Institutt for Skog og Landskap 2012) for det enkelte fylke og en finner total biomasse per fylke.

3. Forutsetter så at disse arealene ryddes hvert tiende år og at alt blir utnyttet til energi og beregner årlig potensiell energiproduksjon ut fra en brennverdi på 5,3 kWh/kg tørrstoff biomasse.

Tabell A8 og A9 viser årlig potensiell bioenergiproduksjon knyttet til jordbruksarealer og kulturbeite i Norge fordelt på det enkelte fylke. Her er det først tatt utgangspunkt i det totale arealet for slik "skog" på 971862 og 195769 ha registrert av Landsskogtakseringen (se Tabell A5). Det er videre tatt utgangspunkt i en potensielt tilgjengelig biomasse på 1,397 og 3,027 mill tonn tørrstoff (0,0279 og 0,0605 tonn tørrstoff årlig med forutsatt "omløpstid" på 50 år) fra slike arealer i Norge og en biomassetetthet for disse arealene på 1,43 og 15,46 tonn /ha (se Tabell A5). Fordelingen av dette potensialet på fylker er basert på areal for åker og eng (SSB2012b) og gjennomsnittlig produksjonsevne i hvert enkelt fylke.

Tabell A8. Årlig potensiell bioenergiproduksjon fra skogarealer knyttet til jordbruksarealer (åker) i Norge fordelt på det enkelte fylke.

Fylke	Areal åker (da)	Areal andel åker (%)	Areal knyttet til åker (ha)	Produk-sjonsevne (m^3/ha/år)	Biomasse-tetthet (tonn/ha)	Total biomasse (mill, tonn)	Årlig potensiell biomasse-produksjon (mill, tonn)	Årlig potensiell energi-produksjon (TWh)
Østfold	615827	17,8	173020	4,9	1,47	0,254	0,0051	0,0270
Oslo og Akershus	630428	18,2	177122	5,3	1,59	0,282	0,0056	0,0299
Hedmark	623618	18,0	175208	4,1	1,23	0,216	0,0043	0,0229
Oppland	249408	7,2	70072	3,9	1,17	0,082	0,0016	0,0087
Buskerud	251904	7,3	70774	4,3	1,29	0,091	0,0018	0,0097
Vestfold	327712	9,5	92072	7,2	2,16	0,199	0,0040	0,0211
Telemark	87735	2,5	24650	4,1	1,23	0,030	0,0006	0,0032
Aust-Agder	15107	0,4	4244	4,0	1,20	0,005	0,0001	0,0005
Vest-Agder	10982	0,3	3085	5,2	1,56	0,005	0,0001	0,0005
Rogaland	53453	1,6	15018	6,9	2,07	0,031	0,0006	0,0033
Hordaland	9850	0,3	2767	7,2	2,16	0,006	0,0001	0,0006
Sogn og Fjordane	9021	0,3	2534	7,1	2,13	0,005	0,0001	0,0006
Møre og Romsdal	24092	0,7	6769	7,0	2,10	0,014	0,0003	0,0015
Sør-Trøndelag	183891	5,3	51665	3,7	1,11	0,057	0,0011	0,0061
Nord-Trøndelag	348233	10,1	97838	3,6	1,08	0,106	0,0021	0,0112
Nordland	10053	0,3	2824	3,8	1,14	0,003	6E-05	0,0003
Troms	7826	0,2	2199	3,5	1,05	0,002	5E-05	0,0002
Totalt	**3459140**	**100,0**	**971862**	**4,8**	**1,43**	**1,390**	**0,0278**	**0,1473**

Tabell A9. Årlig potensiell bioenergiproduksjon fra skogarealer knyttet til beitearealer (eng) i Norge fordelt på det enkelte fylke.

Fylke	Areal eng (da)	Areal andel eng (%)	Areal knyttet til eng (ha)	Produk-sjonsevne (m^3/ha/år)	Biomasse-tetthet (tonn/ha)	Total biomasse (mill, tonn)	Årlig potensiell biomasse-produksjon (mill, tonn)	Årlig potensiell energi-produksjon (TWh)
Østfold	119198	1,9	3628	4,9	14,78	0,0536	0,0011	0,0057
Oslo og Akershus	145109	2,3	4417	5,3	15,99	0,0707	0,0014	0,0075
Hedmark	426575	6,6	12984	4,1	12,37	0,1606	0,0032	0,0170
Oppland	763085	11,9	23226	3,9	11,77	0,2733	0,0055	0,0290
Buskerud	262995	4,1	8005	4,3	12,97	0,1038	0,0021	0,0110
Vestfold	82879	1,3	2523	7,2	21,72	0,0548	0,0011	0,0058
Telemark	158691	2,5	4830	4,1	12,37	0,0597	0,0012	0,0063
Aust-Agder	96477	1,5	2937	4,0	12,07	0,0354	0,0007	0,0038
Vest-Agder	178364	2,8	5429	5,2	15,69	0,0852	0,0017	0,0090
Rogaland	950608	14,8	28934	6,9	20,82	0,6023	0,0120	0,0639
Hordaland	406008	6,3	12358	7,2	21,72	0,2684	0,0054	0,0285
Sogn og Fjordane	432734	6,7	13171	7,1	21,42	0,2821	0,0056	0,0299
Møre og Romsdal	534867	8,3	16280	7,0	21,12	0,3438	0,0069	0,0364
Sør-Trøndelag	556706	8,7	16945	3,7	11,16	0,1891	0,0038	0,0201
Nord-Trøndelag	522518	8,1	15904	3,6	10,86	0,1727	0,0035	0,0183
Nordland	556495	8,7	16938	3,8	11,46	0,1942	0,0039	0,0206
Troms	238517	3,7	7260	3,5	10,56	0,0767	0,0015	0,0081
Totalt	**6431826**	**100,0**	**195769**	**5,1**	**15,46**	**3,0266**	**0,0605**	**0,3208**

Forklaring Tabell A8 og A9:

1. Først fordeles totalt areal knyttet til jordbruksarealer og kulturbeite i skog registrert for Norge (Tabell A5: 971862 og 195769 ha) på fylker proporsjonalt med arealene for åker og eng i hvert fylke. Arealer åker og arealer eng er basert på (SSB 2012b),

2. Deretter beregnes biomassetetthet for hvert fylke ved å veie registrert biomassetetthet for hele Norge (1,43 og 15,46 tonn/ha) med produksjonsevne (Norsk Institutt for Skog og Landskap 2012) for det enkelte fylke og en finner total biomasse per fylke,

3. Forutsetter så at disse arealene ryddes hvert femtiende år og at alt blir utnyttet til energi, og beregner årlig potensiell energiproduksjon ut fra en brennverdi på 5,3 kWh/kg tørrstoff biomasse.

Tabell A10 viser årlig potensiell bioenergiproduksjon for arealer knyttet til veier og jernbane i Norge fordelt på det enkelte fylke. Her er det først tatt utgangspunkt i det totale arealet registrert for slik "skog" på 198292 ha registrert av Landsskogtakseringen (se Tabell A5). Det er videre tatt utgangspunkt i en potensielt tilgjengelig biomasse på 1,254 mill, tonn tørrstoff (0,1254 tonn tørrstoff årlig med forutsatt "omløpstid" på 10 år) fra slike arealer i Norge og en biomassetetthet for disse arealene på 6,33 tonn /ha (se Tabell A11). Fordelingen av dette potensialet på fylker er basert på antall km med fylkes- og riksveier, og jernbane (SSB 2012c, Jernbaneverket 2012) og gjennomsnittlig produksjonsevne i hvert enkelt fylke.

Tabell A10. Årlig potensiell bioenergiproduksjon fra skogarealer knyttet til veier og jernbane i Norge fordelt på det enkelte fylke.

Fylke	Veier og jern-bane (km)	Areal andel vei/ jernbane (%)	Areal knyttet til vei/ bane (ha)	Produk-sjonsevne (m^3/ha/år)	Biomasse-tetthet (tonn/ha)	Total biomasse (mill, tonn)	Årlig potensiell biomasse-produksjon (mill, tonn)	Årlig potensiell energi-produksjon (TWh)
Østfold	2138	3,8	7576	4,9	6,30	0,048	0,0048	0,0252
Oslo og Akershus	2813	5,0	9967	5,3	6,82	0,068	0,0068	0,0358
Hedmark	4992	8,9	17688	4,1	5,27	0,093	0,0093	0,0494
Oppland	3958	7,1	14025	3,9	5,02	0,070	0,0070	0,0373
Buskerud	2768	4,9	9810	4,3	5,53	0,054	0,0054	0,0288
Vestfold	1468	2,6	5200	7,2	9,26	0,048	0,0048	0,0255
Telemark	2473	4,4	8764	4,1	5,27	0,046	0,0046	0,0245
Aust-Agder	2135	3,8	7566	4,0	5,14	0,039	0,0039	0,0206
Vest-Agder	2418	4,3	8569	5,2	6,69	0,057	0,0057	0,0304
Rogaland	3116	5,6	11040	6,9	8,87	0,098	0,0098	0,0519
Hordaland	3885	6,9	13764	7,2	9,26	0,127	0,0127	0,0676
Sogn og Fjordane	3286	5,9	11643	7,1	9,13	0,106	0,0106	0,0563
Møre og Romsdal	3699	6,6	13107	7,0	9,00	0,118	0,0118	0,0625
Sør-Trøndelag	3906	7,0	13839	3,7	4,76	0,066	0,0066	0,0349
Nord-Trøndelag	3570	6,4	12650	3,6	4,63	0,059	0,0059	0,0310
Nordland	5826	10	20644	3,8	4,89	0,101	0,0101	0,0535
Troms	3511	6,3	12440	3,5	4,50	0,056	0,0056	0,0297
Totalt	55963	100,0	198292	4,9	6,33	1,255	0,1255	0,6649

Forklaring Tabell A10:

1. Først fordeles totalt areal knyttet til jordbruksarealer og kulturbeite i skog registrert for Norge (Tabell A5: 198292 ha) på fylker proporsjonalt med antall kim for veier og jernbane i hvert fylke. Antall km veier gjelder bare risk- og fylkesveier (SSB 2012b). For jernbaner har en fordelt antall km for de ulike banestrekningene (Jernbaneverket 2012) skjønnsmessig på det enkelte fylke.

2. Deretter beregnes biomassetetthet for hvert fylke ved å veie registrert biomassetetthet for hele Norge (6,33 tonn/ha) med produksjonsevne (Norsk Institutt for Skog og Landskap 2012) for det enkelte fylke og en finner total biomasse per fylke.

3. Forutsetter så at disse arealene ryddes hvert tiende år og at alt blir utnyttet til energi, og beregner årlig potensiell energiproduksjon ut fra en brennverdi på 5,3 kWh/kg tørrstoff biomasse.

Vedlegg 3. Kommunevis tilgang

På grunn av mangel på tilgjengelig data på kommunenivå, er det ikke mulig å bruke modelleringsapparatet til å modellere potensialet og tilbudskurver for hvor kommune. Vi har beregnet energipotensialet fra hogstavfall og økt avvirkning av massevirke på kommunenivå ved å bruke en relativt enkel metode. Vi har bruk SSB avvirkingsstatistikk for perioden 2001 – 2010 som referanse. Vi har brukt statistikken til å beregne fordelingen mellom massevirke og skurtømmer, fordelingen av avvirkningen på treslag, samt hver kommunes andel av total avvirkning i fylket. Disse faktorene er antatt å være konstante ved fordelingen av det fylkesvise økte kvantumet i de to hogstscenarioene. Sagt på en annen måte: økt hogst er fordelt proporsjonalt med historisk avvirkning og treslagsfordeling og skurandel er antatt å være uavhengig av hogstnivå. Dette er strenge forutsetninger, og resultatene nedenfor må derfor sees på som svært grove.

For beregning av biomasse i hogstavfall, har vi brukt samme metode som i Rørstad et al. (2010). Denne metoden gir at 1 m^3 avvirket tømmer gir 0,099, 0,129 og 0,110 tonn t.s. for hhv. furu, gran og lauv. Beregningene med denne metoden gir resultater på nasjonalt nivå som er i nærme resultatene presentert ovenfor. Som et eksempel: scenarioet med hogst på 12 mill m^3, gir med denne metoden totalt ca 6,7 TWh/år mens resultatene på nasjonalt nivå presentert tidligere er på ca 6,6 TWh/år. Fordelingen mellom kommuner, er som nevnt ovenfor, beheftet med stor usikkerhet.

Tabell A11 viser resultatene for de 100 største kommunene regnet etter historisk avvirkning. Energipotensialet er beregnet basert på avvirkningen i årene 2001 – 2010. Energipotensialet for de to hogstscenarioene er basert på estimert kommunevis avvirkning minus potensialet basert på historisk hogst. For massevirke er potensialet energimengden i estimert økning i massevirkevolum. Alle tall er således teknisk potensial.

Tabell A11. Årlig energipotensialet i 2020 på kommunenivå for hogstavfall basert på historisk avvirkning (2001 – 2010) og økt potensial fra hogstavfall og fra massevirke utover historisk avvirking for de to hogstscenarioene. Tabellen omfatter bare de 100 største kommunene etter historisk avvirkning.

Kommune		2001 – 2010		Økt potensial, 12 mill m^3		Økt potensial, bal.kvant.	
Nr.	Navn	Avvirkning, 1000 m^3	Potensial hogstavfall, GWh	Massevirke, GWh	Hogstavfall, GWh	Massevirke, GWh	Hogstavfall, GWh
0402	Kongsvinger	235	142.0	55.4	38.7	95.0	66.4
0605	Ringerike	225	132.4	71.9	43.0	137.0	81.9
0425	Åsnes	218	126.4	46.7	34.5	80.1	59.1
0427	Elverum	209	123.7	54.5	33.7	93.5	57.9
0428	Trysil	208	120.7	50.7	32.9	86.9	56.5
0429	Åmot	163	97.3	38.9	26.5	66.8	45.5
0412	Ringsaker	159	101.5	44.7	27.7	76.7	47.5
0423	Grue	159	93.0	32.2	25.4	55.3	43.5
0420	Eidskog	136	83.7	28.6	22.8	49.1	39.2
0221	Aurskog-Høland	126	75.7	52.1	36.2	99.5	69.1
0417	Stange	126	76.7	37.7	20.9	64.7	35.9

Kommune		2001 – 2010		Økt potensial, 12 mill m^3		Økt potensial, bal.kvant.	
Nr.	Navn	Avvirkning, 1000 m^3	Potensial hogstavfall, GWh	Massevirke, GWh	Hogstavfall, GWh	Massevirke, GWh	Hogstavfall, GWh
0536	Søndre Land	121	77.2	33.8	24.0	76.0	53.8
0430	Stor-Elvdal	119	69.6	30.3	19.0	52.1	32.5
0426	Våler (Hedm.)	118	69.5	28.1	19.0	48.2	32.5
0502	Gjøvik	114	73.0	31.8	22.7	71.3	50.9
0419	Sør-Odal	111	68.7	26.3	18.7	45.2	32.1
0534	Gran	109	68.2	31.0	21.2	69.5	47.5
0418	Nord-Odal	100	62.2	24.1	17.0	41.3	29.1
0807	Notodden	92	52.5	56.8	33.9	94.0	56.1
0538	Nordre Land	92	58.7	27.0	18.2	60.7	40.9
0540	Sør-Aurdal	91	57.0	29.1	17.7	65.4	39.7
0432	Rendalen	85	48.4	23.3	13.2	39.9	22.7
0101	Halden	84	50.2	15.3	8.6	70.4	39.7
0623	Modum	81	48.8	25.8	15.8	49.2	30.2
1702	Steinkjer	80	51.2	52.7	33.3	101.9	64.3
0709	Larvik	78	49.3	37.2	20.7	58.1	32.3
0236	Nes (Ak.)	76	45.3	32.2	21.7	61.6	41.4
0237	Eidsvoll	75	47.3	34.5	22.7	65.9	43.3
0604	Kongsberg	73	42.7	21.3	13.9	40.5	26.4
0501	Lillehammer	68	43.8	21.6	13.6	48.5	30.5
0528	Østre Toten	68	43.7	19.5	13.6	43.8	30.5
0806	Skien	67	40.4	45.5	26.1	75.4	43.2
0621	Sigdal	65	38.9	22.0	12.6	42.0	24.1
0119	Marker	62	37.6	9.6	6.4	44.4	29.7
0817	Drangedal	56	31.7	34.7	20.4	57.4	33.8
0631	Flesberg	56	32.7	14.5	10.6	27.5	20.2
0128	Rakkestad	51	30.8	7.8	5.3	36.0	24.3
0238	Nannestad	49	31.5	22.4	15.1	42.8	28.8
0826	Tinn	49	29.5	34.2	19.0	56.7	31.5
0929	Åmli	48	26.0	24.3	15.1	54.7	34.0
1738	Lierne	47	30.4	35.2	19.7	68.1	38.2
0415	Løten	47	27.3	13.0	7.5	22.3	12.8
0626	Lier	47	29.6	15.7	9.6	30.0	18.3
0624	Øvre Eiker	46	27.7	15.3	9.0	29.1	17.1
0522	Gausdal	46	29.8	16.1	9.3	36.0	20.8
1664	Selbu	46	29.4	20.2	12.2	74.8	44.9
0622	Krødsherad	46	28.0	14.9	9.1	28.4	17.3
0728	Lardal	46	29.2	19.4	12.3	30.2	19.1
0118	Aremark	46	27.4	7.2	4.7	33.0	21.7
0919	Froland	45	25.1	26.7	14.6	60.0	32.8

Kommune		2001 – 2010		Økt potensial, 12 mill m^3		Økt potensial, bal.kvant.	
Nr.	Navn	Avvirkning, 1000 m^3	Potensial hogstavfall, GWh	Massevirke, GWh	Hogstavfall, GWh	Massevirke, GWh	Hogstavfall, GWh
0928	Birkenes	44	26.1	25.4	15.2	57.0	34.1
0633	Nore og Uvdal	42	26.2	13.5	8.5	25.7	16.2
0239	Hurdal	42	27.1	18.1	13.0	34.5	24.7
0616	Nes (Busk.)	42	25.4	16.0	8.2	30.5	15.7
1714	Stjørdal	42	26.4	25.2	17.2	48.7	33.2
0529	Vestre Toten	42	26.7	11.4	8.3	25.6	18.6
1736	Snåsa	42	26.6	24.8	17.3	47.9	33.4
0615	Flå	39	23.8	15.6	7.7	29.7	14.7
0235	Ullensaker	39	24.1	19.3	11.5	36.9	22.0
0542	Nord-Aurdal	38	23.7	13.0	7.4	29.2	16.5
0819	Nome	37	21.4	23.7	13.8	39.2	22.9
0105	Sarpsborg	36	22.2	6.3	3.8	29.3	17.6
0829	Kviteseid	36	21.3	22.2	13.7	36.7	22.7
0532	Jevnaker	34	21.0	9.8	6.5	22.1	14.7
1648	Midtre Gauldal	33	21.0	11.3	8.7	41.7	32.0
0533	Lunner	33	20.6	10.4	6.4	23.3	14.4
1653	Melhus	33	20.5	13.5	8.5	50.0	31.2
1824	Vefsn	32	20.8	8.4	4.8	95.6	55.1
0632	Rollag	32	19.3	8.3	6.3	15.7	12.0
0716	Re	32	19.9	15.2	8.4	23.7	13.1
1719	Levanger	31	19.9	20.3	12.9	39.3	25.0
0125	Eidsberg	31	19.5	5.5	3.3	25.3	15.4
0912	Vegårshei	31	17.7	17.3	10.3	38.8	23.2
0301	Oslo kommune	31	19.7	23.6	18.6	68.3	53.7
0137	Våler (Østf.)	30	18.8	5.0	3.2	23.2	14.9
0617	Gol	30	17.8	9.8	5.8	18.7	11.0
0521	Øyer	30	18.9	9.7	5.9	21.8	13.2
0719	Andebu	29	18.3	12.2	7.7	19.1	12.0
1721	Verdal	29	18.4	20.1	12.0	38.9	23.2
0822	Sauherad	29	16.8	16.9	10.8	27.9	17.9
0211	Vestby	29	18.0	12.4	8.6	23.6	16.4
0403	Hamar	28	17.6	8.6	4.8	14.7	8.2
0831	Fyresdal	28	15.8	17.3	10.2	28.7	16.9
0830	Nissedal	28	15.0	16.0	9.7	26.5	16.0
1742	Grong	27	17.5	16.7	11.4	32.2	22.0
0833	Tokke	27	16.8	16.8	10.9	27.7	18.0
0122	Trøgstad	27	16.8	4.3	2.9	19.7	13.3
0541	Etnedal	27	16.8	8.3	5.2	18.5	11.7
0138	Hobøl	26	16.2	4.5	2.8	20.6	12.8

Kommune		2001 – 2010		Økt potensial, 12 mill m^3		Økt potensial, bal.kvant.	
Nr.	Navn	Avvirkning, 1000 m^3	Potensial hogstavfall, GWh	Massevirke, GWh	Hogstavfall, GWh	Massevirke, GWh	Hogstavfall, GWh
0123	Spydeberg	25	16.1	4.6	2.8	21.1	12.7
0106	Fredrikstad	25	15.4	4.9	2.6	22.5	12.2
0827	Hjartdal	25	15.1	15.9	9.8	26.3	16.2
1638	Orkdal	25	15.9	10.1	6.5	37.5	24.2
1825	Grane	25	15.8	6.9	3.7	78.9	41.7
1021	Marnardal	25	14.5	2.2	1.6	70.5	49.8
0714	Hof	25	15.7	10.8	6.6	16.8	10.3
0520	Ringebu	24	15.4	9.3	4.8	20.9	10.8
0121	Rømskog	24	14.3	3.9	2.5	17.8	11.3
0233	Nittedal	24	15.1	11.1	7.2	21.1	13.8
0821	Bø (Telem.)	23	13.6	13.4	8.8	22.2	14.6
	Norge	**8025**	**4878**	**2890**	**1797**	**9188**	**5362**

Denne serien utgis av Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)

Utgitt i Rapportserien i 2012

Nr. 1 Kvikkleireskred ved Esp, Byneset i Trondheim. Kari Øvrelid (20 s.)

Nr. 2 Årsrapport for tilsyn 2011 (40 s.)

Nr. 3 Første inntrykk etter ekstremværet Dagmar, julen 2011 (28 s.)

Nr. 4 Energy consumption. Energy consumption in mainland Norway (59 s.)

Nr. 5 Climate change impacts and uncertainties in flood risk management: Examples from the North Sea Region (62 s.)

Nr. 6 Kvartalsrapport for kraftmarknaden. 4. kvartal 2011. Finn Erik Ljåstad Pettersen (red.) (86 s.)

Nr. 7 Statistikk over nettleie i regional- og distribusjonsnettet 2012. Inger Sætrang (53 s.)

Nr. 8 Flomrisikoplan for Gaula ved Melhus. Et eksempel på en flomrisikoplan etter EUs flomdirektiv (78 s.)

Nr. 9 Inntak Viddal – FoU-prosjekt på tilbakespyling. Sluttrapport. Jan Slapgård (31 s.)

Nr. 10 Oversikt over vedtak og utvalgte saker. Tariffer og vilkår for overføring av kraft 2011 (15 s.)

Nr. 11 Flomsonekart: Delprosjekt Ålen: Kjartan Orvedal, Julio Pereira

Nr. 12 NVEs årsmelding 2011

Nr. 13 Vannet vårt. Hydrologi i Norge 2011

Nr. 14 Capacity building in Hydrological Services Course in Water Level recording and Data Processing at Ministry of Water and Energy 13th – 16th February 2012. Documentation (23 s.)

Nr. 15 Landsomfattende mark- og grunnvannsnett. Drift og formidling 2011. Jonatan Haga og Per Alve Glad (40 s.)

Nr. 16 Challenges in Flood Risk Management Planning. An example of a Flood Risk Management Plan for the Finnish-Norwegian River Tana. Eirin Annamo (59 s.)

Nr. 17 Kvartalsrapport for kraftmarknaden. 1. kvartal 2012. Finn Erik Ljåstad Pettersen (red.)

Nr. 18 Eksempelsamling. Risiko- og sårbarhetsanalyser for kraftforsyningen

Nr. 19 Annual Report 2011 The Norwegian Energy Regulator

Nr. 20 Flomberegning for Levangselva. Lars-Evan Pettersson

Nr. 21 Driften av kraftsystemet 2011. Karstein Brekke (red.)

Nr. 22 Annual report 2009 The cooperation between the Norwegian Agency for Development Cooperation (Norad), the Ministry of Foreign Affairs (MFA) and the Norwegian Water Resources and Energy Directorate (NVE)

Nr. 23 Flaumsonekart. Delprosjekt Naustdal Siss-M ay Edvardsen, Camilla Meidell Roald

Nr. 24 Årsrapport for utførte sikrings- og miljøtiltak 2011

Nr. 25 Kvartalsrapport for kraftmarknaden. 2. kvartal 2012. Finn Erik Ljåstad Pettersen (red.)

Nr. 26 Glimt fra NVEs historie. Per Einar Faugli

Nr. 27 Glimses form the history of NVE. Per Einar Faugli

Nr. 28 Regiontjenesten 100 år. Per Einar Faugli

Nr. 29 Flomsonekart. Delprosjekt Vigeland. Per Ludvig Bjerke og Julio Pereira

Nr. 30 Energibruksrapporten

Nr. 31 Flom og stor vannføring forårsaket av ekstremværet Frida august 2012

Nr. 32 Bioressurser i skog – kartlegging av økonomisk potensial.
Even Bergseng, Tron Eid, Per Kristian Rørstad og Erik Trømborg, UMB

Norges
vassdrags- og
energidirektorat

Norges vassdrags- og energidirektorat

Middelthunsgate 29
Postboks 5091 Majorstuen
0301 Oslo

Telefon: 09575
Internett: www.nve.no