

FORSKJELLEN MELLOM SKOGSVOLUM OG SALGSVOLUM
FOR UTVALGTE GRANBESTAND

THE DIFFERENCE BETWEEN STANDING VOLUME AND
MERCHANTABLE VOLUME IN A SAMPLE OF SPRUCE STANDS

ÅSMUND ASPER

UNIVERSITETET FOR MILJØ- OG BIOVITENSKAP
INSTITUTT FOR NATURFORVALTNING
MASTEROPPGAVE 30 STP. 2007



Sammendrag

Denne oppgaven har gjennom en undersøkelse omfattende 2 områder med til sammen 30 bestand, hatt som mål å estimere økonomisk ikke-utnyttede andel av granbestands stående volum (skogsvolum) før hogst. Videre har oppgaven bestått i å kvantifisere alle stammevolum gjenværende i bestandet etter hogst, tilhørende underkategoriene hogstsvolum og biodiversitetsvolum.

Bakgrunnen for oppgaven har vært tidligere undersøkelser gjort innen dette temaet, men da før maskinell drift tok over så å si all avvirkning i Norge. Da det siden tidligere undersøkelser ble gjennomført, omkring 1980, har kommet tilleggsreglement for avvirkning av bestand (Levende-skog standarden etc.) vil denne påvirkningen også registreres gjennom den foreliggende undersøkelsen.

Alt volum er registrert gjennom systematiske prøveflatetakster innen bestand. Skogsvolum er basert på registreringer av stubber og gjenstående trær etter hogst. Salgsvolum framkommer ved at en fra skogsvolum trekker fra volum av topp og alle gjenværende stammer og stammedeler, stående og liggende.

Gjennomsnittlig salgsvolum for denne undersøkelsen er 94 % av skogsvolum. Den økonomisk ikke-utnyttede andelen er da 6 %, hvor hogstavfall utgjør 3,8 % og gjensatt volumer knyttet til biologisk mangfold 2,2 %. En regresjonsfunksjon for estimat av et bestands økonomisk ikke-utnyttede andel i prosent av skogsvolum (y) er utledet på bakgrunn av skogsvolum/ha(x):

$$y = 21,681 * x^{-1,0053} \quad R^2 = 0,3056$$

Videre kan vi se på tendensene og antyde at bonitet og skogsvolum er de faktorene har mest innvirkning på økonomisk ikke-utnyttet andel og hogstavfall. Faktorer som terreng og relativ hogstalter i forhold til optimalt hogsttidspunkt ser ut til å ha liten innvirkning.

Gjennom undersøkelsen kan vi ane tendenser til økt økonomisk ikke-utnyttede andel i område 1. Dette gir en svak økning i salgsvolum (1,1 %) i område 2 i forhold til område 1, men om dette skyldes ulike driftsmetoder, eller om det er en tilfeldighet, kan vi ikke fastslå gjennom denne begrensede undersøkelsen.

Summary

The aim of this work has been to estimate, through a systematic sample plot inventory, the share of non-profitable volume from a sample of spruce-stands before logging. It has also been of importance to quantify all remaining stem-volumes in the field after the logging has been done.

Similar studies within this subject area have been done previously, but those were done before mechanically performed logging constituted most of the logging in Norway. During the time since the earlier studies were done, additional environmental regulations has come to influence how logging today is performed. Through this study, this influence will also be registered.

Standing volume is based upon registration of stubs and standing trees after logging and volume for sale is standing volume except volumes from tops, and all remaining stems and stem-parts, standing and lying in the falling area.

The average volume for sale in our study is estimated to 94 % of forest volume. The non-profitable share is 6 %, of which 3,8 % is logging waste and 2,2 % is volumes due to the additional environmental regulations. A regression function for estimating a stands non-profitable share in % of forest volume (y), depending on forest volume/ha (x), has been derived:

$$y = 21,681 * x^{-1,0053} \quad R^2 = 0,3056$$

Through this study we can assume that site index and standing volume are factors that have the biggest influence on non-profitable share and logging waste. Factors like terrain and relative age, (i.e. stand age when cut, compared to the stands optimal logging age), does not seem to have any influence on non-profitable share in this study.

We can also assume tendencies to increased share of non-profitable volume in area 1. This gives a minor increase (1,1 %) in volume for sale in area 2 compared to area 1. If this is caused by differences in operation techniques, just by coincidence or any other reason is hard to determine based on this study.

Forord

Denne masteroppgaven markerer avslutningen på 5 års studier med skogfag, de to siste ved Universitetet for Miljø- og Biovitenskap på Ås. Ideen til denne oppgaven kom som et resultat av diskusjon rundt ulike aktuelle temaer med veileder Tron Eid våren 2006 og jeg må også takke Kristian Noer for den invitasjonen til samarbeid som ble budt meg fra Havass Skog tidlig i planleggingsprosessen.

Arild Kolseth, skogbruksleder i Viken skog, har hjulpet meg med utvelgelse av bestand og hjelp med plandata for bestand i Follo. Peter Bevan, skogbruksleder i Havass Skog, har hjulpet meg med tilsvarende i Aurskog-Høland og Rømskog kommuner. Uten disse personene ville ikke denne oppgaven vært gjennomførbar, og jeg er derfor meget takknemlig for all hjelp disse har bistått med.

Borregaard Forskningsfond bidro med økonomisk støtte til en utvidelse av materialet. Dette er jeg er meget takknemlig for, og stort sett hele sommeren 2006 kunne derfor benyttes til feltarbeid.

Jon og Nina Asper har hjulpet meg med utlån av bil til feltarbeidet og hjelp til korrekturlesing. Min bror Halvor Asper har vært behjelpelig med produksjon av kartmaterialet, og jeg er meget takknemlig for den hjelp alle tre har bidratt med til denne oppgaven.

Jeg må også få takke studiekamerater for hjelp og tips underveis i oppgaveskrivingen.

Til slutt vil jeg takke veileder Tron Eid for all nyttig korreksjon underveis, veiledning i bruken av SAS, hele tiden en stødig og strukturert rådgivning og plan for oppgaven, som jeg håper har resultert i noe ikke så veldig langt unna det han hadde forventet. Jeg må også få lov å takke for Trons ”åpen dør” -politikk og kjappe svar på mail, som nok har reddet meg fra en del frustrasjon underveis.

Ås, 14. mai 2007

Åsmund Asper

Innholdsfortegnelse

1. INNLEDNING	1
2. MATERIAL OG METODE	3
2.1 Bakgrunn for valg av metode	3
2.2 Områdebeskrivelse og utvalg av bestand	6
2.3 Registreringer	9
2.3.1. Bestandsregistreringer	9
2.3.2 Prøveflateregistreringer	10
2.4. Beregninger	12
2.4.1 Terrengklasser og relativ alder	12
2.4.2 Skogsvolum for bestand	13
2.4.3 Volum hogstavfall og biodiversitetsvolum	15
3. RESULTATER	17
3.1 Skogsvolum, økonomisk ikke-utnyttet volum og salgsvolum	17
3.2 Økonomisk ikke-utnyttet volum fordelt på hogstavfall og biodiversitetsvolum	19
3.3 Hogstavfall	21
3.4 Biodiversitetsvolum	23
4. DISKUSJON	26
4.1 Økonomisk ikke utnyttet andel	26
4.2 Hogstavfall og biodiversitetsvolum	26
4.3 Fordeling av hogstavfall	28
4.4 Biodiversitetsvolumer	28
4.5 Metode og feilkilder	30
4.6 Praktiske konsekvenser og videre forskning	31
5. KONKLUSJON	32
6. REFERANSER	33
Vedlegg 1. Takstinstruks med registreringsskjema	36
Vedlegg 2. Innsamlede data for område 1	43
Vedlegg 3. Innsamlede data for område 2	44
Vedlegg 4. Tabell for beregning av volum av topp	45
Vedlegg 5. Barktykkelsestabell	46

1. INNLEDNING

Årlig blir det i forbindelse med landsskogtakseringa taksert areal tilsvarende ca 2,8 millioner hektar i Norge. (Skog og landskap 2007a) De senere årene har det vært stor aktivitet når det gjelder utvikling av ny teknikk og nye takstmetoder i skogbruksplanlegginga. Ved Institutt for naturforvaltning (INA), Universitetet for miljø- og biovitenskap (UMB) har det særlig vært fokusert på metodikk og nøyaktighet ved bestemmelse av volum i bestand (Eid & Næsset 1998, Eid 2003, Næsset 2004ab). Dette henger selvsagt sammen med at denne størrelsen er helt sentral når skogbehandlingen skal planlegges. Volumet i bestand er i tillegg en sentral parameter i alle langsiktige avvirknings- og inntektsprognoser som gjøres i forbindelse med skogbruksplanlegginga.

Det volumet som presenteres i skogbruksplanen, eller kommer som et resultat i en prognose, er alltid et brutto skogsvolum under bark og med topp. For skogeieren eller skogforvalteren vil det imidlertid være mer interessant dersom en kunne få presentert bestandsvise anslag for salgsvolum. Et slikt anslag vil være enkelt å gjøre dersom en forutsetter at alt virke i et bestand uten toppen kan utnyttes. En finner da forskjellen mellom skogsvolum og salgsvolum ved å trekke fra summen av alle toppvolum i bestandet. For toppvolum kan en få gode estimater ved hjelp av eksisterende funksjoner (Vestjordet 1968). Forskjellene mellom skogsvolum og salgsvolum vil i et slikt tilfelle bare bli 1-2%.

I praksis er forholdene rundt skogsvolum og salgsvolum mye mer komplisert enn dette. Det vil etter en hogst, i tillegg til toppen, bli liggende igjen hogstavfall i form trær som bare ryddes ned, avkapp og bult på grunn av råte og krok, brekkasje/ødelagte trær og gjenglemte stokker. I tillegg vil det også i varierende grad være trær som med hensikt blir satt igjen av hensyn til biologisk mangfold (Levende Skog-standard 2006), enten som enkelttrær (evighetstrær) eller i små holt. Særlig vil mange trær kunne stå igjen i bestand der det er definert kantsoner mot bekker, elver, myrer eller vann.

Alle forholdene beskrevet over, indikerer at forskjellen mellom skogsvolum og salgsvolum kan være ganske stor. Det er også åpenbart at det vil være store variasjoner mellom ulike bestand. Sett i lys av alt det arbeidet som er lagt ned for å utvikle mer nøyaktige og effektive takstmetoder, er det derfor et paradoks at vi ikke vet om vi skal trekke 10%, 20% eller 30%, eller kanskje mer, fra skogsvolumet, for å finne salgsvolumet.

Tradisjonelt har vi på grunn av topp, bult og annet hogstavfall trukket 10-15% fra skogsvolumet for å lage et estimat for salgsvolumet. Dette er tall som stort sett har vært basert på skjønn og erfaring. Den siste vitenskaplige undersøkelsen når det gjelder mengden hogstavfall ble utført på slutten av 1970-åra (Gulbrandsen 1980). Fra denne undersøkelsen vet vi at forskjellen mellom skogsvolum og salgsvolum varierte med avvirkningsmetode (tynning og sluttavvirkning), bonitet, treslag og andre forhold knyttet til bestandet. Dette er faktorer som helt sikkert også i dag er viktige. Med alle endringene som har skjedd rent teknisk i forhold til avvirkning og med ny praksis relatert til biologisk mangfold, ser vi imidlertid et stort behov for å gjøre en systematisk kartlegging av disse forholdene, både for å finne ut mer om hvilke faktorer som påvirker forskjellen mellom skogsvolum og salgsvolum, og for å kvantifisere denne forskjellen. Gjennom en slik undersøkelse ville en også kunne utvikle modeller (funksjoner) basert på tilgjengelige variabler som estimerer forskjellene mellom skogsvolum og salgsvolum. Slike modeller kan brukes både i skogbruksplanen og i forbindelse med langsiktige prognoser for å finne salgsvolumet. Nytteverdien av informasjon knyttet til volum i bestand vil på denne måten kunne økes betraktelig.

Metoden for dette feltarbeidet er også interessant fordi forrige tilsvarende undersøkelse ble gjort i 1981 (Gulbrandsen 1981). På den tiden hadde ennå ikke maskinell avvirkning tatt over så å si alt uttak av tømmer, og vi ønsker også å få undersøkt om metoden Gulbrandsen brukte for å registrere stammeavfall, fortsatt kan brukes når dagens maskinelle avvirkning har et ganske annet arbeidsmønster enn ved manuell avvirkning. Vil barlagte stikkveier, og med det tildekkede stubber etter hogstmaskinen, forvanske datahøstingen?

Problemstilling

Hovedproblemstilling i denne undersøkelsen vil være å kvantifisere forskjellen mellom bestandsvolum og solgt volum for et utvalg bestand av gran (*Picea abies*). Den forskjellen vi vil finne består av to komponenter; hogstavfall og volum satt igjen knyttet til biologisk mangfold. Videre vil derfor oppgaven bestå i å kvantifisere ulike typer hogstavfall og ulike typer volum gjensatt, knyttet til biologisk mangfold.

Vi ønsker også å kvantifisere hvordan de ulike komponentene varierer for ulike skogforhold som geografisk forskjellige områder, bonitet, terreng og alder.

2. MATERIAL OG METODE

2.1 Bakgrunn for valg av metode

Det er mange praktiske og metodiske utfordringer knyttet til å samle inn data som kan brukes til å kvantifisere forskjellen mellom skogsvolum og salgsvolum i bestand. Det ”ideelle” opplegget med hensyn på nøyaktighet, ville være å gjennomføre en intensiv (mange prøveflater innen bestand) takst før hogsten, og deretter en tilsvarende intensiv takst både av hogstavfall og stående trær etter hogsten. Et slikt opplegg ville kreve en detaljert planlegging og tett oppfølging som involverer skogbruksleder/entreprenør og de som skal gjennomføre takstarbeidet. Opplegget vil også bli svært kostbart. Tabellen under (tabell 1) viser tre alternativer for datainnsamling.

Tabell 1. Alternative datainnsamlingsmetoder.

Parameter	Basert på skogbruksplan og hogstmaskin ¹⁾	Basert på skogbruksplan og innmålte data ²⁾	Basert på prøveflatetakst ³⁾
Skogsvolum	Fra skogbruksplanen	Fra skogbruksplanen	Beregnes
Avvirkede trær	-----	-----	Registreres
Hogstavfall	Beregnes	Beregnes	Registreres
Stående trær etter hogst	Beregnes	Beregnes	Registreres
Salgsvolum	Fra hogstmaskin	Fra innmålte data	Beregnes

- 1) Forskjellen mellom skogsvolum og salgsvolum beregnes ut fra data i skogbruksplanen og data fra hogstmaskinen. Det må da forutsettes at alt virke som blir registrert i hogstmaskinen faktisk blir et salgsvolum. Et problem med et slikt opplegg er at stokker kan gjenglemmes i skogen. Opplegget vil derfor kunne føre til at en systematisk overvurderer salgsvolumet og undervurderer forskjellen. I tillegg er det også (til dels store) tilfeldige og/eller systematiske feil knyttet til volum i skogbruksplanen (Eid & Næsset 1998). Det er også svært viktig med godt samsvar mellom arealet som er registrert for bestandet i planen og det arealet som faktisk er avvirket. Små avvik her vil kunne gi store utslag for både skogsvolum og salgsvolum, og dermed for forskjellen. En totalvurdering av hele opplegget tilsier at det vil være stor usikkerhet knyttet til anslagene på bestandsnivå. Med et stort materiale (mange bestand) vil en imidlertid kunne få relativt sikre estimater for grupper av bestand (f. eks. inndeling etter høy, middels og lav bonitet).

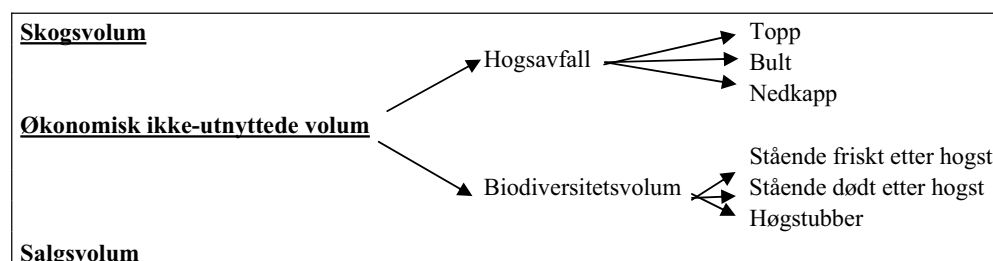
Det vil heller ikke i et slikt opplegg være mulig å skille mellom vanlig hogstavfall og trær som med hensikt er satt igjen.

- 2) Forskjellen mellom skogsvolum og salgsvolum beregnes ut fra data i skogbruksplan og data innmålt av tømmermålinga. Hovedutfordringen knyttet til dette opplegget vil være relatert til målemetodene som brukes for å registrere skurtømmer (toppmåling) og massevirke (fastmasse-bedømmelse). En tidligere undersøkelse har vist at skogsvolumet blir noe høyere enn volumet som blir bestemt gjennom stokkmåling (Guldbrandsen 1981). Forskjellen mellom skogsvolum og salgsvolum vil derfor i dette tilfelle kunne bli noe overvurdert. Usikkerheten knyttet til skogbruksplandata og problemet med samsvar mellom areal i plan og faktisk avvirket areal vil være de samme som beskrevet under opplegg 1.
- 3) For et nett av systematisk utlagte prøveflater i bestand som nylig er avvirket, registreres volumet for alle trær som er avvirket, alt hogstavfall og alle trær som står etter hogst. Skogsvolum estimeres som summen av alle disse tre komponentene. Salgsvolum framkommer dermed fra de trærne som er registrert som avvirket. På grunn av registreringsopplegget blir det også mulig å skille mellom vanlig hogstavfall og trær som med hensikt er satt igjen. Med en systematisk prøveflatetakst vil en heller ikke være avhengig av et helt nøyaktig bestandsareal fordi alle volum bestemmes per hektar. På prøveflatene bestemmes volum for trær som er avvirket ved at diameteren registreres ved stubbeavskjær. Hovedutfordringen her vil dermed være knyttet til å bestemme avsmalingen fra stubbeavskjær og opp til brysthøyde, og til å estimere høyden på disse ”trærne”. En kan her ta utgangspunkt i standard avsmalningstabeller og høydeklasse fra prøvetrær som enten velges ut på prøveflata eller fra ”like” bestand i umiddelbar nærhet. Volumet beregnes med volumfunksjoner for enkelttrær (Vestjordet 1967). Når det gjelder volumbestemmelse av hogstavfallet kan en basere seg på metodikk beskrevet av Guldbrandsen (1980).

Ut fra kriteriene ovenfor, ble en løsning så å si lik alternativ 3 valgt. Dette fordi det krever ingen samkjøring med entreprenører under hogst, da alle registreringer skjer i etterkant. I tillegg gjøres alle nødvendige registreringer under en og samme prøveflatetakst, noe som også er med på å senke kostnadene, og all nødvendig informasjon som plandata etc. kan innhentes fra skogbruksleder.

Metoden med prøveflater vil kun gi svaret i m³ pr daa eller ha, og det gis med dette ingen indikasjon om det volumet som er oppnådd kommer av at det er hogd utover bestandets grenser for å nå målet i antall m³.

Den valgte metoden, en systematisk prøveflatetakst (se f. eks Fitje 1989), består i å legge ut et prøveflatenett av flater på 200 m² hvor alle stubber diametermåles, og alt stammeavfall og stående volumer gjensatt på prøveflata registreres. Ut fra disse dataene får vi tilnærmet volum for det bestandet som ble hogd (skogsvolum). Figur 1 viser oversikt over registrerte volum.



Figur 1. Oversikt over ulike registrerte volum.

Fra skogsvolum trekkes alle registrerte liggende og stående volumer gjenværende i bestandet etter hogst (økonomisk ikke-utnyttede volumer). Når økonomisk ikke-utnyttede volumer er fratrukket, er det resterende det som kan ventes solgt (salgsvolum).

Økonomisk ikke-utnyttede volumer består av to kategorier; hogstavfall og biodiversitetsvolum. Hogstavfallet er delt opp i stammevolumene topp, bult og nedkapp. Kategorien biodiversitetsvolum deles opp i de tre kategoriene stående friskt etter hogst, stående dødt etter hogst og høgstubber. Biodiversitetsvolum er basert på regelverk for gjensetting av volumer etter hogst, knyttet til biologisk mangfold, for eksempel etter "Levende skog standarden" (2006) som sier blant annet følgende om gjensetting av volumer på hogstflate:

- "Ved hogst skal det settes igjen i gjennomsnitt 10 stormsterke trær pr. ha som livsløpstrær, gjerne i grupper".
- "Stående døde lauvtrær, grov død furu og naturlige høgstubber av alle treslag skal som regel spares ved hogst".
- "...Høgstubber kan inngå som del av antall livsløpstrær".

- ”Med naturlig hogstubble menes dødt tre der øvre del har falt av. Med kappet hogstubble menes tre som kappes høyere enn ca 3 meter”.

2.2 Områdebeskrivelse og utvalg av bestand

Et av kriteriene for valg av bestand, var at bestand tatt med i undersøkelsen måtte ha skogbruksplan, hvilket begrenset mulighetene noe, men 15 bestand i hvert område ble valgt ut. I tillegg var kun bestand hogd høsten 05 eller vinter/vår 06 aktuelle, da hogstflatene måtte være så urørt som mulig, uten inngrep som uttak av ved eller lignende.

Videre ble det satt følgende kriterier for utvelgelse av bestand:

- bestandet må ha hatt en treslagsfordeling med minst 80 % gran,
- det ble tatt sikte på variasjon over bonitetsskalaen, hvor ønskelig fordeling var;
 - 1/3 på lav bonitet G 8-11
 - 1/3 på middels bonitet G 14-17
 - 1/3 på høy bonitet G 20 -

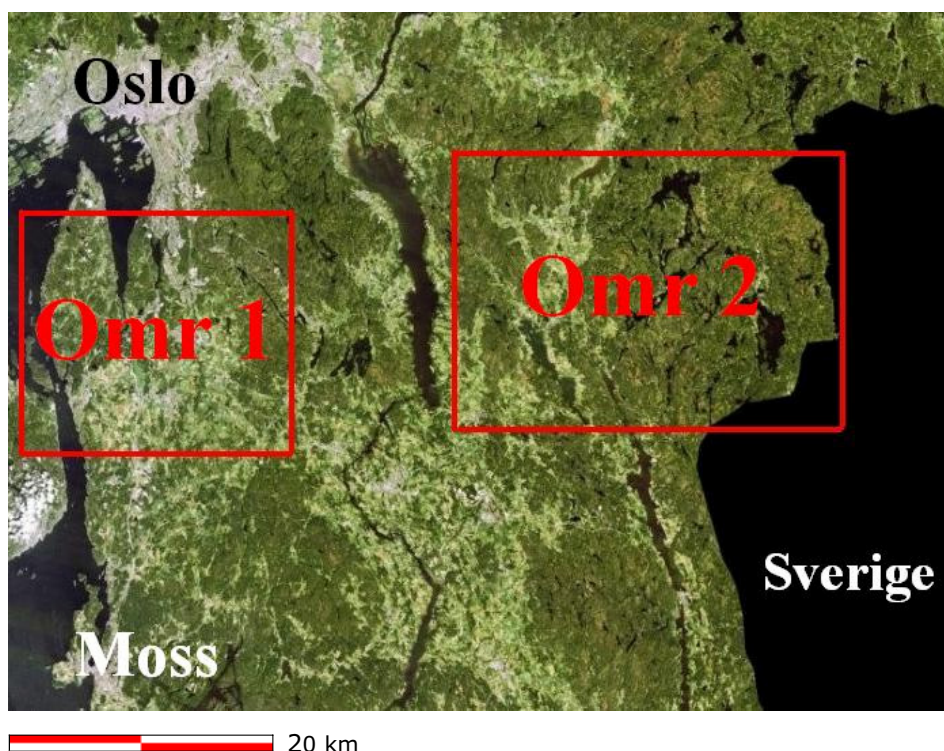
Ved utvalg av bestand måtte det sørges for at det fantes nabobestand eller gjensatte deler av det hogde bestandet, for uttak av prøvetrær, med samme eller tilnærmet lik bonitet, hogstklasse og treslagsfordeling som det avvirkede bestandet.

For å få variasjon i dataene ønsket vi å gjøre registreringer flere steder, både med tanke på terrengvariasjoner, men også for økte variasjoner innen klima og vekstforhold. I tillegg var det ønskelig å registrere om det kunne være noen forskjell i selve utførelsen av hogsten i ulike områder, slik at en geografisk spredning kunne være gunstig med tanke på dette også.

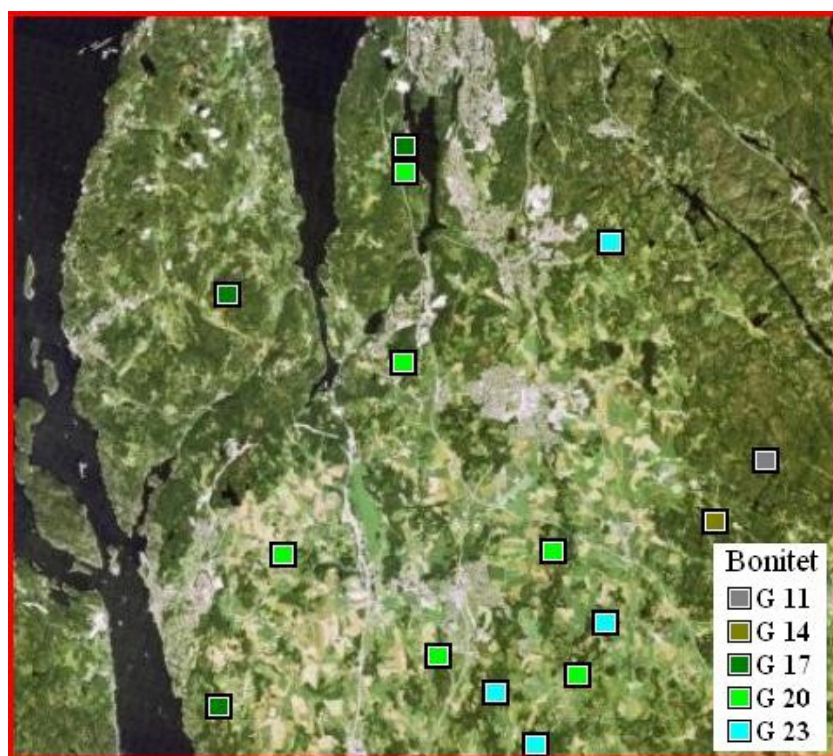
Feltarbeidet ble lagt til Østlandet, sør-øst for Oslo og inn mot grensen til Sverige (Figur 2).

Område 1 (Figur 3) ligger i Follo, Akershus fylke. Bestandene som ble valgt er avvirket gjennom Viken skogeierforening.

Figur 4 viser område 2 som ligger i Aurskog-Høland og Rømskog kommuner og avvirkningen av disse bestandene er administrert gjennom Haldenvassdragets skogeierforening (Havass).



Figur 2. Oversiktskart over studieområde 1 og 2 (Kilde: www.norgebilder.no).



Figur 3. Utvalg bestand og bonitetsfordeling for område 1 (Kilde: www.norgeibilder.no).



Figur 4. Utvalg bestand og bonitetsfordeling for område 2 (Kilde: www.norgeibilder.no).

Generelt er det noe høyere bonitet i område 1, som befinner i et område med stor jordbruksaktivitet, slik at fordelingen av bestand heller noe mot en høyere snittbonitet her enn i område 2. Tabell 2 viser hvordan den endelige fordelingen på bestand og bonitet ble, for de ulike områdene og totalt.

Tabell 2. Antall bestand fordelt på bonitet og område.

Område	G 11	G 14	G 17	G 20	G 23	Gj. snitt
1	1	1	3	6	4	19,2
2	2	5	3	5	0	16,2
Totalt	3	6	6	11	4	17,7

2.3 Registreringer

2.3.1. Bestandsregistreringer

Gjennom skogbrukslederne ble oversikt over hvilke eiendommer det var hogd på siste høst/vinter/vår gitt, og tillatelse fra skogeierne ble innhentet for å gjøre registreringer der. Ved besiktigelse av bestandet, ble først arealet bestemt. Av hensyn til prøveflatas utforming ble første takstlinje lagt en halv takstlinjeavstand fra bestandsgrensens ytterpunkt og kompasskurs for takstlinjen ble stukket ut. Første prøveflate ble lagt i halv prøveflateavstand fra bestandskant. På bakgrunn av arealet ble forbandet mellom prøveflatene bestemt og avstand mellom prøveflatene var antall meter mellom senterpinnene. Linjeavstand var tilsvarende avstand mellom senterpinne på siste prøveflate, til kompasskurs for neste takstlinje. Forholdet mellom bestandsstørrelse og forband er vist i tabell 3.

Tabell 3. Tabell over sammenligningen mellom bestandsstørrelse og prøveflateforband.

Bestandsareal (da)	Avstand (m) mellom		Ca. antall prøveflater
	Takstlinjer	Prøveflater	
6	30	25	8
8	30	30	9
10	35	30	10
12	35	35	10
14	40	35	10
16	40	40	10
18	45	40	10
20	45	45	10
25	50	50	10
30	60	50	10
35	60	60	10
40	65	60	10
45	65	65	11
50	70	70	10

For hvert bestand ble det gjort tre driftstekniske vurderinger;

- **Bratthet:** bestandets gjennomsnittlige bratthet i prosent (stigningsmåler).
- **Jevnhet:** jevnt, noe ujevnt, blokkmark (1, 2, 3) (skjønn).
- **Bæreevne:** god, vekslende, liten, svak (1, 2 3, 4) (skjønn).

2.3.2 Prøveflateregistreringer

På prøveflatene ble diameterklasser registrert og treslag bestemt for alle stubber og stående volumer med stubbediameter over 7 cm innenfor en radius av 7,98 m fra flatesentrum (200 m² flate). Disse registreringene er bakgrunn for skogsvolumberegninger (se Figur 1).

Prøvetrær ble valgt, og enten ble tips gitt av skogbruksleder om hvor tilsvarende skog og bonitet kunne finnes, ellers ble prøvetrærne tatt av kantsoner eller gjensatte deler av bestandet. I en rett linje fra siste prøveflate, og 15 m inn i bestandet ble de 10 første prøvetrærne, kun gran, tatt ut med relaskopfaktor 1, målt fra linjeretningen og mot urviseren. På prøvetrærne ble stubbediameter (0,3 m fra midlere marknivå), diameter i brysthøyde (1,3 m fra midlere marknivå, $d_{1,3}$) og høyde, målt. Tabell 4 viser antall registrerte bestand og prøveflater.

Tabell 4. Antall registrerte bestand og prøveflater.

	Totalt (n 30)		Område 1 (n 15)		Område 2 (n 15)	
	Sum	Gj. snitt	Sum	Gj. snitt	Sum	Gj. snitt
Antall bestand	30		15		15	
Antall flater	266	8,87	131	8,73	135	9
Antall prøvetrær	294	9,8	145	9,67	149	9,93

Totalt utgjorde undersøkelsen av 30 registrerte bestand, hvor det totalt ble utlagt 266 prøveflater og det ble tatt ut 294 prøvetrær. Resten av registreringene på prøveflata besto i å treslagsbestemme og å gjøre registreringer for volumbestemmelse av alt hogstavfall og biodiversitetsvolum innenfor prøveflata (se Figur 1 og Tabell 5) og kategorisere det i tre kategorier.

Alt stammeavfall som ikke ble kategorisert som topp eller nedkapp, ble slått sammen i kategorien "bult". Dette inkluderte bult, gjenliggende stokker, alle stammedeler med kapp i begge ender og hogststubber/stående tørre trær. Diameter i begge ender (d_1 og d_2) ble registrert og lengde (l) målt i tillegg til treslagsbestemmelse. For stående døde trær ble kun diameter i

stubbeavskjær registrert. Ved registrering av høgstubber ble stubbediameter registrert, men om kappet på toppen var for høyt for registrering, ble det gjort et anslag på diameter, etter skjønn, i forhold til målt høyde og avsmalning etter denne. For i ettertid å kunne gå tilbake og se hvilke volumer pr prøveflate som er stående, ble disse merket av i takstskjemaet.

For kategorien ”nedkapp” ble alle nedkappede eller nedkjørte trær med brysthøydiameter ($d_{1,3}$) over 7 cm registrert, lengdemålt og treslagsbestemt og om deler av treet lå utafor prøveflata, ble øvre (d_1) og nedre (d_2) diameter og lengde registrert for vanlig volumkubering (se bult).

Alle topper fordelt på gran, furu og lauv ble registrert i denne kategorien med diameter i kappet. Når deler av toppen lå utenfor flata, ble kappdiameter og diameter der toppen krysset ut av prøveflata, og lengde registrert. For disse toppene hvor ikke hele toppen lå inne på flata ble volum beregnet på samme måte som for bult.

Tabell 5. Ulike registreringer foretatt på prøveflata.

Ulike typer registreringer utført i feltarbeidet				
Type registrering	Benevnelse	Forklaring	Registreringer + treslag	Ant. reg.
Volum registreringer	Dstubbe	diameter av alle stubber på flata	d_1	3473
	Stående trær	gjensatte trær, evighetstrær, frøfuru osv.	d_1	205
Avfalls-registreringer	Nedk hel	Hele nedkappede trær innenfor prøveflata	$d_1 + d_2 + l$	
	Nedk del	Nedkappede trær der delvis på prøveflata	$d_1 + d_2 + l$	432
	Bult	Volum med to kapp, gjenglemt, bult osv.	$d_1 + d_2 + l$	859
	Topp hel	topp, der hele ligger innefor	d i kappet	
	Topp del	topp delvis innenfor prøveflata	$d_1 + d_2 + l$	2494
Biodiversitets-volum	Høgstubbe	Stående virke med kapp i topp	$d_{\text{stubbe}} + \text{estimert } d_{\text{topp}} + h$	
	Tørt stående	Hele tørre stående trær	$d_{\text{stubbe}} + h$	51

2.4. Beregninger

2.4.1 Terrengklasser og relativ alder

Ut fra de driftstekniske registreringene og Gjædtjernet & Bjerketvedt (2003) ble hver kategori gitt verdier fra 1 til 3, og opp til 4 for bæreevne. For bratthet er det stigningsprosent som avgjorde klassene, mens det for jevnhet og bæreevne er gjort en skjønnsmessig vurdering.

- Bratthet:
1. 0 % < 10 % stigning
 2. 10 % < 19,9 % stigning
 3. 20 % stigning og mer

- Jevnhet:
1. Jevnt
 2. Noe ujevnt
 3. ujevnt/blokkmark

- Bæreevne:
1. God
 2. Vekslende
 3. Liten
 4. Svak

Summen av disse registreringene pr bestand ble slått sammen og vurdert helhetlig. Ut fra dette ble det for hvert bestand gitt en samlet vanskelighetsgrad for driftsforhold:

- Terrengklasse:
- 1, lett (3 og 4 poeng)
 - 2, middels (5 og 6 poeng)
 - 3, vanskelig (over 6 poeng)

For å finne relativ alder deles bestandets alder ved avvirkning, på optimal hogstmodenhetsalder for de ulike bonitetene (Braastad 1975), og dette gir relativ alder pr. bestand. Vi kan derfor sammenligne alle bestands hogstavfall og biodiversitetsvolum opp mot bestandets relative alder. Relativ alder = Bestandets alder ved hogst / optimal hogstmodenhetsalder

De ulike relative aldrene grupperer vi i tre grupper:

- | | |
|----------|------------------------------|
| Gruppe 1 | Relativ alder = $< 0,89$ |
| Gruppe 2 | Relativ alder = $0,9 < 1,09$ |
| Gruppe 3 | Relativ alder = $1,1 <$ |

2.4.2 Skogsvolum for bestand

Påfølgende kapittel er et utdrag fra vedlegg om beregning av volum for prøveflater (Eid & Fitje 1993). Med bakgrunn i stubbe-, brysthøyde- og høydemålinger er det beregnet to volum pr prøvetre, treets "virkelige volum" etter prøvetreets mål og "tariffvolum", som blir beregnet med høyde etter høydeklasse 1,0.

Høyde i meter (h) etter høydeklasse 1.0 er beregnet etter følgende funksjoner:

$$\text{Gran dmb} \geq 15 \text{ cm: } h = -14,17 + 20,86 * \log(\text{dmb})$$

$$\text{Gran dmb} < 15 \text{ cm} \quad h = 1,3 + 0,6 * \text{dmb}$$

Dmb er brysthøydiameter med bark i cm.

For å finne nyttbart virke under bark (ub) må volumet av treet under bark også beregnes. Med fratrekk for dobbel barktykkelse i mm (b), beregnes også dette etter funksjoner for gran og furu, og også her inngår høydefunksjonen. Det må derfor beregnes et nyttbart volum med treets høyde og et nyttbart volum med høyde etter høydeklasse 1.0. Dobbelt barks volum med funksjoner for de ulike treslagene:

Gran (Vestjordet 1967):

$$b = -0,34 + 0,831648 * \text{dmb} - 0,002832 * \text{dmb} * \text{dmb} - 0,010112 * h * h + 0,700203 * \text{dmb} * \text{dmb} / (h * h)$$

Furu (*Pinus sylvestris*) (Brantseg 1967):

$$b = 2,9571 + 1,1499 * \text{dmb} - 0,7304 * \text{dmb} / h$$

Lauv (Braastad 1966):

$$b = 1,046 * \text{dmb}$$

Ut i fra de ”virkelige” målene kan det nå beregnes et ”virkelig volum” (v) under bark og det kan også beregnes et ”tariffvolum” (vt) på tilsvarende måte for hvert prøvetre ut fra høyde etter høydeklasse 1.0 og tilhørende diameter under bark. De samme volumfunksjonene brukes for å beregne ”virkelig” volum og ”tariffvolum”.

Gran (dub < 13 cm) (Vestjordet 1967):

$$V = -27,19 + 0,0073 * \text{dub} * h + 0,5667 * \text{dub} * h - 1,98 * h + 2,75 * \text{dub}$$

Gran (dub ≥ 13 cm) (Vestjordet 1967):

$$V = 8,66 + 0,01218 * \text{dub} * \text{dub} * h + 0,02976 * \text{dub} * h * h - 0,31373 * h * h + 0,25452 * \text{dub} * h$$

Furu (Brantseg 1967):

$$V = -3,5425 + 0,128182 * \text{dub} * \text{dub} + 0,028268 * \text{dub} * \text{dub} * h + 0,008216 * \text{dub} * h * h$$

Lauv (Braastad 1966):

$$V = -1,48081 + 0,16949 * \text{dub} * \text{dub} + 0,01834 * \text{dub} * \text{dub} * h + 0,01018 * \text{dub} * h * h - 0,0451 * h * h$$

Hvert prøvetre får derfor to volum, og det beregnes et forholdstall mellom disse.

$$f = v/vt$$

Gjennomsnittlig forholdstall for hvert bestands prøvetrær blir korreksjonsfaktoren for gran (KFG) vi bruker for å finne hvert bestands volum, da utregningene for bestandsvolum skjer etter høydeklasse 1.0.

Det er kun tatt prøvetrær av gran, mens volum fra stubber og stående volum for furu og lauv pr. prøveflate også skal beregnes, har vi valgt å bruke korreksjonsfaktor for furu og lauv i forhold til KFG som vist i tabell 6.

Tabell 6. Omregningstall for korreksjonsfaktor furu og lauv (Eid & Fitje, 1993).

Bestand med gran og:	Omregning
Furu	$KFF = 0,5 + 0,49 * KFG$
Lauv	$KFL = 0,79 + 0,31 * KFG$

Da alle volumfunksjoner går ut fra brysthøydiameter ($d_{1,3}$), og kun stubbediameter er registrert (dstubbe), måtte det derfor ”utledes” en regresjonsfunksjon for brysthøydiameter gitt fra stubbediameter. Beregnet i SAS, med en RMSE (tilfeldig feil) på 21,3 mm og en R^2 på 0,955 ble denne funksjonen laget:

$$d_{1,3} = 14.2516 + 0,7366 * (\text{dstubbe} * 10)$$

Ved å sette stubbediameter (dstubbe) i cm, får en brysthøyde gitt i mm.

2.4.3 Volum hogstavfall og biodiversitetsvolum

Øvre og nedre diameter ($d1$ og $d2$) og lengde (l) er registrert på all bult og for høgstubber er det gjort tilsvarende målinger og anslag slik at høgstubber og bult volumberegnes likt. Alle volumberegninger er volumberegninger under bark, og ulike diameter gir ulike barktykkelse for de ulike treslagene. Barktykkelsen er avlest fra tabell for barktykkelse etter diameter (vedlegg 5), lagd etter figur for barktykkelse fra Eid (1987). Denne tabellen gir dobbel bark i mm (b) som fratrekkes $d1$ og $d2$. Diameter under bark (ub) og lengde (l) settes så inn i formelen for midtmålskubering (Fitje 1989).

$$\text{Volum} = \pi/4 * ((d1 + d2)/2)^2 * l$$

Alle mål skrives inn som dm, og svaret gis i dm^3 .

Volumberegningene for nedkapp er gjort under bark og det er brukt barkfunksjoner for de ulike treslagene når hele treet ligger innenfor flata (se kap 2.4.2). Der bare deler av treet er innfor blir $d1$ og $d2$ og lengde registrert, og volum beregnes som for bult. Siden de volumene

som bare kappes/kjøres ned som oftest er små, har vi for nedkapp valgt å bruke funksjonene til Vestjordet (1967):

Inn i formelen settes diameter (dub) som cm og lengde (l) som meter, volumet gis da i dm³.

dub ≤ 10 cm:

$$\text{Volum} = 0.38 + 0.02524 * \text{dub}^2 * l + 0.01269 * \text{dub} * l^2 - 0.07726 * l^2 + 0.11671 * \text{dub} * l$$

10 cm < dub < 13 cm:

$$\text{Volum} = -27.19 + 0.0073 * \text{dub} * l^2 - 0.0228 * l^2 + 0.5667 * \text{dub} * l - 1.98 * l + 2.75 * \text{dub}$$

dub ≥ 13 cm:

$$\text{Volum} = 8.66 + 0.01218 * \text{dub}^2 * l + 0.02976 * \text{dub} * l^2 - 0.31373 * l^2 + 0.25452 * \text{dub} * l$$

Volumberegningene for toppen er blitt gjort ved å finne grunnflateveid middeldiameter (Dg) for stubbene på hver prøveflate. Med bruk av funksjonen for brysthøydiameter fra stubbediameter, finner vi så Dg for brysthøyde. Dg for brysthøyde og toppens kappdiameter er inngangsverdier i Vigerusts tabell for toppvolum (Heje/Nygaard 1978). Da denne tabellen har 12 cm som største beregningsverdi har vi ekstrapolert for å finne volumet av de større toppene og lagt disse som tillegg til tabellen (Vedlegg 4).

Høgstubber har to kapp og lengde og kuberes derfor som vanlig bult under bark med fratrekk for bark etter barktabell (Vedlegg 5).

For tørre trær er stubbediameter (dstubbe) og høyde (h) registrert, og med funksjonen for brysthøydiameter fra stubbediameter, kan tørre trærers volum beregnes som enkelttre ub ved hjelp av barkfunksjonene og videre volumfunksjonene for de ulike treslagene, som vist ved beregning av tariffvolum for bestand (se kap 2.4.2).

Beregningsgrunnlaget for mine resultater er vist for område 1 i vedlegg 2, og for område 2 i vedlegg 3.

3. RESULTATER

3.1 Skogsvolum, økonomisk ikke-utnyttet volum og salgsvolum

Tabell 7. Økonomisk ikke-utnyttet volum totalt og områdevis.

Område	Totalt (n 30)		Område 1(n 15)		Område 2 (n 15)	
	m ³ /ha	%	m ³ /ha	%	m ³ /ha	%
Skogsvolum	380,8	100	385,8	100	375,9	100
Øk. ikke-utnyttet	22,9	6,0	25,3	6,6	20,6	5,5
Salgsvolum	357,9	94,0	360,4	93,4	355,3	94,5

Tabell 7 viser skogsvolum og økonomisk ikke-utnyttede volumer i m³/ha og i prosent av skogsvolumet. I bunnen trekkes det samlede økonomisk ikke-utnyttede volumet fra skogsvolum, og vi får da anslag for det gjennomsnittlige salgsvolum for hele undersøkelsen. Gjennomsnittlig ligger og står 6 % av skogsvolumet på flata etter hogst, noe som utgjør ca 23 m³/ha.

Når vi deler opp materialet og ser på de to områdene hver for seg, ser vi at det er en viss forskjell mellom de to. Pr hektar er det større skogsvolum i område 1, men det er til gjengjeld større andel økonomisk ikke-utnyttede volumer enn i område 2, slik at forskjellen på ca 10 m³/ha i skogsvolum, blir kun 5 m³/ha for salgsvolum. Prosentvis selges 1,1 % mer av skogsvolumet i område 2 enn i område 1. I område 1 er det omtrent 25 m³/ha som ikke tas ut av skogsvolumet, mens det for område 2 dreier seg om drøyt 20 m³/ha.

Tabell 8. Økonomisk ikke-utnyttede volumer fordelt på bonitet.

Bonitet	11 (n 3)		14 (n 6)		17 (n 6)		20 (n 11)		23 (n 4)	
	m ³ /ha	%	m ³ /ha	%	m ³ /ha	%	m ³ /ha	%	m ³ /ha	%
Skogsvolum	242,4	100	319,3	100	408,3	100	432,6	100	393,4	100
Øk. ikke-utnyttet	22,9	9,4	20,5	6,4	22,5	5,5	24,2	5,6	23,8	6,0
Salgsvolum	219,6	90,6	298,8	93,6	385,8	94,5	408,4	94,4	369,6	94,0

Ikke uventet ser vi av tabell 8, at skogsvolumet øker med stigende bonitet.

Ved å se på salgsvolumet fordelt på bonitet, ser vi at andelen økonomisk ikke-utnyttet volum kun varierer med 3-4 m³, og det er ingen tydelig tendens. Sees det derimot på denne volumandelen gitt i prosent av skogsvolum, aner vi her at prosentandelen som ikke selges, synker med økende bonitet, sjøl om den stiger noe igjen for den aller høyeste boniteten.

Tabell 9. Økonomisk ikke-utnyttede volumer fordelt på terrengklasse.

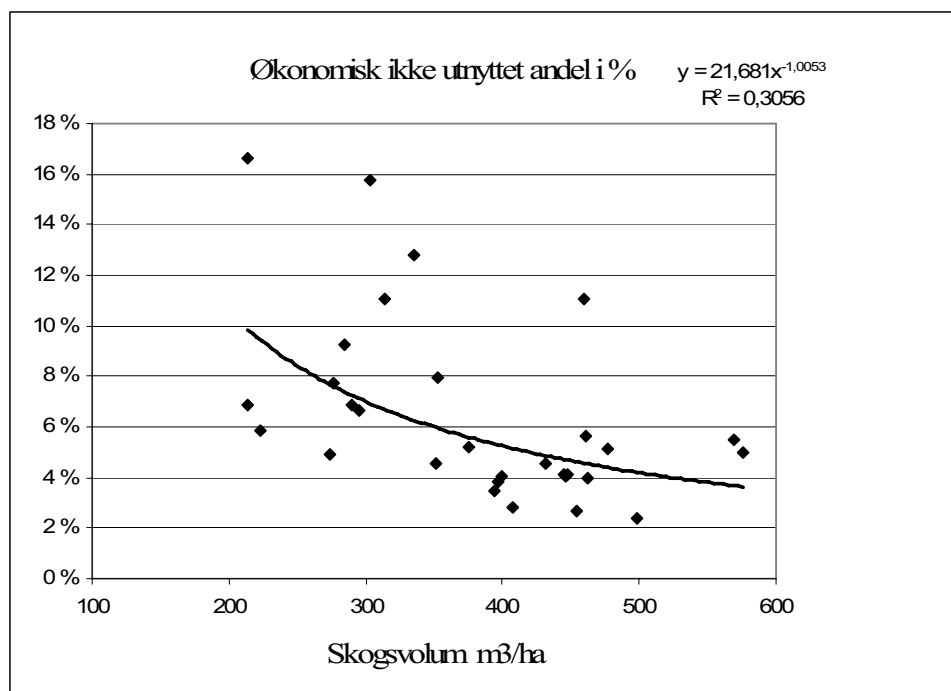
Terrengklasse	1 (n 18)		2 (n 11)		3 (n 1)	
	m ³ /ha	%	m ³ /ha	%	m ³ /ha	%
Skogsvolum	374,9	100,0	394,8	100,0	334,7	100,0
Øk. ikke utnyttet	25,3	6,8	17,3	4,4	42,8	12,8
Salgsvolum	349,6	93,2	377,5	95,6	291,9	87,2

Tabell 9 viser skogsvolum og økonomisk ikke utnyttet volum fordelt på terrengklasse. Det er vanskelig å se tendenser i denne tabellen, men vi ser det er større skogsvolum i terrengklasse 2. enn 1, og volumet økonomisk ikke-utnyttet er så mye som 8 m³/ha lavere i terrengklasse 2, noe som utgjør 2,4 %. For terrengklasse 3 er andelen økonomisk ikke-utnyttet volum så høy som 42,8 m³/da eller 12,8 %, men baserer seg kun på en registrering.

Tabell 10. Økonomisk ikke-utnyttet andel fordelt på relativ alder.

Relativ alder	Gruppe 1 (< 0,89) (n 3)		Gruppe 2 (0,9 < 1,09) (n 9)		Gruppe 3 (1,09 <) (n 18)	
	m ³ /ha	%	m ³ /ha	%	m ³ /ha	%
Skogsvolum	397,6	100	360,9	100	388,0	100
Øk. ikke-utnyttet	24,2	6,1	23,0	6,4	22,7	5,8
Salgsvolum	373,4	93,9	337,9	93,6	365,3	94,2

Ved å se på bestandenes relative alder i tabell 10 er det lite denne har å si for økonomisk ikke-utnyttet andel. % - vis utgjør ikke forskjellen mellom de ulike grupperingene mer enn 0,6 % uten den store tendensen, men ser vi på antallet registreringer er det tydelig at den store andelen bestand avvirkes ved sen relativ alder, i forhold til optimal hogstmodenhetsalder (Braastad 1975) vist som Gruppe 3.



Figur 5. Andelen økonomisk ikke-utnyttet volum i % av skogsvolum.

Figur 5 viser andel økonomisk ikke-utnyttet volum i prosent av skogsvolum. Tendensen i disse registreringene er at andelen synker med økende skogsvolum. For de lavere skogsvolumene er det større spredning, fra ca 6 % til opp i mot 16 %, mens det for de høyere skogsvolumene ligger mer samlet med en andel stort sett fra 2 % til 6 %.

Følgende regresjonsfunksjon for sammenhengen mellom skogsvolum/ha (x) og økonomisk ikke-utnyttet volum i prosent av skogsvolum (y) er beregnet som;

$$\text{Funksjonen: } y = 21,681 * x^{-1,0053} \quad R^2 = 0,3056$$

3.2 Økonomisk ikke-utnyttet volum fordelt på hogstavfall og biodiversitetsvolum

Som en ytterligere oppdeling vises materialet oppdelt mellom hogstavfall registrert liggende på bakken, og alle stående trær, inkludert tørre og hogststubber. Den siste kategorien er benevnt som biodiversitetsvolum, da denne kategorien inneholder gjensatte volumer etter "Levende Skog standarden".

Tabell 11. Hogstavfall og biodiversitetsvolum fordelt totalt og pr område.

Område	Totalt (n 30)		Område 1 (n 15)		Område 2 (n 15)	
	m ³ /ha	%	m ³ /ha	%	m ³ /ha	%
Skogsvolum	380,8	100,0	385,8	100,0	375,9	100,0
Hogstavfall	14,6	3,8	16,6	4,3	12,6	3,4
Biodiversitetsvolum	8,4	2,2	8,7	2,3	7,9	2,1
Salgsvolum	357,9	94,0	360,4	93,4	355,3	94,5

Fordelingen mellom hogstavfall og biodiversitetsvolum, som vist i tabell 11, viser at 3,8 % av de 6 % som ikke selges, utgjøres av hogstavfallet, og de siste 2,2 % er biodiversitetsvolum, når det sees på det samlede materialet. Forholdet mellom de to områdene er som beskrevet i kap. 3.1.1 og forskjellen i hogstavfall er på hele 4 m³/ha som utgjør 0,9 % mer i område 1 enn i område 2. Selv om det er 0,8 m³/ha skille mellom de to områdene i biodiversitetsvolum, utgjør ikke dette mer enn 0,2 %.

Tabell 12. Hogstavfall og biodiversitetsvolum fordelt på bonitet.

Bonitet	11 (n 3)		14 (n 6)		17 (n 6)		20 (n 11)		23 (n 4)	
	m ³ /ha	%	m ³ /ha	%	m ³ /ha	%	m ³ /ha	%	m ³ /ha	%
Skogsvolum	242,4	100	319,3	100	408,3	100	432,6	100	393,4	100
Hogstavfall	12,1	5,0	12,6	4,0	13,4	3,3	15,7	3,6	18,5	4,7
Biodiversitetsvolum	10,8	4,5	7,9	2,5	9,1	2,2	8,5	2,0	5,3	1,3
Salgsvolum	219,6	90,6	298,8	93,6	385,8	94,5	408,4	94,4	369,6	94,0

Ved å se på fordelingen for hogstavfall og biodiversitetsvolum over de ulike bonitetene, er det et par klare tendenser, vist i tabell 12. Det vises tydelig hvordan økende bonitet gir økt hogstavfall, hvor den høyeste boniteten har ca 50 % mer avfall enn den laveste. For biodiversitetsvolum er det stor forskjell på høyeste og laveste verdi, men i % av skogsvolum vises det tydelig at prosentandelen synker med økende bonitet fra 4,5 % for bonitet 11 ned til 1,3 % for bonitet 23. Salgsvolum i % varierer lite om man ser bort fra laveste bonitet som ligger drøyt 3 % under de høyere bonitetene, men de lavere bonitetene har et lavere salgsvolum, men dette stagnerer rundt 94 % for de høyere bonitetene.

3.3 Hogstavfall

Tabell 13. Fordeling av hogstavfall totalt og områdevis.

Område	Totalt (n 30)		Område 1 (n 15)		Område 2 (n 15)	
	m ³ /ha	%	m ³ /ha	%	m ³ /ha	%
Skogsvolum	380,8	100	385,8	100	375,9	100
Bult	6,3	1,7	7,1	1,8	5,6	1,5
Nedkapp	1,3	0,3	2,0	0,5	0,6	0,2
Topp	7,0	1,8	7,5	1,9	6,5	1,7
Hogstavfall	14,6	3,8	16,6	4,3	12,6	3,4

I tabell 13 deles avfallet opp i bult, topp og nedkapp, vist for de to områdene, og her sees videreføringen fra tabell 8 i kap. 3.2.1 hvor prosent hogstavfall er høyere i område 1 enn i område 2. I tillegg er det tydelig å se hvor liten del nedkapp utgjør, for område 2 kun ca 0,2 % av hogstavfall på 3,4 % og i område 1, 0,5 % av 4,3 %. Videre er andelen av bult og topp mer jevnstore, men topp utgjør den største delen med like under halvparten av hogstavfall for begge områdene.

Tabell 14. Fordeling av hogstavfall pr bonitet.

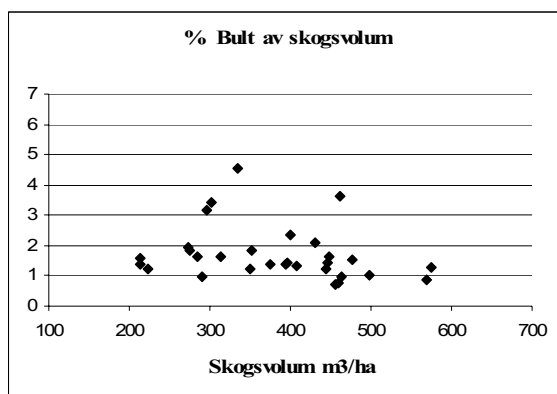
Bonitet	11 (n 3)		14 (n 6)		17 (n 6)		20 (n 20)		23 (n 4)	
	m ³ /ha	%	m ³ /ha	%	m ³ /ha	%	m ³ /ha	%	m ³ /ha	%
Skogsvolum	242,4	100	319,3	100	408,3	100	432,6	100	393,4	100
Bult	2,8	1,2	5,5	1,7	5,2	1,3	7,6	1,8	8,4	2,1
Nedkapp	0,8	0,3	0,5	0,2	1,1	0,3	1,3	0,3	3,1	0,8
Topp	8,4	3,5	6,6	2,1	7,0	1,7	6,7	1,6	7,0	1,8
Hogstavfall	12,1	5,0	12,6	4,0	13,4	3,3	15,7	3,6	18,5	4,7

Det er vanskelig å se noen tydelig tendens for hogstavfallsprosentene pr bonitet som vist i tabell 14, men for volum bult, er det om ikke en jevn, men en tendens mot en økning i volum bult med økende bonitet. Ser vi på topp, ser vi en synkende tendens i % med økende bonitet. Hogstavfall varierer fra 3,3 til 5 % for de ulike bonitetene, uten at det kan sies å være noen trend i avfallet. %- vis nedkapp ligger jamt rund 0,3 %, men for G 23 har dette økt til 0,8 %.

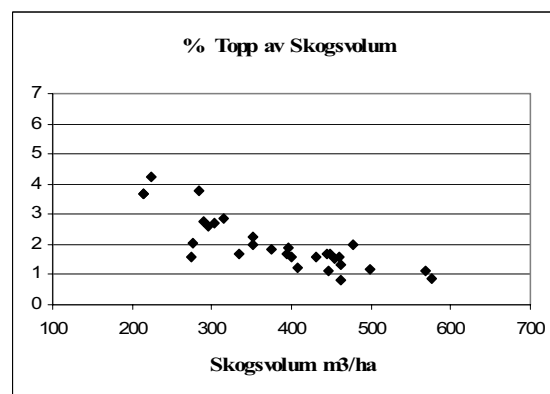
Tabell 15. Fordeling av hogstavfall for relativ alder.

Relativ alder	Gruppe 1 (< 0,89)		Gruppe 2 (0,9 < 1,09)		Gruppe 3 (1,09 < 1,29)	
	m ³ /ha	%	m ³ /ha	%	m ³ /ha	%
Skogsvolum	397,6	100	360,9	100	388,0	100
Bult	7,2	1,8	5,3	1,5	6,7	1,7
Nedkapp	2,4	0,6	1,1	0,3	1,2	0,3
Topp	7,8	2,0	7,3	2,0	6,7	1,7
Hogstavfall	17,3	4,4	13,6	3,8	14,7	3,8

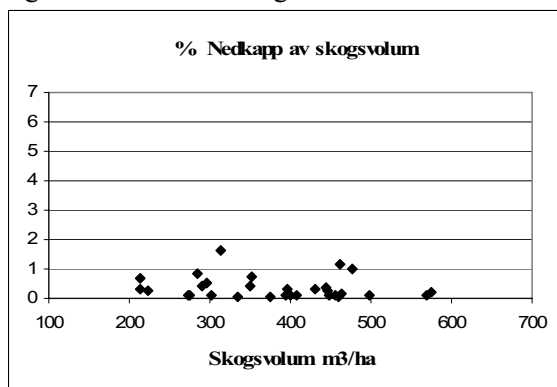
Tabell 15 viser fordelingen av hogstavfall fordelt på relativ alder. Det vi ser av tabellen er at relativ alder gruppe 1 har en økt prosentandel hogstavfall, 4,4 %, i forhold til de to andre gruppene, 3,8 %. Ser vi på nedkapp for gruppe 1, 0,6 %, utgjør den like mye som nedkapp i gruppe 2 og 3 til sammen.



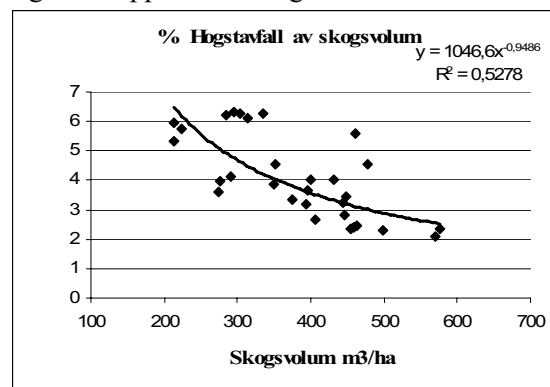
Figur 6 Bult i % av skogsvolum.



Figur 7 Topp i % av skogsvolum.



Figur 8 Nedkapp i % av skogsvolum.



Figur 9 Hogstavfall i % av skogsvolum.

Bult i % av salgsvolum, figur 6, gir ingen tydelig tendens, men hovedtyngden av registreringene ligger fra rundt 1 % til noe over 2. Ser vi på toppen, figur 7, er det en mye bedre sammenheng mellom økende skogsvolum og synkende % -andel topp. For de lavere skogsvolumene utgjør toppandelen opp mot 4 %, mens for de høyere skogsvolumene synker denne ned mot 1. Som vist i figur 8, utgjør andelen nedkapp små volum og gir ingen tendens sett opp i mot skogsvolum. Hovedtyngden av registreringer ligger fra rundt 0,5 % av skogsvolumet og nedover.

Av figur 9 kan vi se det er en tydelig tendens til synkende hogstavfallprosent med økende skogsvolum. Ved de lavere skogsvolumene, rundt 200-300 m³/ha, finner vi en hogstavfallprosent på rundt 5-6 %, mens ved de høyere skogsvolumene synker denne til et sted mellom 2 % og 3 %. Allikevel er det store individuelle forskjeller, og det er opptil flere prosent som skiller mellom høyeste og laveste andel for tilnærmet likt bestandsvolum.

Sammenhengen mellom hogstavfall i % av skogsvolum/ha (y) og skogsvolum/ha (x) er prøvd beregnet med funksjonen:

$$y = 1046,6 * x^{-0,9486} \text{ som gir en } R^2 = 0,5278.$$

3.4 Biodiversitetsvolum

Tabell 16. Biodiversitetsvolum totalt og fordelt på område.

Område	Totalt (n 30)		Område 1 (n 15)		Område 2 (n 15)	
	m ³ /ha	%	m ³ /ha	%	m ³ /ha	%
Skogsvolum	380,8	100	385,8	100	375,9	100
Stående friskt	7,1	1,9	7,4	1,9	6,7	1,8
Stående dødt	0,7	0,2	1,0	0,3	0,5	0,1
Høgstubber	0,5	0,1	0,3	0,1	0,7	0,2
Biodiversitetsvolum	8,3	2,2	8,7	2,3	7,9	2,1

Ved å se på fordelingen av biodiversitetsvolum, som vist i tabell 16, sees det tydelig at den store andelen her utgjøres av stående friskt etter hogst, med gjennomsnittlig over 7 m³/ha for hele undersøkelsen og 1,9 % av 2,2 % biodiversitetsvolum. Også her er biodiversitetsvolum større i område 1 enn i område 2, og det er små variasjoner innad registrert mellom områdene. Det eneste spesielle her er volumet av høgstubber er størst i område 2, men er så lite at det utgjør allikevel ikke mer enn 0,2 % av skogsvolumet.

Tabell 17. Biodiversitetsvolum fordelt på bonitet.

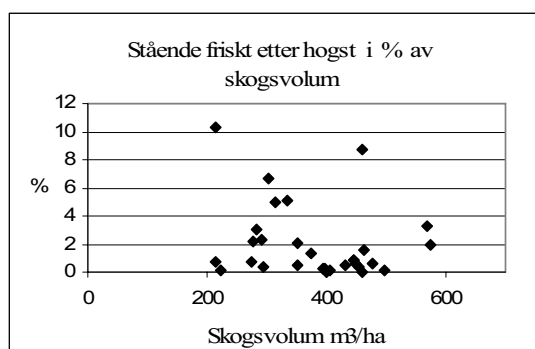
Bonitet	11(n 3)		14 (n 6)		17 (n 6)		20 (n 11)		23 (n 4)	
	m ³ /ha	%	m ³ /ha	%	m ³ /ha	%	m ³ /ha	%	m ³ /ha	%
Skogsvolum	242,4	100	319,3	100	408,3	100	432,6	100	393,4	100
Stående friskt	9,6	4,0	5,4	1,7	7,9	1,9	7,6	1,8	5,0	1,3
Stående dødt	1,1	0,5	1,4	0,4	1,2	0,3	0,2	0,0	0,3	0,1
Høgstubber	0,0	0,0	1,1	0,3	0,0	0,0	0,8	0,2	0,0	0,0
Biodiversitetsvolum	10,8	4,5	7,9	2,5	9,1	2,2	8,5	2,0	5,3	1,3

Av tabell 17 går det klart fram at det er volumet av stående friskt etter hogst som utgjør hoveddelen av biodiversitetsvolumet. I tillegg er det en tendens til at økende bonitet gir synkende andel biodiversitetsvolum, men denne påvirkes hovedsaklig av at stående friskt etter hogst også synker med økende bonitet. Det kan i tillegg anes en svak tendens til synkende andel stående dødt etter hogst, med økende bonitet. Andelen som høgstubber utgjør, er for mange boniteter så lav at med bare en desimal, kommer de ikke med som registrerte volumer i denne tabellen.

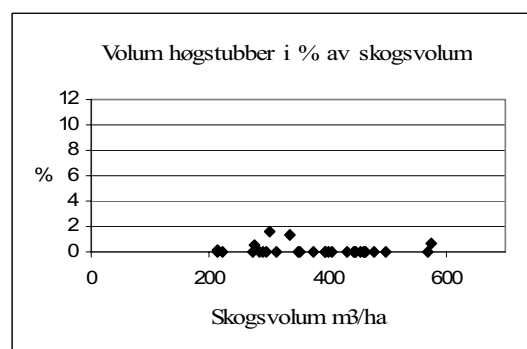
Tabell 18. Biodiversitetsvolum fordelt på relativ alder.

Relativ alder	Gruppe 1 (< 0,89) (n 3)		Gruppe 2 (0,9 < 1,09) (n 9)		Gruppe 3 (1,09 <) (n 18)	
	m ³ /ha	%	m ³ /ha	%	m ³ /ha	%
Skogsvolum	397,6	100,0	360,9	100,0	388,0	100,0
Stående dødt	6,8	1,7	8,8	2,5	6,2	1,6
Stående friskt	0,2	0,0	0,5	0,1	0,9	0,2
Høgstubber	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	0,2
Biodiversitetsvolum	6,9	1,7	9,4	2,6	8,0	2,1

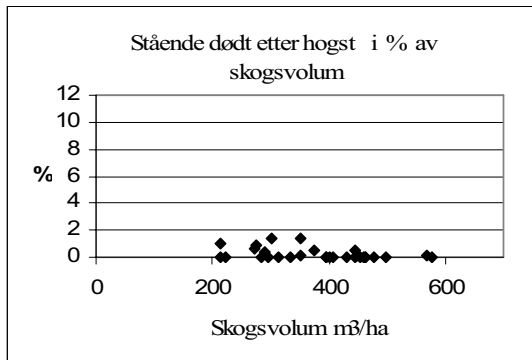
Ved å se på de ulike volumene som utgjør biodiversitetsvolum som vist i tabell 18, er det få tendenser å se. Vurderer vi stående dødt, er det derimot en svak tendens til økning i volum og % - andelen med økende relativ alder. Volumet i denne klassen er lite, men økningen er fra 0,2 m³/ha i gruppe 1 til 0,9 m³/ha i gr 3. I tillegg er det for høgstubber først i gruppe 3 at registreringene blir så store at de kommer med både som volum og % - tall.



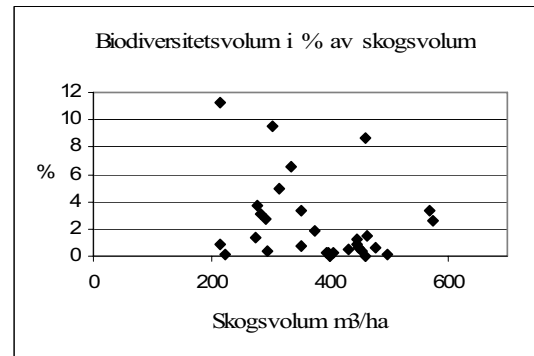
Figur 10. Stående friskt i % av skogsvolum.



Figur 11. Høgstubber i % av skogsvolum.



Figur 12. Stående dødt i % av skogsvolum.



Figur 13. Gjensatt biologisk i % av skogsvolum.

Figur 10, 11 og 12 viser tydelig hvor stor andel stående friskt etter hogst utgjør. I tillegg er det tydelig å se både for stående dødt etter hogst og hogststubber, da det for flere bestand ikke er registrert volumer i disse kategoriene. Videre kan det sees i figur 13 som summerer opp biodiversitetsvolum, hvor lik denne figuren er til figur 9. % - andelene for biodiversitetsvolum (figur 13) varierer mye, for de lavere skogsvolumene med nesten 10 % fra rundt 1 % til ca 11 %, mens for de høyere skogsvolumene er det mer samlet fra 0-4 %, men noen avvik er det her også. Observasjonene i figur 13 har en R^2 på 0,09 for sammenhengen mellom biodiversitetsvolum- % og skogsvolum, noe som blir en litt for svak sammenheng til å vurdere noen funksjon for biodiversitetsvolum.

4. DISKUSJON

4.1 Økonomisk ikke utnyttet andel

Vurderer vi totalt volum på hogstflate etter hogst, inkludert gjensatte trær og biodiversitetsvolum, (økonomisk ikke-utnyttet volum), utgjør dette i gjennomsnitt 6 % av skogsvolumet (Tabell 7). Ved å sammenligne de to områdene har område 1 med sine 6,6 %, 1,1 % høyere andel økonomisk ikke-utnyttet enn område 2 med 5,5 %.

Selv om det i område 1 er høyere gjennomsnittlig bonitet (tabell 1), er også andelen økonomisk ikke-utnyttet volum høyest i dette området. Dette kan antyde at andre forhold enn de rent biologiske spiller inn, slik som retningslinjer for hogst i de ulike områdene, utover Levende - skog standarden (2006). Det må også tas med at gjennom en undersøkelse med 30 bestand, kan denne fordelingen også være påvirket av tilfeldigheter.

Fordeles andelen økonomisk ikke-utnyttet volum på de ulike bonitetene (Tabell 8) finner man at økende bonitet gir lavere økonomisk ikke-utnyttet volum, noe også Gulbrandsen (1976) kommer fram til. Ved å se på økonomisk ikke-utnyttet andel opp mot skogsvolum, ser man tydelig at volumet økonomisk ikke-utnyttet andel er jevn rundt 20-24 m³/ha, mens skogsvolumet øker med økende bonitet, som forventet.

Av figur 5 ser vi tydelig hvordan en økning i skogsvolum gir en synkende prosentandel økonomisk ikke-utnyttet volum og en funksjon er utledet for å vise sammenhengen, som gir en R^2 på 0,3056. Denne funksjonen må ikke sees som noen fasit, da sammenhengen mellom skogsvolum og økonomisk ikke-utnyttet volum (R^2) er så lav som 0,3. I tillegg må det tas hensyn til mulige feil i skogbruksplaner og bestandsvise volumanslag, som kan gjøre det vanskelig å estimere eksakte verdier, da det kan være mange usikre parametere.

4.2 Hogstavfall og biodiversitetsvolum

Med en hogstavfallandel for hele undersøkelsen på 3,8 % (Tabell 11), er dette resultatet meget lavt, faktisk 1,7 % lavere enn andelen som Gulbrandsen (1980) fant og nesten 2,7 % lavere enn Bengtsson (1975). Disse resultatene er meget lave i forhold til forventningene vi hadde

ved prosjektets start. Vi hadde nok forventet at maskinell drift og dagens økonomiske press på entreprenørene, og dermed høye volumkrav pr dag, ville øke andelen hogstavfall.

Da denne undersøkelsen tar for seg kun granskog (>80 % gran), har Gulbrandsen (1980) samlet andel hogstavfall i granbestand til 4,9 % som da ligger noe nærmere våre tall, men andelen hogstavfall i vår undersøkelse er fortsatt lavere med over 1 %.

Hogstavfallet øker med økende bonitet (Tabell 12), men prosentvis i forhold til skogsvolum utgjør ikke dette mer enn 1,7 % bonitetene imellom, og ingen tydelig tendens.

Om det er regelverk eller andre faktorer som forklarer nesten 1 % høyere andel hogstavfall i område 1 enn i område 2, kan vi ikke fastslå her, men i gjennomsnitt finnes det 4 m³/ha mer hogstavfall etter hogst i område 1 enn i område 2.

Med en "Biodiversitetsvolum" – andel på 2,2 % av skogsvolumet (Tabell 11), for hele undersøkelsen, er dette en type registrering det finnes lite andre undersøkelser rundt, men volumet av denne andelen utgjør 8,4 m³/ha. Middeltreet i h.kl IV og V for Østfold og Akershus beregner Skog og landskap (2007 b) til å være på ca 170 liter. Dette tilsvarer at like under 50 slike gjennomsnittstrær/ha settes igjen etter hogst. Dette blir ingen sikker registrering, da kategorien biodiversitetsvolum også inneholder stående døde trær etter hogst og hogstubber, men det gir et inntrykk av antall stammer gjensatt pr ha.

0,2 % mer biodiversitetsvolum i område 1 enn i område 2, kan igjen antyde at det er andre forhold enn biologi og regelverk som muligens kan påvirke andelen biodiversitetsvolum i de to områdene.

Kantsoner og gjensatte deler av bestand har vi i denne undersøkelsen valgt å ikke kartlegge spesielt, da prøveflatenettet ble lagt på selve flata. Da friske trær etter hogst inngår i kategorien biodiversitetsvolum kan det allikevel være gjensatte volumer som er ment som en kantzone eller med hensikt gjensatt. Med metoden vi har valgt å følge, summeres alle prøveflatene opp, og alle volumer gis pr. hektar. Det kan dermed ikke avgjøres hvilke stående volum som med hensikt er satt igjen som kantzone.

4.3 Fordeling av hogstavfall

Vår kategori ”nedkapp” (tabell 13), kan sees opp i mot kategorien ”rydding, rensk” hos Gulbrandsen (1980) som ligger på 1,3 %. Bengtsson (1975) har 1,8 % for denne avfallsandelen, mens vår andel ligger underlig lavt på 0,3 %. En mulig forklaring på dette kan være at det i dagens skogbruk oppfordres til å la ikke-drivverdige-dimensjoner stå istedenfor for å ”frisere” terrenget som praktisert før ”Levende skog standarden” kom med retningslinjer for hogst.

Bult-andelen i denne undersøkelsen er den eneste kategorien der våre resultater ligger jevnt med Gulbrandsen (1980), hvor hans ”avfall og transporttap” utgjør det samme som vår ”bult” på 1,7 %. Bengtsson (1975) får ved sammenslåing av kategoriene avfall og transporttap, kun 1 % slikt avfall i sin undersøkelse. Det må imidlertid nevnes at det er ulike kategorier i de ulike undersøkelsene, noe som kan gjøre det vanskelig å sette kategoriene direkte opp mot hverandre.

Andelen topp utgjør 1,8 %, og ligger dermed noe lavere enn Gulbrandsen (1980) på 2,3 % og Bengtsson (1975) på 3,5 %. I denne kategorien inngår samme type volum i alle undersøkelsene. Toppens volum er tydelig knyttet til skogsvolum, og tendensen er tydelig synkende med økende skogsvolum og bonitet (Figur 7 og tabell 15).

Sammenhengen mellom % -vis hogstavfall og skogsvolum/ha er utledet med en funksjon (se kap 3.3.) som gir en R^2 på 0,5278. Denne R^2 forklarer over halvparten av variasjonene i registreringene. Materialet er derimot så lite, og registreringene har så liten geografisk spredning at man må være forsiktig med å trekke for sterke konklusjoner før evt. kontroll og videre forskning innen temaet er utført.

4.4 Biodiversitetsvolumer

Vi har kalt denne kategorien ”Biodiversitetsvolum” da det har kommet inn regler for gjensetting av stående volum tilknyttet biologisk mangfold og Levende skog standard siden undersøkelsene av Bengtsson (1975) og Gulbrandsen (1980).

Biodiversitetsvolumer er delt opp i stående friske trær etter hogst, stående døde trær etter hogst og hogstubber. De to siste klassene er svært små og utgjør til sammen et volum på ca 1/6 av samlet biodiversitetsvolumet (tabell 16).

Som ellers i undersøkelsen, er det i område 2 en lavere totalsum for biodiversitetsvolum enn i område 1, mens hogstubeandelen i område 2 er mer enn dobbelt så stor som i område 1. Denne forskjellen er relativt liten og kan være resultat av, som tidligere nevnt, forskjeller i driftsmetodene eller tilfeldigheter i materialet.

Stående friske trær utgjør 4 % av biodiversitetsvolumet på 4,5 % for bonitet 11 (tabell 17). Andelen stående friske trær etter hogst synker med over 2,4 % til bonitet 14 (tabell 13), og biodiversitetsvolum synker med ca 2 %. På den laveste boniteten er det en tendens til gjensetting av en større andel friske trær etter hogst enn på de andre bonitetene. For bestand på lave granboniteter kan frøtrestilling for furuforyngelse være en aktuell foryngelsesmetode, og gjensetting kan skje med dette i tankene.

I og med at vi har med relativ alder, er det først for biodiversitetsvolum denne klassifiseringen gir en antydning til en tendens, og der den relative alderen er høy, i gruppe 3 (tabell 18), kan det virkesom at hogstubber og stående dødt etter hogst forekommer i store nok volumer til å bli registrert. Dette kan da bety at det gjennom denne undersøkelsen kan være en tendens til at det i bestand som hogges før optimal hogstalter, finnes lite av disse volumene, eller at det ikke blir tatt like mye hensyn til gjensetting på bakgrunn av biologisk mangfold i bestand med lav relativ alder. Men det er også viktig her å bemerke at med en såpass begrenset undersøkelse vil tilfeldigheter kunne slå ut i en eller annen retning, da det for disse klassene er snakk om meget små volumer.

Ser vi på skogsvolum/ha og påvirkningen dette har på de ulike bestanddelene av biodiversitetsvolum (figur 10-13), er det tydelig hvor små volumer stående dødt etter hogst og hogstubber utgjør. Det er heller ingen tendens i utviklingen av disse kategoriene for økende skogsvolum. For stående friskt og dermed også biodiversitetsvolum, er det en tendens til mer spredning på registreringene mot skogsvolum. For biodiversitetsvolum blir R^2 så lav som 0,09, og denne sammenhengen for variasjonen i materialet kan vanskelig kan gis ved en funksjon.

4.5 Metode og feilkilder

Med bakgrunn i en prøveflatetakst, ønsket vi å gjennomføre en klassifisering og kvantifisering av hogstavfall etter hogst. I tillegg ble stubber og stående volum registrert for å kunne estimere skogsvolum. Med fratrekk for registrert avfall og stående volum etter hogst, kom vi fram til salgsvolum fordelt på ulike variabler. Det må allikevel tas hensyn til at det datamaterialet som presenteres i denne undersøkelsen kommer fra en meget begrenset undersøkelse. Undersøkelsen kan kanskje også sees som en studie av metode for videre undersøkelser da materialet kun omfatter 30 bestand med liten geografisk spredning.

Med denne takstmetoden valgte vi å utelukke eksakt bestandsstørrelse. Dette kunne kanskje vært oppnådd ved bruk av GPS-logging av hogstmaskinens kjøremønster. Nøyaktig flatestørrelse ville selv da være vanskelig da vi i tillegg måtte legge til radius for hogstmaskinens kranlengde. Stammefiler ville da vært mulig å oppdrive, og det ville ført til større nøyaktighet for volumanslag. En slik metode med logging av stammefiler fra hogstmaskin kunne gitt oss skogsvolum og salgsvolum uten estimering med bakgrunn i stubbediameter.

I denne undersøkelsen settes bestandets høydeklasse etter 10 prøvetrær tatt i bestandskant, eller i tilsvarende bestand i nærheten. Dette gir en metode som er følsom for om prøvetrærne representerer det avvirkede bestandet godt nok. Blir dette avviket for stort, vil estimert volum og også salgsvolum avvike mer (enn ønskelig) fra reelt volum.

I tabell 5 ser man at forholdet mellom antall registrerte stubber og antall topper avviker med nesten en tredjedel færre topper. Med en tilsvarende økning for antall topper, vil det kunne utgjøre en økning i volumet av topp på ca. 0,5 - 1 %. Dette ville da også økt det totale hogstavfallet og gitt resultater mer i samsvar med de tidligere undersøkelsene.

Denne forskjellen mellom antall topper og stubber kan være påvirket av maskinell drift, da hogstmaskinen i dag står på et sted og kvister alt foran seg, for så å legge stikkveien i denne kvisthaugen. All barmasse dras da inn foran maskinen, og topper kan da ha blitt skjult i de store kvisthaugene på høyere bonitetene. Enkelte topper kan med dette ha unngått registrering. Dette kan kanskje være en mulig forklaring på hvorfor våre resultater for andel topp ligger lavere enn tidligere undersøkelser som nevnt ovenfor i diskusjonskapittelet (kap

4.4). Ved manuell drift ble toppens posisjon gitt i forhold til resten av kvistene da skogsarbeideren kvistet langs det felte treet.

4.6 Praktiske konsekvenser og videre forskning

En studie med logging av stammefiler ble i 2006 gjennomført av Klokkerengen. Han så på mulighetene til å forhåndsestimere tømmerverdien basert på ulike bestandsvariabler. Han fant ut at midlere bonitet (14 – 17) gir høyest verdi, og at økende grunnflateveid middelhøyde gir økende kubikkmeterpris både for sagtømmer og totalt innmålt volum. Klokkerengens har tatt for seg pre-estimering av tømmerverdien, mens vi i den foreliggende undersøkelsen har registrert og sett på ulike påvirkninger på salgsvolumet fordelt på bonitet, terreng, og alder for de to områdene for seg og totalt. Undersøkelsene ønsker å forbedre innsikt i forkant av hogst, med tanke på forventet verdi og volum. Økt innsikt mener vi kan komme både skogeier og eventuelle kjøpere til gode i form av økt kunnskap om grøntlageret.

En omfattende takst med bruk av stammefiler fra hogstmaskin, og enten GPS- logging eller avvirkning av oppmålt bestand (Alternativ 1. kap 2.1), kan gi et mer nøyaktig svar på avvirket volum og areal. I tillegg kan en slik takst gi representative data for store områder. Et utvalg av de avvirkede bestand må som en kontroll av hogsten registreres gjennom et feltarbeid lik denne undersøkelsen, før funksjoner for estimering av salgsvolum kan utledes.

Eid Hohle (2001) hevder at stubbevolumet utgjør 5-10 % av tilgjengelig biomasse i skogen. Da det i denne undersøkelsen er gjennomført stubbeklaving bør det være mulig å si noe om stubbevolumet som er ment for biomasse, gjennom funksjoner for stubbevolum (Marklund 1987). Disse stubbene kan utgjøre et anvendbart volum til biomasseformål, og videre forskning kan bedre beregningsgrunnlaget for denne volumandelen.

5. KONKLUSJON

Med bakgrunn i 30 registrerte bestand på Østlandet er den samlede økonomisk ikke-utnyttede andel i denne undersøkelsen beregnet til 6 % av skogsvolum. For område 1 er denne andelen 6,6 % og 5,5 % for område 2. Hogstavfallet utgjør 3,8 % og biodiversitetsvolum 2,2 % av skogsvolumet før hogst.

Vi kan ut fra denne undersøkelsen ha grunn til å tro at ikke-økonomisk andel og hogstavfallandel påvirkes av bonitet og med det også skogsvolum.

Det må imidlertid presiseres at disse resultatene og konklusjonene er basert på et lite materiale. Vi må derfor være forsiktige med å trekke noen generelle konklusjoner. Det er behov for videre forskning med et større og mer representativt materiale.

6. REFERANSER

- Bengtsson, G. 1975. Riksskogtaxeringens inventering av virkesspill 1975. Institutionen för skogtaxering, Skoghögskolan, Stockholm. PHU-rapport nr 19. 34 s.
- Brantseg, A. 1967. Furu sønnafjells. Kubering av stående skog. Funksjoner og tabeller. Meddr norske SkogforsVes. 22: 689-739.
- Braastad, H. 1966. Volumtabeller for bjørk. Meddr. norske SkogforsVes. 21: 23-78.
- Braastad, H. 1975. Produksjonstabeller og tilvekstmodeller for gran. Meddr. Nor. Inst. Skogforsk. 31: 359 – 537.
- Eid, T. 1987. Handbok for planlegging i skogbruket. Landbruksforlaget, Oslo 223 s.
- Eid, T. 2003. Registrering i Aas skog 1960-2000. Norsk institutt for skogforskning. (Skogforsk) ISBN 82-8083-025-1. 16 s.
- Eid, T. og Fitje, A. 1993. Variasjoner innen bestand for volum, grunnflate, treantall, middeldiameter og middelhøyde. 45 s.
- Eid, T. & Næsset, E. 1998. Determination of stand volume in practical forest inventories based on field measurements and photo-interpretation: The Norwegian experience. Scand. J. For. Res. 13:246-254.
- Fitje, A. 1989. Tremåling. Landbruksforlaget. 190 s.
- Gjedtjernet, A.M.F. & Bjerketvedt, J. 2003. Driftsteknikk. GAN forlag AS. 330 s.
- Gulbrandsen, K. 1976. Gjenliggende virke etter hogst. Hovedoppgave ved institutt for skogtaksasjon, Norges landbrukshøgskole, Ås. 54 s.
- Gulbrandsen, K. 1980. Taksering av hogstavfall. Meddr Norsk inst. skogforsk. 35(6):361-381.

- Gulbrandsen, K. 1981. Forholdet mellom skogsvolum og tømmer volum for gran. Rapp.Nor. inst. skogforsk. 8/81:1-20.
- Heje, K.K.& Nygård, J. 1979. Skoghåndbok 1979. Steensballes forlag 351s.
- Hohle, E.E. et. al. 2001. Bioenergi - Miljø, teknikk og marked. Energigården 2001 390 s.
- Klokkerengen, C.R. 2006. Forhåndsestimering av tømmerverdier basert på ulike bestandsvariabler. Masteroppgave, UMB 52 s.
- Levende skog -standard, 2006. Lokalisert på world wide web (10.04.2007): <http://www.mjosen.no/>.
- Marklund, L.G. 1987. Biomass functions for Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) in Sweden. Sveriges Lantbruksuniversitet, Inst. f. skogtaxering, Rapport 43.
- Norge i bilder, 2007. Lokalisert på world wide web (11.04.07): <http://www.norgeibilder.no/>.
- Næsset, E. 2004a. Practical large-scale forest stand inventory using small-footprint airborne scanning laser. Scand. Journal of Forest Research 19: 164-179.
- Næsset, E. 2004b. Accuracy of forest inventory using airborne laser-scanning: evaluating the first Nordic full-scale operational project. Scand. Journal of Forest Research 19: 554-557.
- Skog og landskap, 2007a. Lokalisert på world wide web: (30.04.07) <http://www.skogoglandskap.no/temaer/landsskogtaksering>.
- Skog og landskap, 2007b. Lokalisert på world wide web: (30.04.07) http://www.skogoglandskap.no/artikler/2007/Landsskogdata_krysstabell.
- Vestjordet, E. 1967. Funksjoner og tabeller for kubering av stående gran. Meddr. Norske Skogfors.Ves. 22:539-574.

Vestjordet, E. 1968. Volum av nyttbart virke hos gran og furu basert på relative høyde og diameter i brysthøyde eller 2,5 meter fra stubbeavskjær. Meddr. norske Skogfors. Ves. 25:411-459.

Vedlegg 1. Takstinstruks med registreringsskjema

Åsmund Asper & Tron Eid
Institutt for naturforvaltning,
UMB
31.05.06

Instruks for registrering av skogsvolum og salgsvolum i bestand

1. Bakgrunn

Volum som presenteres i en skogbruksplan, eller kommer som et resultat i en prognose, er alltid et brutto skogsvolum under bark og med topp. For skogeieren vil det imidlertid være mer interessant å få presentert bestandsvise anslag for salgsvolum. Den foreliggende instruks beskriver opplegget for registreringer som skal gjøres for å estimere forskjellen mellom skogsvolum og salgsvolum i bestand. Opplegget baseres på at det legges ut et systematisk nett av prøveflater innen bestand som nylig er avvirket, og hvor en for hver prøveflate registrerer parametere slik at bruttovolum, hogstavfall, stående trær etter hogst og salgsvolum kan estimeres.

Det tas sikte på å gjøre slike registreringer i ca. 30 bestand.

Skogsvolum estimeres: volum fra alle stubber + volum fra alle stående trær

Salgsvolum estimeres:

- skogsvolum
- volum fra alle stående trær
- avfall (volum fra alle nedkappede trær)
- avfall (volum av bult, avkapp)
- avfall (volum av topper)

2. Utvalg av bestand

Det tas utgangspunkt i skogbruksplandata og liste over bestand avvirket i perioden fra sommer 2005 til sommer 2006. Det bør ikke ha vært aktivitet (vedhogst og lignende) i bestandene etter hogst som kan ha redusert volumene. Dersom en i felt finner ut at slik aktivitet har funnet sted skal det ikke gjennomføres registreringer.

Følgende kriterier brukes for utvalg av bestand (prioritert etter list under);

- bestandet må ha hatt en treslagsfordeling med minst 80 % gran,
- det bør tas sikte på variasjon over bonitetsskalaen;
 - 10 på lav bonitet G 8-11
 - 10 på middels bonitet G 14-17
 - 10 på høy bonitet G 20 -

I tillegg bør det ved utvalget tilstrebes en fordeling over ”skalaen” når det gjelder hensyn som er tatt til biologisk mangfold. Det samme gjelder areal, dvs. både store og små bestand.

Ved utvalg av bestand må det sørges for at det finnes nabobestand for uttak av prøvetrær med samme bonitet, hogstklasse og treslagsfordeling (hovedtreslag gran).

3. Registreringer i bestand

3.1. Registreringer på bestandsnivå

For hvert bestand noteres område, eier, bestandsnummer, bestandsareal, hogstklasse, grunnflate, volum, treslagsfordeling, alder og bonitet fra skogbruksplan på skjema. Flateavstand og linjeavstand føres også øverst på skjema.

For hvert bestand skal det gjøres en del driftstekniske vurderinger;

- **bratthet:** bestandets gjennomsnittlige bratthet i prosent (stigningsmåler)
- **jevnhet:** jamt, noe ujamt, ujamnt (1, 2, 3) (skjønn)
- **bærevne:** god, vekslende, liten, svak (1, 2, 3, 4) (skjønn)

Bærevne (etter Landsskogtakseringen):

Klasse	Beskrivelse
God	Fast mark, < 20 % finstoff
Vekslende	Finstoff 20-40 %. Dårlig bærevne i regnperioder, ellers god
Liten	Finstoff > 40 %. Våtlendt mark og grunn myr
Svak	Torvmark og myr. Ufremkommelig uten i frossen tilstand. Vinterdrift

Det skal gjøres en vurdering av arealet som faktisk er avvirket i forhold til arealet fra figuren i skogbruksplanen. Dette gjøres ved å sette opp **andel avvirket areal**. Arealet kan bli vurdert til å være det samme (100%), til å være mindre (eks. 80%) eller til å være større (eks. 120%).

3.2. Utlegging av prøveflatenett

I det enkelte bestand legges det ut et systematisk linjenett. Det brukes kompass ved utlegging av prøveflater. Linjerektningen bestemmes i hvert enkelt tilfelle ut fra hva som er mest praktisk med hensyn på arrondering, osv.

Første takstlinje i bestandet skal ligge omtrent en halv takstlinjeavstand fra bestandsgrensens ytterpunkt. Første prøveflate i bestandet legges i halv prøveflateavstand fra bestandskant, målt langs første takstlinje. Avstanden fra siste prøveflate på første takstlinje til bestandskant skal være inkludert i total avstand når stedet for første prøveflate på andre takstlinja bestemmes.

Avstander mellom takstlinjer og prøveflater ved ulike bestandsareal er vist i Tabell 1. Bestandsarealet baseres på areal i fra skogbruksplan, men dette bør justeres dersom ikke hogsten har fulgt bestandsgrensene i skogbruksplanen.

Når en bestandsgrense, eller en grense mot inntegnet *impediment*, går over prøveflaten, skal flatesentret *flyttes* slik at hele prøveflaten blir liggende i det bestandet der flatesentrum opprinnelig lå. Flatesentret flyttes fortrinnsvis vinkelrett på bestandskanten. Flyttingen gjøres så kort som mulig, slik at flaten etter flyttingen går helt ut til bestandskanten. Flater skal ikke flyttes på grunn av impedimentflekker som *ikke* er tegnet inn på kartet.

Tabell 1. Avstander mellom takstlinjer og prøveflater ved ulike bestandsareal.

Bestandsareal (da)	Avstand (m) mellom		Ca. antall prøveflater
	Takstlinjer	Prøveflater	
6	30	25	8
8	30	30	9
10	35	30	10
12	35	35	10
14	40	35	10
16	40	40	10
18	45	40	10
20	45	45	10
25	50	50	10
30	60	50	10
35	60	60	10
40	65	60	10
45	65	65	11
50	70	70	10

3. 3. Registreringer på prøveflata

Registreringene skal gjøres på 200 m² prøveflater med radius 7,98 meter.

Klavingen av flata starter framover i linjeretningen, og går mot høyre (med urviseren).

Treslag og diameter ved stubbeavskjær registreres for alle stubber og alle stående trær med diameter større eller lik 7 cm ved stubbeavskjær. Diameter registreres i 2 cm diameterklasser. Det skilles mellom stubber og stående trær i stikklista.

I tillegg skal alt avfall innenfor flata registreres. Avfall deles inn i tre kategorier;

- volum av hele nedkappede trær
- volum av bult, avkapp, gjenglemte stokker og høystubber
- volum av topper

Registrering av avfall skal foregå ved at en i prinsippet registrerer alt avfall som faktisk finnes innenfor flata uansett om dette stammer fra trær innefor eller utenfor flata.

Volum av nedkappede trær:

- 1) Dersom hele treet ligger innenfor prøveflata registreres treslag, diameter i brysthøyde (D1.3) og lengden på treet.
- 2) Dersom deler av treet ligger utenfor flata, registreres diameter ved enden inne på flata (D1) og diameter der treet krysser flategrensa (D2) og lengden mellom disse.

Volum av bult, avkapp, gjenglemte stokker og høystubber

Registrer treslag, diameter ved rot (D1), diameter ved topp (D2) og lengde. Dersom deler av stokken er utenfor prøveflata registreres diameter der stokken krysser flategrensa og lengden av delen som er innefor flata. Ved spjæring/skader gjør en de samme registreringer, og det anslås en prosentisk reduksjon for den delen av stokken som er borte.

Volum av topper:

- 1) Dersom hele toppen ligger innefor flata registreres diameter (D1) ved avskjær.
- 2) Dersom toppen går ut av flata registreres diameter ved avskjær (D1), diameter der treet krysser flategrensa (D2) og lengde mellom disse.

4. Prøvetrær

Prøvetrær skal tas ut i nabobestand med samme bonitet og hogstklasse, og tilnærmet samme treslagsfordeling.

Prøvetrærne skal tas ut på en relaskopflate med flatesentrum som defineres på følgende måte;

- 1) På en rett linje fra siste prøveflate i bestandet som er registrert til nærmeste bestandskant i nabobestandet
- 2) Fra bestandskant 15 meter inn i nabobestandet på den samme linja.

Prøvetrærne tas ut med et relaskop med faktor 1. Prøvetrær blir de 5 første prøvetrærne som inngår i relaskopet målt fra linjeretningen og mot utviseren. Det tas imidlertid bare gran som prøvetrær.

For alle prøvetrær registreres diameter ved stubbeavskjær (0.3 m fra midlere marknivå), diameter i brysthøyde (1.3 m fra midlere marknivå) og høyde.

Prøveflateskjema stubber og stående trær

Dato:

Område:

Volum/ha:

Bratthet:

Flateavstand:

Eier:

Treslagsfordeling:

Jevnhet:

Linjeavstand:

Bestandsnr:

Middelhøyde:

Bæreevne:

Bestandsareal:

Alder:

Hogstklasse:

Bonitet:

Fl. nr	Tre sla	Diameterklasse (stubbeavskjær)															37	39	41	43	45	47	49	> 51						
		7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27	29	31	33	35														
	Stu	G																												
	Stu	F																												
	Stu	L																												
	Stå																													
	Stu	G																												
	Stu	F																												
	Stu	L																												
	Stå																													
	Stu	G																												
	Stu	F																												
	Stu	L																												
	Stå																													
	Stu	G																												
	Stu	F																												
	Stu	L																												
	Stå																													
	Stu	G																												
	Stu	F																												
	Stu	L																												
	Stå																													
	Stu	G																												
	Stu	F																												
	Stu	L																												

Prøveflateskjema nedkappede trær, bult og avkapp, og topper**Dato:****Område:****Eier:****Bestandsnr:****Volum av nedkappede trær**

Flatenr	Treslag	D1.3 (cm)	D1 (cm)	D2 (cm)	Lengde (m)

Volum av bult, avkapp, gjenliggende stokker og høystubber

Flatenr	Treslag	D1 (cm)	D2 (cm)	Lengde (m)	Andel borte pga skade (%)

Volum av topper:

Flatenr.	Treslag	D1 (cm)	D2 (cm)	Lengde (m)

Prøvetreskjema**Dato:****Område: Eier: Bestandsnr (hogd): Bestandsnr (prøvetrær):****For bestand med prøvetrær fra skogbruksplan:****Bonitet: Alder: Hogstklasse: Volum/da: Treslagsfordeling:**

Prøvetre nr.	Diameter stubbe (mm)	Diameter brysthøyde (mm)	H (dm)

Vedlegg 2. Innsamlede data for område 1

Område 1	Best	Terreng	Skogsvolum	Bult	Nedkapp	Topp	Friskt stående	Dødt stående	Høgstubbe	Øk. ikke-utnyttet	Salgsvolum								
			m ³ /ha	m ³ /ha	m ³ /ha	%	m ³ /ha	%	m ³ /ha	%	m ³ /ha								
1	1	1	295,5	9,4	3,2	1,6	0,5	7,7	2,6	1,1	0,4	0,0	0,0	0,0	19,7	6,7	275,8	93,3	
2	1	1	461,4	16,7	3,6	5,2	1,1	3,8	0,8	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	25,9	5,6	435,5	94,4
3	1	1	431,4	9,1	2,1	1,5	0,3	6,9	1,6	2,2	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	19,7	4,6	411,7	95,5
4	1	1	444,4	5,5	1,2	1,5	0,4	7,5	1,7	3,9	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	18,4	4,1	426,0	95,9
5	2	2	477,0	7,4	1,6	4,8	1,0	9,6	2,0	2,9	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	24,6	5,2	452,4	94,8
6	1	1	284,0	4,6	1,6	2,3	0,8	10,7	3,8	8,7	3,1	0,0	0,0	0,0	0,0	26,4	9,3	257,7	90,7
7	1	1	445,7	6,4	1,4	1,1	0,2	5,0	1,1	3,7	0,8	2,0	0,5	0,0	0,0	18,2	4,1	427,5	95,9
8	1	1	447,6	7,4	1,7	0,5	0,1	7,5	1,7	2,5	0,6	0,5	0,1	0,0	0,0	18,4	4,1	429,2	95,9
9	2	2	313,9	5,1	1,6	5,1	1,6	9,0	2,9	15,5	4,9	0,0	0,0	0,0	0,0	34,7	11,0	279,2	89,0
10	1	1	569,3	5,0	0,9	0,5	0,1	6,5	1,1	18,7	3,3	0,5	0,1	0,1	0,0	31,3	5,5	538,0	94,5
11	1	1	352,3	6,5	1,9	2,6	0,7	7,0	2,0	7,2	2,0	4,7	1,3	0,0	0,0	28,0	8,0	324,3	92,1
12	1	1	396,8	5,7	1,4	1,3	0,3	7,5	1,9	0,8	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	15,2	3,8	381,6	96,2
13	1	1	350,7	4,2	1,2	1,6	0,4	7,8	2,2	1,9	0,5	0,5	0,2	0,1	0,0	16,1	4,6	334,6	95,4
14	1	1	213,8	2,9	1,4	0,6	0,3	7,8	3,7	21,9	10,2	2,2	1,0	0,1	0,0	35,5	16,6	178,3	83,4
15	1	1	302,9	10,4	3,4	0,3	0,1	8,2	2,7	20,1	6,7	4,1	1,4	4,7	1,5	47,8	15,8	255,1	84,2

Vedlegg 3. Innsamlede data for område 2

Område 2	Best	Terreng	Skogsvolum	Bult	Nedkapp		Topp		Friskt stående		Dødt stående		Høgstubbe		Øk. ikke-utnyttet		Salgsvolum		
			m³/ha	m³/ha	%	m³/ha	%	m³/ha	%	m³/ha	%	m³/ha	%	m³/ha	%	m³/ha	%	m³/ha	%
16	1		275,9	5,1	1,8	0,2	0,1	5,7	2,1	6,1	2,2	2,6	0,9	1,6	0,6	21,3	7,7	254,7	92,3
17	1		575,6	7,3	1,3	1,3	0,2	5,0	0,9	11,3	2,0	0,0	0,0	3,8	0,7	28,6	5,0	547,0	95,0
18	2		407,1	5,4	1,3	0,4	0,1	4,9	1,2	0,6	0,2	0,0	0,0	0,2	0,1	11,6	2,8	395,5	97,2
19	2		454,9	3,3	0,7	0,4	0,1	6,9	1,5	1,6	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	12,3	2,7	442,6	97,3
20	1		273,7	5,3	1,9	0,3	0,1	4,3	1,6	1,8	0,7	1,8	0,7	0,0	0,0	13,5	4,9	260,2	95,1
21	2		497,9	5,1	1,0	0,4	0,1	5,9	1,2	0,4	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	11,9	2,4	486,0	97,6
22	1		399,8	9,4	2,4	0,5	0,1	6,2	1,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,2	4,0	383,7	96,0
23	1		374,8	5,2	1,4	0,3	0,1	7,0	1,9	5,2	1,4	1,8	0,5	0,0	0,0	19,4	5,2	355,4	94,8
24	1		462,6	4,6	1,0	0,7	0,2	6,1	1,3	7,1	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	18,6	4,0	444,0	96,0
25	3		334,7	15,2	4,6	0,1	0,0	5,6	1,7	17,2	5,1	0,0	0,0	4,6	1,4	42,8	12,8	291,9	87,2
26	1		213,7	3,4	1,6	1,5	0,7	7,9	3,7	1,7	0,8	0,0	0,0	0,3	0,2	14,7	6,9	199,0	93,1
27	1		223,1	2,7	1,2	0,6	0,3	9,5	4,2	0,3	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	13,1	5,9	210,0	94,1
28	1		459,7	3,6	0,8	0,3	0,1	7,2	1,6	39,9	8,7	0,0	0,0	0,0	0,0	51,0	11,1	408,8	88,9
29	1		290,3	2,9	1,0	1,2	0,4	8,0	2,8	6,7	2,3	1,3	0,4	0,0	0,0	20,0	6,9	270,3	93,1
30	1		394,8	5,4	1,4	0,5	0,1	6,7	1,7	1,2	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	13,7	3,5	381,0	96,5

Vedlegg 4. Tabell for beregning av volum av topp

		Toppvolum i liter, Gran og bjørk							
		Kappdiameter i cm							
		<- 3.9	4 – 4.9	5 – 5.9	6 – 6.9	7 – 7.9	8 – 9.9	10 – 11.9	12 +
d13 ub i cm	<- 15.9	1,3	2,5	4,4	6,8	9,8	21,5	38,5	55
	16 – 17.9	1,3	2,5	4,3	6,5	9,3	19	35	50
	18 – 19.9	1,3	2,5	4,2	6,2	8,8	17	32	46
	20 – 24.9	1,3	2,4	4	5,9	8,4	16	30	43
	25 – 29.9	1,2	2,4	3,8	5,7	8	15	27	40
	30 – 34.9	1,2	2,3	3,6	5,5	7,6	14,5	25,5	38
	35 ->	1,1	2,2	3,4	5,3	7,4	14	24	36

		Toppvolum i liter, Furu							
		Kappdiameter i cm							
		<- 3.9	4 – 4.9	5 – 5.9	6 – 6.9	7 – 7.9	8 – 9.9	10 – 11.9	12 +
d13 ub i cm	<- 15.9	1,3	2,5	4,3	6,5	9,5	20,5	38	54,5
	16 – 17.9	1,3	2,4	4,1	6,2	9	18,5	35	51
	18 – 19.9	1,2	2,3	4	5,9	8,5	16,5	32	47
	20 – 24.9	1,2	2,3	3,8	5,6	8,1	15,5	29,5	43,5
	25 – 29.9	1,1	2,3	3,4	5,2	7,6	14,5	26	40
	30 – 34.9	1	2	3,2	4,9	7,2	13,5	23	37
	35 ->	1	1,9	3	4,7	6,9	12,5	21,5	34,5

Vedlegg 5. Barktykkelsestabell

Barktykkelse gran og bjørk

Stammediameter	Dobbel barktykkelse i mm
<- 9.9 cm	9
10 – 14.9 cm	11
15 – 19.9 cm	13
20 – 24.9 cm	15
25 – 29.9cm	18
30 – 34.9cm	21
35 – 39.9 cm	25
40 -> cm	30

Barktykkelse furu

Stammediameter	Dobbel barktykkelse i mm
<- 9.9 cm	15
10 – 14.9 cm	19
15 – 19.9 cm	23
20 – 24.9 cm	28
25 – 29.9cm	33
30 – 34.9cm	37
35 – 39.9 cm	42
40 -> cm	45