



Forord

Denne masteroppgaven er skrevet ved Institutt for naturforvaltning ved Norges miljø og biovitenskapelige universitet på Ås, våren 2015. Dette er en selvstendig oppgave laget på bakgrunn av et eksisterende langtidsforsøk ved NMBU.

Jeg vil gjerne benytte anledningen til å takke alle som har bidratt med hjelp og korrekturlesing av oppgaven. Takk til Ingrid Verne for godt selskap under feltarbeidet samt bearbeiding og tilrettelegging av datamaterialet i etterkant. Takk til Oddvar Haveraaen som lot meg få delta på Lauvskogprosjektet og for det store datamaterialet han stilte til disposisjon. En stor takk til min veileder Ole Martin Bollandsås for uvurderlig hjelp med statistiske beregninger, veiledning og innspill i arbeidet med denne oppgaven.

Til slutt vil jeg rette en ekstra stor takk til bonden som dro oss opp av grøfta langt inne i Sognefjorden under feltarbeidet i 2014. Uten hans hjelp hadde det ikke blitt noen oppgave.

Ås, 15. mai 2015

.....
Sindre Hasselvold

Sammendrag

Svartor (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) er et relativt ubeskrevet treslag i den norske produksjonsforskningen. Det meste av forskningen er blitt gjort i Sverige eller Sentral - Europa. Formålet med denne studien var å undersøke om tynning har en effekt på utviklingen av diameter, høyde, grunnflate og volum hos svartor og om resultatene kan si noe om produksjonsevnen til arten. Datagrunnlaget for denne studien ble samlet inn i samband med et pågående produksjonsforsøk knyttet til lauvskog med forsøksblokker på Øst- og Vestlandet. Dette forsøket ble anlagt i 1997, med revisjoner i 2004 og 2014. Totalt sju blokker med maksimalt tre forsøksfelt hver med varierende tynningsgrad var med i denne oppgaven. Alle blokkene besto av en urørt kontrollflate (T0) og en eller to forsøksfelt med henholdsvis lett (T1) og sterk (T2) tynning. Styrken på tynningene var fastsatt ved bruk av stammetallsfaktor (S%), lett tynning, S% lik 21 og sterk tynning, S% lik 26. Datasettet ble delt i tre grupper slik at det ble mulig å undersøke tilvekstresponsen på periodenivå, mellom revisjonene, og for hele tidsrommet forsøket pågikk.

Tynning hadde en klar positiv effekt på diameter, volum og grunnflatetilvekst uavhengig av behandling og periode ($p < 0.01$). Størst tilvekst ble observert på feltene med sterk tynning (T2). Det ble ikke funnet noen signifikante forskjeller i høydeveksten mellom kontroll (T0) og de svakest tynnete (T1) flatene i noen av periodene ($p > 0.01$). En statistisk signifikant forskjell i høydetilvekst mellom sterk tynning (T2) og kontrollen (T0) ble funnet i første periode (P1) og for hele forsøket sett under ett (Total) ($p < 0.01$). Resultatene i dette forsøket viser at det er mulig å produsere svartor av store dimensjoner i Norge ved å bruke de eksisterende skjøtselsanbefalingene fra Sverige og Sentral - Europa.

Abstract

Common alder (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) is a relatively little described species in Norwegian forestry research. Most of our current knowledge about silviculture of common alder comes from experiments in Sweden or Central - Europe. The aim of this study is to look at the growth response of common alder on diameter, height, volume and basal area growth as a result of thinning, and if the results in this experiment can be used to determine the production potential of common alder in Norway. The research data comes from an already existing thinning experiment in deciduous forests in the eastern and western parts of Norway started in 1997. A total of seven blocks with, a maximum of three plots each, are represented in this study. All blocks have one control plot (T0) in addition to one or two plots of either light (T1) or strong (T2) thinning. The strength of the thinning was determined using the stand density index or S%. Light thinning (S% equals 21) and strong thinning (S% equals 26). The data was then divided into three sets. This made it possible to determine the growth response on a period level, between revisions, and for the whole trail period.

Thinning had a clear positive effect on diameter, volume and basal area growth in all periods, regardless of treatment method ($p < 0.01$). Between the three treatments, the best results were observed in the strongest thinned plots (T2). No effect of thinning on height growth was found between the control (T0) or lightly thinned (T1) plots ($p > 0.01$). There was however a statistically significant difference between the strongest thinned plots and the control plots in the first period and for the whole trail ($p < 0.01$). The result of this study shows that it is possible to produce common alder with large dimensions in Norway using the existing silviculture recommendations from Sweden and Central - Europe.

Innholdsfortegnelse

1.0 Innledning	1
2.0 Or utbredelse biologi og egenskaper	3
2.1 Bruksområder	5
3.0 Tynning og hogstmodenhet	6
3.1 Tynning av lauvtre	8
3.1.1 SRF "short – rotation forestry"	8
3.1.2 Kvalitetstømmer og skjøtsel av svartor	9
3.1.3 Kvisting	11
4.0 Materiale og Metode	11
4.1 Studieområde.....	12
4.2 Datainnsamling	15
4.3 Databehandling.....	15
4.4 Beregning av høyde og volum	15
4.5 Statistiske beregninger	16
4.6 Feilkilder i datamaterialet	16
5.0 Resultater	18
5.1 Diameterrespons	18
5.2 Høyderespons	19
5.4 Volumutvikling.....	20
5.3 Grunnflateutvikling	21
6.0 Diskusjon	23
6.1 Diameterutvikling	25
6.2 Høydeutvikling	26
6.3 Volum og grunnflateutvikling	27
7.0 Konklusjon	28
7.0 Referanser	29

1.0 Innledning

Mye av skogforskningen i dag handler om klimaforandringene og hvordan vi skal takle de på best mulig måte. Fokuset ligger på produksjonsforskning av de to mest lønnsomme treslagene i Norge, gran (*Picea abies (L.) H. Karst.*) og furu (*Pinus sylvestris*) i et klima i forandring. Hos begge artene ser det ut til at den største utfordringene vil være økt gjennomsnittstemperatur, stormskader, vår- og høstfrost samt konkurranse fra mer varmekjære klimaksarter som eik (*Quercus spp*) og bøk (*Fagus sylvatica (L.)*).

Kundzewicz et al. 2010 antyder at vi i løpet av det neste århundret kan få en forandring i nedbørsmønsteret med en økning av såkalte "flash floods" eller styrtregn, samt en forsterking av nedbørsgradienten i Europa der de våte nordlige områdene blir våtere, og de tørre områdene i sør blir tørrere (Kundzewicz et al. 2010). Den økte nedbørsmengden i nord øker også faren for jorderosjon som følge av flom (DeLong et al. 2015). For å tilpasse oss dette kan vi gjennom aktiv skogskjøtsel forsøke å minske effektene av klimaforandringen. Som nevnt tidligere er det de økonomisk viktige treslagene som får mest oppmerksomhet, men med de klimaforandringene vi vet kommer kan flere av dagens marginale treslag bli lønnsomme.

Svartor (*Alnus glutinosa (L.) Gaertn.*) er et slikt marginalt treslag. I Norge har arten hovedutbredelsesområde som strekker seg fra sørlige deler av Hedmark, videre sørover langs kysten, og opp mot Nord – Trøndelag (Figur 1) (Mossberg & Stenberg 2012). Historisk sett har arten hatt liten økonomisk verdi i det norske skogbruket og er derfor lite beskrevet i produksjonsforskningen. Selv om markedet for kvalitetstømmer fra svartor ikke er der i dag kan økte temperaturer og et mer ustabil klima gjøre arten mer aktuell i industriell sammenheng.

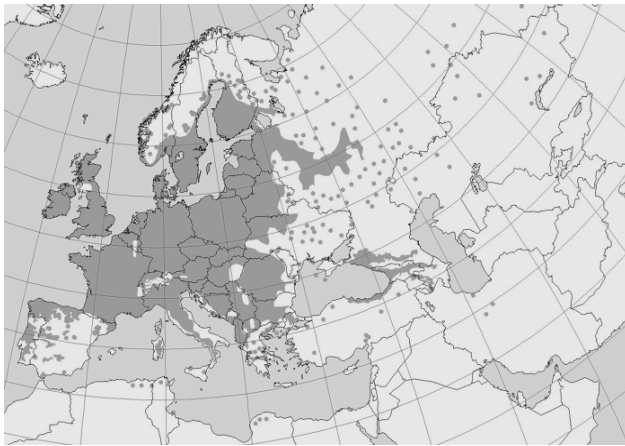
Både svartor og gråor (*Alnus incana* (L.) Moench), har evnen til å binde atmosfærisk nitrogen (N) gjennom en symbiose med en bakterie i (*Frankiaceae*) familien. De er også noen av de hurtigs voksende treslagene vi kjenner fra det Europeiske kontinentet, kun slått av enkelte piletre (*Salix* (L.) spp.) og poppel (*Populus* (L.) spp.) arter (Claessens et al. 2010). Evnen til nitrogenfiksering sammen med artens ekstremt dype rotsystem gjør den i stand til å vokse og trives på både flom og rasutsatte steder og i oksygenfattig jord langs elver, bekker og sumper (Eschenbach & Kappen 1999; Hemery et al. 2010). Dette gjør arten godt rustet til å møte et våtere og mer ustabil klima.

Formålet med denne studien er å undersøke hvorvidt tynning har en effekt på diameter, høyde, volum og grunnflatetilvekst hos svartor, og om styrken på tynningene påvirker trærne ulikt.

Oppgaven består av en teoretisk del og en eksperimentelle del. Teoridelen belyser hvorfor vi tynner og hva vi kan oppnå med god skogskjøtsel. Den eksperimentelle delen av oppgaven omhandler et feltforsøk med sju forsøksblokker med svartor utsatt for to tynninger av ulik styrke. Alle blokkene besto av et kontrollfelt og et eller to felt med ulik tynningsgrad.

2.0 Or utbredelse biologi og egenskaper

I motsetning til gråor, som finnes i hele landet unntatt de nordligste delene av Finnmark, har svartor en begrenset utbredelse. Den finnes i kystnære strøk fra Østlandet til Sunnmøre og i spredte forekomster opp til Nord-Trøndelag (Figur 1) (Frivold 1994; Mossberg & Stenberg 2012). Svart og gråor er biologisk like, men gråor har en vesentlig høyere kuldeterskel og kan lett forynges ved rotskudd (Aosaar et al. 2012). Alle arter i



Figur 1. Svartoras utbredelsesområde (mørkegrå) i Europa og Nord Afrika (Claessens et al. 2010).

orefamilien er pionerer og har evnen til å binde nitrogen direkte fra atmosfæren (Claessens et al. 2010). De har en vertikal fastrot lik det man finner hos bjørk (*Betula spp.*) og furu. Gråoras rot går ikke like dypt som svartoras, henholdsvis 60-120 cm mot 200 cm, og artene har ulik vekstrytme gjennom livsløpet.

Gråor danner tette bestand på egenhånd, men den blir ofte funnet sammen med hegg (*Prunus padus (L.)*). Den vokser best på rik, kalkholdig, leirblandet fuktig jord slik som jordekanter, langs bekker, elver og fuktige rasmarker. Selv om fuktighet er en viktig faktor på de beste vokststedene finner vi den også på sur eller tørr steinete jord. Her fremstår gråor mer som en busk enn et tre (Frivold 1994).

Gråor er en av de mest produktive artene vi har i Norge. Den vokser best i ungdomsfasen og middeltilveksten kulminerer allerede ved ca 30-35 års alder. Gråor over 18-20 meter tilhører sjeldenhetene. I Norge blir den primært brukt til brensel, da diameter over 30 centimeter ikke er vanlig. Gråor regnes også som sterkt motstandsdyktig mot beiting, så de viktigste skadegjørerne er råtesopp og orebladbillen (*Galerucella lineola*). anbefalt omløpstid ligger mellom 30 til 50 år, avhengig av ønsket sluttprodukt. Selv uten innblanding blir den sjeldent eldre en 100 – 200 år (Frivold 1994).

Svartor er et biologisk viktig tre i våte økosystem med høyt grunnvannsspeil som elver, raviner og sumper. Her hjelper arten til med å bedre vannkvaliteten gjennom vannfiltrering i rotsystemet (Claessens et al. 2010). Det er også her den har sitt største konkurransefortrinn. Best vekstvilkår finner den på dyp leire og kalkholdig jord, helst i skråninger hvor tilsig av vann fører med seg humus og næringsstoffer fra høyereliggende områder (Frivold 1994; TRADA 1980). Frøspredning skjer hovedsakelig i september og oktober med spiring rundt mars måned, men tilfeldige frøslipp kan forekomme året rundt både hos svart- og gråor. Frøene er små og flate og inneholder to korkaktige legeme som gjør frøene i stand til å flyte på vannet i flere måneder. Selv om frøene ikke er spesielt designet for det kan de i noen grad bli spredt med vinden. (Gosling et al. 2009).

Fordi røttene vokser mest i dybden og kronen slipper gjennom mye lys til bakken finner vi ofte flere lyskrevende treslag som ask (*Fraxinus excelsior (L.)*), alm (*Ulmus glabra Huds.*), gråor, hassel (*Corylus avellanda (L.)*) og gran sammen med svartor. Fordi svartoras biologi indirekte muliggjør en slik innblanding av andre arter, har den ofte vanskelig for å forynge seg uten hjelp fra menneskeskapte eller naturlige forstyrrelser (Frivold 1994).

Svartor vokser noe mindre en gråor i ungdomsfasen. Størst høydevekst har den fra 15 – 20 års alder (Frivold 1994), og ved 25 års alder vil svartor normalt ha nådd 50% av den totale høyden ved hogstmodenhet (Claessens et al. 2010). Maksimal diameter varierer mellom 0.3 – 1.2 meter ved 60 års alder (TRADA 1980). Svartor blir også lengre en gråor, høyder på 25 – 30 m er vanlig. Anbefalt omløpstid er noe lenger enn for gråor, 50 til 70 år avhengig av bonitet og ønsket sluttresultat (Frivold 1994). Etter 70 år vil kvaliteten på tømmeret som regel forringes som følge av råte. Svartor blir sjeldent eldre en 100-160 år. Studier fra Sentral-Europa har også vist at råte kan bli et problem på bestandsnivå allerede ved 50 til 70 års alder (Claessens et al. 2010). Det finnes også studier som viser at råte inntreffer tidligere jo lengre nord man er i utbredelsesområdet (Frivold 1994).

Selve treet er et viktig habitat for mange insekter og dyr, og som naturtype utgjør oreskoger et svært viktig habitat for jerpe (*Bonasa bonaisia*) (Frivold 1994; Åberg et al. 2003)

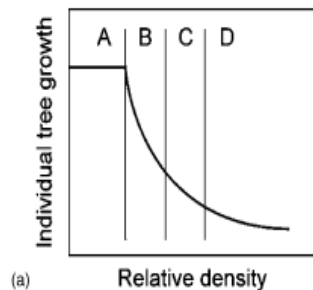
2.1 Bruksområder

Svartor egner seg dårlig til konstruksjonsvirke eller for bruk utendørs. Ubehandlet eller i kontakt med jord vil det råtne i løpet av en femårsperiode (TRADA 1980). Derimot egner det seg meget godt til bruk under vann. Svartor har blitt brukt i sluseporter i kanaler (TRADA 1980), og som pæler til brygger og hus. Holdbarheten under vann er like god som hos de mest brukte treslagene for slike forhold som eik eller lerk (*Larix spp.*) Det meste av tømmeret som blir nyttet kommersielt går til møbelindustrien eller blir brukt til finér (Claessens et al. 2010).

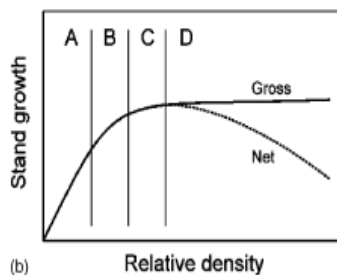
Foruten til tømmerproduksjon kan svartor gjennom sitt store rotnettverk hjelpe til å stabilisere usikker mark og hindre erosjon. Dette gjør at arten er mye brukt til landskapsrestaurering av våte økosystem. På grunn av den raske veksten er arten også mye brukt som hovedtreslag eller i blanding, som "nurse tree", i skogreising etter gruvedrifter (Claessens et al. 2010).

3.0 Tynning og hogstmodenhet

Tynning av et bestand handler om omfordeling av de tilgjengelige resursene på et gitt sted, på færre trær (Long et al. 2004). Denne "modifisering av det tilgjengelige arealet" for de gjenværende trærne er vist å ha en stor betydning for diameterutviklingen (Macdonald & Hubert 2002). Tynningspraksisen bygger derfor på vår forståelse av skogens biologi og hvordan vi gjennom fysiske inngrep kan påvirke den



(a)



(b)

Figur 2. Forholdet mellom trærnes individuelle vekst (a) og bestandsvekst (b). A, B, C og D angir enkelttre- og bestandsutvikling uttrykt som hogstklasser hvor A = Hk II og D = Hk V (Long et al. 2004).

videre utviklingen. Vekstutvikling for et bestand eller tre er et resultat av tilgjengelige resurser som vann, næringsstoffer, lys og størrelsen på trærnes krone, som utgjør treets eget produksjonsapparat (Long et al. 2004).

Volumveksten til det enkelte treet vil avta med økende bestandstetthet (figur 2a). På den andre side øker

bestandsvolumtilveksten med økende tetthet (figur 2b), helt til bestandet når sitt maksimale bladareal og full produksjon (figur 2b). Det er disse parametre vi manipulerer ved tynning.

En annen viktig faktor man må tenke på er selvtynning. Dette inntreffer når bestandstettheten blir så stor at det ikke lenger er plass for videre utvikling eller opprettholdelse av

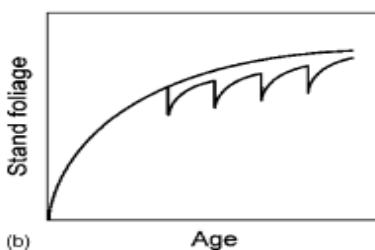
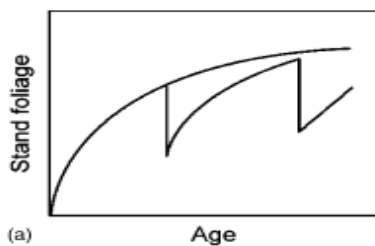
assimilasjonsapparatet til det individuelle tre, og de svakeste begynner å dø som et resultat av den interne konkurransen.

Selvtynning styres av bestandstettheten og vil inntreffe ved ulike tettheter avhengig av art. Skyggetålende treslag som

gran og bøk vil kunne stå tettere uten at det fører til selvtynning i motsetning til mer lyskrevende treslag som furu og de fleste lauvtreslag (Jack & Long 1996; Mason et al. 2004). Det er derfor viktig å kjenne artenes biologi og krav til vokststed når man gjennom fysiske inngrep som tynning forsøker å styre veksten i et bestand. Dette gjelder spesielt ved produksjon av sagtømmer der målet er å maksimere volumtilvekst på så mange tre som mulig. Dette gjøres ved å tilpasse tettheten i et bestand til det tilgjengelige arealet gjennom tynninger for å gi trærne best mulig vekstvilkår. Vi vil i de fleste tilfeller ønske å holde tettheten i et bestand lavere enn det som er maksimalt.

Tynningsmetoden vi benytter bestemmes ut fra de kriteriene vi setter for bestandet. Siden det ikke er mulig å maksimere volumtilveksten både på enkelttre- og bestandsnivå, fordi stort volum på enkelt-tre krever lav tetthet og stort bestands volum krever høy tetthet, (Jack & Long 1996; Long et al. 2004; Zeide 2001) har vi i realiteten kun tre alternativer. Vi kan produsere få, men store trær, mange små eller en mellomting hvor vi får en fordeling mellom sagtømmer og massevirke (Long et al. 2004).

Når vi vet hvilket sluttprodukt vi er ute etter har vi valget mellom to hovedtyper av tynning. Vi kan foreta få inngrep med store tynningsgrader (figur 3a) eller mange små med svake tynningsgrader (figur 3b) (Long et al. 2004). Begge alternativene har sine fordeler og ulemper. Få sterke tynninger gir sannsynligvis bedre muligheter for at



Figur 3. Utvikling av bladareal på bestandsnivå ved sterk tynning (a) og svak tynning (b). Maksimalt bladareal er her representert som den heltrukne buede linjen. Tynning og påfølgende gjenoppbygging av assimilasjonsapparat vises under denne linjene (Long et al. 2004).

inngrepene er økonomisk lønnsomme fordi trærne og selve uttaket er større, spesielt ved de seint tynningene (Cameron 2002), og fordi færre inngrep reduserer de totale driftskostnadene. Ulempen er at trærne bruker lang tid på å gjenoppbygge assimilasjonsapparatet (Figur 3. a). Det betyr at det tar lengre tid før bestandet er oppe i full produksjon igjen. Mange små tynninger har den fordel at produksjonen holdes på et høyere nivå gjennom hele omløpet (Figur 3. b) (Long et al. 2004). Ulempen ligger i det lave volumuttaket som fort kan gjøre tynningene ulønnsomme (Cameron 2002).

En vanlig metode for å avgjøre hogstmodenhet på er å finne den alderen hvor bestandets årlige gjennomsnittlige volumtilvekst (MAI) er like stor som bestandets faktiske årlige volumtilvekst (CAI) (Lundqvist et al. 2014). Den årlige volumtilveksten (CAI) vil, for de fleste lauvtreslag, være svært liten i den første vekstfasen frem til 10 – 15 års alder, for så å øke raskt frem til slutten av ungdomsfasen mellom 20 – 25 års alder (Claessens et al. 2010; Hynynen et al. 2010). Etter ungdomsfasen vil volumtilveksten avta med økende alder, men det vil ta lang tid før den gjennomsnittlige volumtilveksten (MAI) kommer opp på sitt maksimale nivå. Så lenge den faktiske volumtilveksten er større enn den gjennomsnittlige vil MAI fortsette å øke helt til den når sitt toppunkt og

flater ut (Lundqvist et al. 2014). Uavhengig om man regner ut kulminasjonstidspunktet for MAI og CAI eller ikke, vil en normal omløpsperiode for de fleste hurtigvoksende lauvtreslag som svartor eller bjørk ligge på mellom 50 – 80 år avhengig av bonitet (Claessens et al. 2010; Hynynen et al. 2010).

3.1 Tynning av lauvtre

Når man tynner i lauvskog er det viktig å huske at de fleste artene er veldig lyskrevende. For svake tynninger påvirker diameterutviklingen negativt (Claessens et al. 2010; Rytter & Werner 2007; Rytter 2013) og for sterke tynninger kan senke høydeveksten (Johansson 1999; Rytter & Werner 2007). Som omtalt i kapittel 3.0 er det opp til skogeier å foreta denne avveiningen mellom diameter og høydevekst basert på han/hennes ønsker og krav til sluttproduktet.

3.1.1 SRF "short – rotation forestry"

Det er gjort flere studier av "Short – rotation forestry" eller plantasjedrift med lauvtre i Skandinavia og de Baltiske landene. De fleste forsøkene er gjort på en hybridosp *P. x wettsteinii* som har vist seg å være en av de raskest voksende treslagene i Nord - Europa. Andre arter som egner seg til slik drift er svartor, poppel og piletre (Tullus et al. 2012). Målet med et slikt system er å produsere mest mulig biomasse på kortest mulig tid, ofte med rotasjoner på 5 – 10 år for brensel og 20 – 30 år for massevirke og sagtømmer.

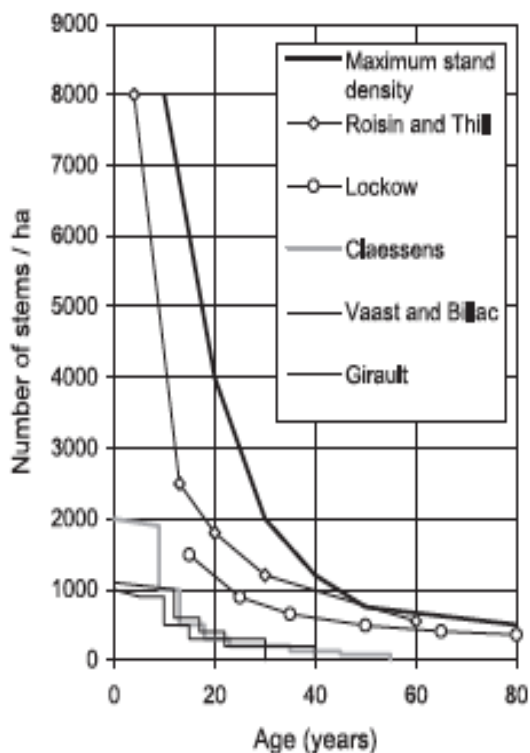
For å produsere trevirke til brensel er det ikke uvanlig å ha et plantetall over 4000 tre/ha (Tullus et al. 2012). Her blir det ikke utført tynninger da omløpsperiodene er så korte at alt kan høstes samtidig, eventuelt kan man ta ut 50 – 70 % av biomassen ved tre til fem års alder for så å komme tilbake å ta resten ca fem år senere (Rytter et al. 2011). For produksjon av sagtømmer og massevirke (20 – 30 års rotasjoner) anbefales en til tre tynninger per omløp. Rytter et al. (2011) har lagt frem flere forslag til fremgangsmåte avhengig av krav til sluttprodukt for en slik produksjon.

For sagtømmer i SRF plantasjer anbefales en utgangstetthet på 1100 eller 1600 tre/ha med en tynning ved 12 – 14 års alder ned til henholdsvis 500 eller 700 tre/ha. For begge alternativene vil sluttavvirkning ligge mellom 20 – 25 års alder (Rytter et al. 2011). Ved slutthogst kan man forvente en total produksjon på mellom 300 – 450 m³ fordelt på

sagtømmer og massevirke (Tullus et al. 2012). Fordi den faktiske årlige volumtilveksten (CAI) til pionerartene er størst i ungdomsfasen mellom 10 – 20 års alder (Rytter & Werner 2007), vil man innenfor dette forholdsvis korte tidsrommet kunne oppnå en årlig middeltilvekst (MAI) på opp mot 25 m³/ha/år for hybridosp mot 17 m³/ha/år for gran. Svartor vil ligge noe under gran med opp mot 15 m³/ha/år (Rytter et al. 2011).

3.1.2 Kvalitetstømmer og skjøtsel av svartor

I de Skandinaviske landene har det tradisjonelt vært snakk om bjørk i forbindelse med kvalitetstrevirke av lauv. Forsøk i Finland har vist at man kan oppnå et totalt volum på 360 – 560 m³/ha, avhengig av bonitet, i skjøttede bestand av hengebjørk (*Betula pendula Roth.*) ved 60 års alder. Dette tilsvarer en årlig middelvekst (MAI) på 6 – 9.3



Figur 4. Sammenligning av ulike tynningsregimer for svartor (Claessens et al. 2010).

m³/ha/år mellom 30 og 60 års alder (Hynynen et al. 2010). Tilsvarende studier på svartor fra Mellom - Europa og Sverige har vist at MAI er på sitt største mellom 20 og 50 års alder med en middeltilvekst mellom 4.5 – 14.6 m³/ha/år og et totalt volum mellom 500 – 1000 m³/ha ved 80 års alder, avhengig av bonitet (Claessens et al. 2010). Dette viser at svartor kan konkurrere med bjørk også i Norge.

For å produsere kvalitetsvirke i lauvskog er det viktig med aktiv skogskjøtsel. Alle tynningsmaler for lauvtre forutsetter flere inngrep, og i mange tilfeller er det anbefalt med manuell kvisting for å oppnå best mulig resultat. Det er gjort flere studier av skjøtselsregimer for

svartor i Europa. Claessens, H. gir en oversikt over flere av anbefalingen (Figur 4) i en review artikkel (Claessens et al. 2010). Ser man bort fra Roisin & Thill (1972) og Lockow (1995) ligger anbefalingene svært nær hverandre med små forskjeller i utgangstetthet, antall fremtidstre og omløpslengde. For å produsere store trær av høy økonomisk verdi er det skissert to hovedtyper av skjøtsel.

Bestandstynning (Figur 4) er den metoden vi i stor grad bruker på våre mest utbredte treslag som gran og furu, hvor treantall senkes som en reaksjon på økende høyde og bestandsalder. Det legges liten eller ingen vekt på det individuelle treets fysiske egenskaper og man forsøker så langt det lar seg gjøre å utføre en homogen tynning av hele bestanden. Her anbefales en utgangstetthet på 2000 tre/ha og en sterk første tynning ved 10 – 15 års alder ned til 1000 tre/ha hvorpå treantall, gjennom flere senere tynninger, senkes ned til 200 – 300 tre/ha ved bestandsalder 20 – 30 år. Før slutthogst (50 - 70 års alder) bør man ha oppnådd en grunnflate på mellom 15 – 20 m²/ha (Claessens et al. 2010).

Kronetynning (Figur 5). Her velger man ut fremtidstrærne i starten av omløpet, og alle fremtidige inngrep er rettet mot å sikre at disse trærne har optimalt med plass og tilgang på lys. Første tynning skjer ved trehøyde 8 – 10 m med en avstand mellom

Total height of the future crop tree (m)	Minimum distance between future crop tree and its nearest neighbour (m)
9	30 × d.b.h.
12	27 × d.b.h.
15	24 × d.b.h.
18	21 × d.b.h.

Figur 5. Angir minimumsdistanser mellom fremtidstrærne og nærmeste nabo som en funksjon av total høyde og brysthøydiameter (dbh) (Claessens et al. 2010)

stammene etter tynning på 6 – 8 m. Her velges 2 – 3 ganger flere trær en nødvendig som en ekstra forsikring mot skader eller sykdom. I denne første fasen tynnes det kun rundt det enkelte fremtidstre. Etter ytterligere to til tre tynninger kommer man ned på en

bestandsgrunnflate rundt 15m²/ha ved høyde 18 – 20 m (100 – 70 tre/ha) (Figur 5).

Denne grunnflaten må så opprettholdes ved bestandstynninger frem til slutthogsten.

Kronetynning har den fordel at den kan brukes på uttynnede bestand helt opp til 18 m høyde. Det vil si at metoden også egner seg for konvertering av forsømte bestand (Claessens et al. 2010).

Disse anbefalingene ligger en del lavere en anbefalingene for hengebjørk (*Betula pendula* (Roth.)), hvor man anbefaler utgangstetthet rundt 2 – 2500 tre/ha med to tynninger ved 20 og 35 års alder hvor treantall reduseres til henholdsvis 1100 og 400 tre/ha med ett sluttresultat på ca 400 tre/ha (Hynynen et al. 2010). Dette viser hvor lyskrevende svartor er i forhold til bjørk.

3.1.3 Kvisting

Kvisting av bjørk er omtalt som en ekstra forsikring for å oppnå best mulig kvalitet på sluttproduktet (Hynynen et al. 2010). Hos svartor ser ikke dette ut til å være nødvendig i tette bestand > 1000 tre/ha. Kvistene på svartora har en svært lav skyggetoleranse og naturlig kvisting starter som regel tidlig. Dette kan faktisk bli et problem hvis man ikke sørger for å tynne godt nok, da selvkvistingstakten kan overgå høydeveksten i for tette bestand å man ender opp med tynne tre med små kroner (Claessens et al. 2010).

4.0 Materiale og Metode

Datagrunnlaget i denne oppgaven kommer fra sju blokker med tre flater hver som ble anlagt av Oddvar Haveraaen i 1997-98 i forbindelse med "Lauvskog prosjektet" (Haveraaen et al. 2009). Prosjektet ble i sin tid startet på grunn av manglende kunnskap omkring lauvtreskjøtsel av kantskoger, gjenvækster av gamle jorder og lignende. Når man spurte grunneiere eller personer med skogfaglig kompetanse fikk man som oftest til svar at det ikke var noe å gjøre med slik skog og at det i beste fall kunne bli ved av den. Hovedformålet med prosjektet var å skaffe til veie praktisk kunnskap om skjøtsel av slike skogsområder for de som jobbet med skog (Haveraaen 2015).

Fire av blokkene ligger på Østlandet og tre på Vestlandet. Størrelsen på forsøksrutene varierte mellom 100 til 425 m², med to til fire meter inngrepsfri buffer rundt hvert rute. Alle blokkene besto av en kontrollrute (T0), og en eller to ruter med varierende tynningsgrad (T1 = lett tynning), (T2 = sterk tynning). Hvor mye som ble tatt ut i tynningene ble bestemt ved å regne ut stammetallsfaktor (S%) for den aktuelle ruten. Lett tynning (T1) skulle resultere i en S% rundt 21 og sterk tynning (T2) på 26. S% eller stammetallsfaktor defineres som, "gjennomsnittlig avstand mellom trærne, (a), i prosent av overhøyden (H₀) der N betegner treantall per hektar" (Fitje & Strand 1989).

$$S\% = \frac{100 a}{H_0} \rightarrow a = \sqrt{\frac{10000}{N}} = 100/\sqrt{N}$$

Valg av tynningstyrke ble tatt med støtte i tynningstabeller for andre lauvtreslag. På grunn av stor variasjon i utgangstetthet og vanskeligheter med å finne egnede lokaliteter for å gjennomføre forsøket ble det ikke brukt mye tid på valg av S%. Man anså det som viktigere at det var stor nok variasjon mellom tynningsgradene (Haveraaen 2015). Inngrepene kan beskrives som en fritynning, det ble ikke skilt mellom store eller små tre, men man forsøkte så langt det var mulig å utføre en rommelig jevnt fordelt bestandstynning.

4.1 Studieområde

Tabell 1. Oversikt over hvilke kommuner forsøket er gjennomført i , antall, størrelse og behandlingstype på blokkene. T0, T1 og T2 står for henholdsvis Kontrollflate, svakt tynnet og sterkt tynnet. Hoh. angir høyde over havet i meter. Boniteten er beregnet for svartor. Oversikten viser også årlig nedbørsmengde og årlig gjennomsnittstempertur.

Kommune	Treslag	Antall prøveflater/ behandling	Prøveflate m ²	Hoh. M	Bonitet	Årlig nedbør. mm	Årlig gj. Temp C°
Østlandet							
Rygge	Svartor	T0 T1 T2	357, 425, 357	30	23h	750	5,8
Re	Svartor	T0 T1 T2	225, 225, 225	50	20h	800	5,2
Eidsvoll	Gråor	T0 T1	225, 225	160	23h	790	3,4
Oppegård	Svartor	T0 T1 T2	100, 400, 400	40	17h	763	5,7
Vestlandet							
Høyanger ¹	Svartor	T0 T1	300, 300	40	17h	1500	6,2
Høyanger ²	Svartor	T1	300	30	14m	1500	6,2
Ølen	Svartor	T0 T1 T2	300, 225, 221	50	11m	1700	6,8

Alle blokkene (Tabell 1) er rene bestand av svartor, unntaket er blokken i Eidsvoll kommune som er et rent gråor bestand. På grunn av artenes nære biologiske slektskap ble gråorfeltet tatt med for å øke datamengden. Blokken i Eidsvoll ligger i en bekkedal med stort tilsig av fuktighet og næringsstoffer. I Oppegård ligger blokken på det som tradisjonelt er sett på som en svartorlokalitet. Trærne står på forsumpet mark tett inntil en elv med svært lite konkurranse fra andre treslag. Sammen med blokken i Ølen, som ligger inntil et skogsvann på svært fuktig mark, er disse lokalitetene det nærmeste vi kom en ren sumporeskog i dette forsøket. Spesielt på blokken i Rygge, som ligger på gammel dyrket mark, er svartora i sterk konkurranse med blant annet alm og eik. Her ligger feltet helt inn til jernbanelinjen i et fredet skogholt. Blokken i Re ligger på fuktig skogsjord omringet av høyproduktive granbestand. På Vestlandet er det bare en blokk, Høyanger¹ (tabell 1), som ligger nær jordbruksmark. Forsøksfeltene ligger midt i en kantskog mellom innmark og fjell. Skogen har blitt brukt til husdyrbeite for småfe, men det var ingen tegn til dette under siste revisjon. Blokken Høyanger² ligger 100-150 m fra

Sognefjorden helt inntil E39. Blokken i Ølen har vært påvirket av den tidligere eieren, men det er lite sannsynlig at disse inngrepene har påvirket forsøket i noen grad da det i hovedsak var snakk om ungskogpleie lenge før forsøket startet (Haveraaen 2015).

Tabell 2. Behandling, alder, brysthøydiameter ved 1.3 m (Dbh 1.3 m), gjennomsnittlig høyde (Ho. M) og treantall per hektar før (f.t) og etter (e.t) tynning i 1997. Reduksjon av stammetall oppgis i prosent. Gjennomsnittet av alle flater (Gj. snitt) er vektet med treantall.

Blokk	Behandling	Alder	Dbh 1.3 m	Ho. M	Tre/ha før tynning	Tre/ha etter tynning	Reduksjon i prosent
Rygge	T0	11	13.1	17.7	1850		
	T1	13	12.2	16.6	4090	950	23
	T2	14	13.8	17.9	3150	630	20
Re	T0	23	12.1	15.5	1360		
	T1	28	10.8	17.2	2930	760	26
	T2	31	12.3	17.6	2490	440	18
Eidsvoll	T0	33	11.6	14.9	1110		
	T1	33	12.8	13.8	2310	1060	46
	T2						
Oppegård	T0	42	14.6	17.3	2500		
	T1	44	12.6	19.8	1450	620	43
	T2	37	13.3	16.4	2270	420	19
Høyanger ¹	T0	24	10.5	12.8	3490		
	T1	21	12.6	12.6	3330	1270	38
	T2						
Høyanger ²	T0						
	T1	25	14.8	13.1	3020	1290	43
	T2						
Ølen	T0	13	10.3	9.6	2270		
	T1	13	10.6	10.3	2490	1470	59
	T2	10	11	10.4	2480	1080	44
Gj. snitt		23	12.3	14.8	2739	709	23.5

Tabell 3. Antall tre per hektar før (f.t) og etter (e.t) tynning i 1997. Gjennomsnittlig treantall/ha og uttak i prosent. Alle gjennomsnittstall er vektet med treantall.

Blokk	T0			T1			T2		
	Tre/ha f.t	Tre/ha e.t	Uttak i prosent	Tre/ha f.t	Tre/ha e.t	Uttak i prosent	Tre/ha f.t	Tre/ha e.t	Uttak i prosent
Rygge	1850	1850	-	4090	950	77	3150	630	80
Re	1360	1360	-	2930	760	74	2490	440	82
Eidsvoll	1110	1110	-	2310	1060	54	-	-	-
Oppegård	2500	2500	-	1450	620	57	2270	420	81
Høyanger ¹	3490	3490	-	3330	1270	62	-	-	-
Høyanger ²	-	-	-	3020	1290	57	-	-	-
Ølen	2270	2270	-	2490	1470	41	2480	1080	56
Gj. snitt	2392	2392	-	3015	1082	62	2640	646	75

Tabell 4. Volum per hektar før (f.t) og etter (e.t) tynning i 1997 samt volumreduksjon i prosent. Gjennomsnittstall er vektet med treantall.

Blokk	T0			T1			T2		
	V/ha f.t	V/ha e.t	Redd. i prosent	V/ha f.t	V/ha e.t	Redd. i prosent	V/ha f.t	V/ha e.t	Redd. i prosent
Rygge	239	239	-	257	96	62.6	254	85	66.5
Re	295	295	-	276	108	60.9	276	60	78.3
Eidsvoll	189	189	-	181	91	49.7	-	-	-
Oppegård	412	412	-	26.8	16.2	39.6	335	102	69.6
Høyanger ¹	232	232	-	208	115	44.7	-	-	-
Høyanger ²	-	-	-	236	150	36.4	-	-	-
Ølen	110	110	-	136	105	22.8	139	76	45.3
Gj. snitt	249	249	-	207	95	47	250	80	64.9

Tabell 5. Grunnflate per hektar før og etter tynning i 1997 samt reduksjon i prosent. Gjennomsnittstall er vektet med treantall.

Blokk	T0			T1			T2		
	Dg/ha f.t	Dg/ha e.t	Redd. i prosent	Dg/ha f.t	Dg/ha e.t	Redd. i prosent	Dg/ha f.t	Dg/ha e.t	Redd. i prosent
Rygge	259	259	-	306	114	63	296	97	68
Re	372	372	-	349	129	64	343	71	80
Eidsvoll	271	271	-	268	139	49	-	-	-
Oppegård	456	456	-	278	168	40	380	109	72
Høyanger ¹	329	329	-	316	170	47	-	-	-
Høyanger ²	-	-	-	334	129	62	-	-	-
Ølen	204	204	-	235	179	24	250	136	46
Gj. snitt	321	321	-	302	148	51.9	315	110	66.4

4.2 Datainnsamling

Registreringen ble gjort over to uker i starten av juli måned 2014. Dette er den siste av totalt tre revisjoner som er foretatt siden feltene ble anlagt. På hver forsøksrute ble diameter i brysthøyde (dbh) målt på alle trær med dbh > 5 cm. I tillegg ble det utført utvidede målinger på utvalgte prøvetre før tynning. Prøvetrærne ble tilfeldig plukket ut i 1997, som regel hvert andre tre, ved utlegg av flatene. En Haglöf Vertex IV høydemåler ble brukt til å måle totalhøyde for treet, høyde til første levende kvist på stammen, høyde til første gren i kronen og den totale kronehøyden. Diameter ble målt med en diametertape ved 1.30 m høyde, målt fra midlere marknivå. I tilfeller med dobbelstamme (topp) ble trærne enten registrert som to individer eller diameter ble målt kun på den største av de to.

Det ble også målt barktykkelse og tatt boreprøver fra åtte trær per prøveflate.

Boreprøvene ble tatt for detaljerte analyser av veksten fra år til år. Disse trærne ble også plukket ut tilfeldig i 1998. Selv om det ikke forelå noen konkrete planer for fortsatt bruk av feltene ble det ansett som fornuftig å fortsette tynningsprogrammet der hvor grunneier tillot det.

4.3 Databehandling

Årringanalysen av boreprøvene ble gjort på laboratorium med en Rinntech® Lintab™ 6 Tree – ring station utstyrt med en Leica 10450630 (10x23) stereolupe. Data ble registrert ved bruk av programmet TSAPWin Professional versjon 4.68e Rinntech®. Alle felt og laboratoriedata ble overført til excel for videre behandling. I dette forsøket ble årringanalysene kun brukt til å bestemme alder på blokkene.

4.4 Beregning av høyde og volum

Ut fra diameter og høydedata på prøvetrærne ble det laget en høydetilvekstfunksjon for hver prøveflate i de enkelte blokkene. Dette ble gjort ved å bruke en enkel lineær regresjonsmodell i excel. Høyden er beregnet for hver av de tre ulike revisjonene. Det vil si at høydetilvekstfunksjonene for hvert enkelt forsøksfelt, for årene 1997, 2004 og 2014 er unike for den aktuelle revisjonen, og ikke brukt andre steder i datamaterialet. Volum ble beregnet ved hjelp av Brantsegs funksjoner for volumberegning for furu (Tabell 6) (Brantseg 1967). Grunnen til at man i sin tid valgte å bruke akkurat disse

formler var, foruten mangel på en tilsvarende formel for svartor, at man anså furu som det nærmeste man kom svartor når det gjaldt stamme- og kroneutvikling.

Tabell 6. Høydefunksjon basert på diameter og høyde til prøvetre samt formler for beregning av volum med bark for furu (Brantseg 1967). V = volum, D = diameter, H = høyde. β_1 og β_2 er blokk - behandling- og tidspunktspesifikke funksjonsparametre.

Diameter større en 10 cm	$V = 8,6524 + 0,076844 * D * D + 0,031573 * D * D * H$
Diameter mindre en 12 cm	$V = 2,0044 + 0,029886 * D * D + 0,036972 * D * D * H$
Høydefunksjon	$\beta_1 * D + \beta_2$

4.5 Statistiske beregninger

For å teste om det var signifikante effekter av tynningsgrad på diameter, høyde og volumvekst, ble det for hver respons tilpasset en såkalt "generalized linear model" (GLM) med tynningsgrad og blokk som kategoriske forklaringsvariabler ved hjelp av den statistiske softwaren JMP 10.0.0 (2012) (SAS 2012). Det ble antatt at fordelingen til residualene er normal og at sammenhengen mellom respons og forklaringsvariablene er lineære. Denne modellen ble valgt fordi den muliggjør en lineær regresjonsanalyse som ikke blir påvirket av ulikt antall observasjoner på hver flate eller biologiske faktorer som forskjeller i bonitet og alder på blokkene (Wikipedia.org 2015). Statistisk signifikant nivå ble satt til < 0.05 .

4.6 Feilkilder i datamaterialet

Som ved alle utendørs langtidsforsøk skjer det uforutsette ting med prøvematerialet. Innsamling av data har skjedd over lang tid og er utført av flere personer. Dette øker sannsynligheten for at det finnes flere ulike systematiske eller tilfeldige feil i datamaterialet, spesielt knyttet til høyde- og diameterdata.

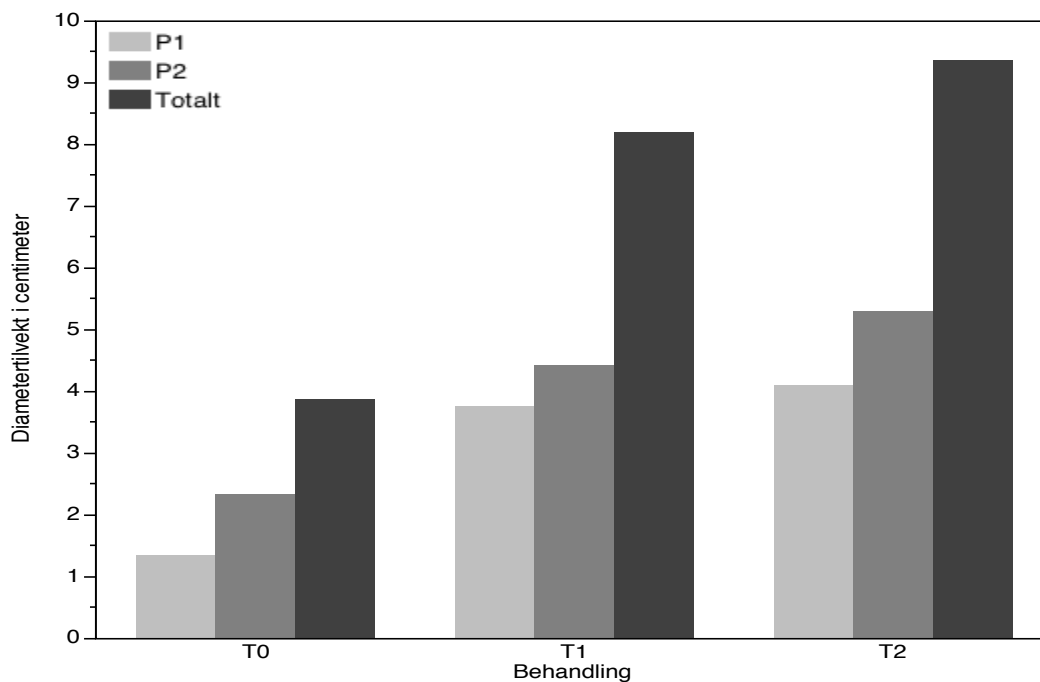
Bruk av digital høydemåler er alltid forbundet med en hvis grad av usikkerhet. Når den ikke blir brukt på flat mark eller er ukorrekt kalibrert, kan det lett oppstå systematiske feil i registreringene. Dette er vanskelig å komme utenom da det er den eneste måten å samle inn slike data på, på en effektiv og økonomisk forsvarlig måte.

Måling av dbh ved 1.30 m målt fra midlere marknivå er også forbundet med usikkerhet fordi midlere marknivå blir avgjort av personen som måler. Dette gjør at det faktiske målepunktet i stor grad blir påvirket av personen som utfører jobben. Under revisjonen i 2014 var det ikke uvanlig å komme over døde prøvetre, eller trær man visste var med i forsøket som ikke lenger hadde nummerplate. Enten hadde platen falt av eller den var overvokst, og i flere tilfeller var det umulig å få den ut uten å påføre trærne betydelig skade. For å finne identiteten ble diameter og høyde ved revisjon i 2014 sammenlignet med resultatene fra de tidligere revisjonene for å avgjøre hva den mest sannsynlige identiteten til treet var. Det faktum at prøveflatene var lagt ut systematisk bidro også til å lette arbeidet der hvor det kun var få uidentifiserbare tre. I de tilfellene hvor det manglet boreprøvetre eller de var døde ble det tatt prøve fra et tre av lik størrelse basert på tidligere målinger.

5.0 Resultater

5.1 Diameterrespons

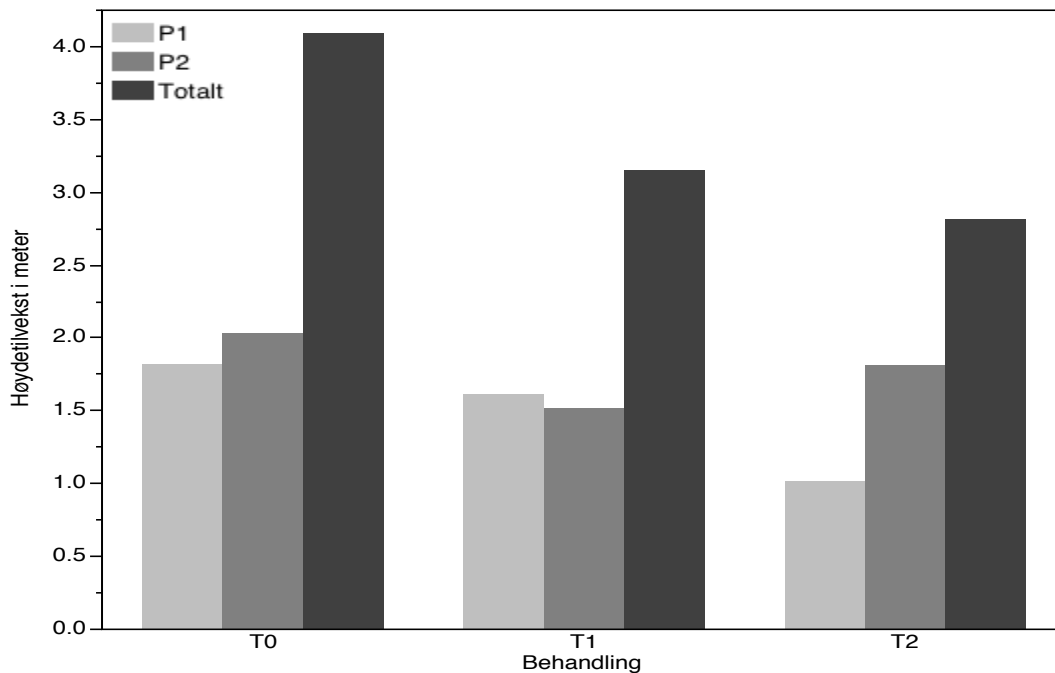
Tynning hadde en signifikant positiv innvirkning på diametertilveksten gjennom hele forsøket ($p < 0.001$) for alle tynningstyrker og perioder (Tabell 7). Diameterveksten gjennom hele perioden har vært størst på de sterkest tynnede feltene (T2) (Figur 6). Det var laveste tilvekst i den første perioden (P1), her er det en liten, men signifikant forskjell mellom svak (T1) og sterk tynning (T2) ($p < 0.001$) (Tabell 7). Tilveksten var størst i periode 2 for alle behandlinger. Aller størst tilvekst ble funnet i de sterkest tynnede (T2) feltene (Figur 6).



Figur 6. Gjennomsnittlig diametertilvekst i centimeter for de tre periodene P1 (1998 - 2004), P2 (2004 - 2014) og Total (1997 - 2014) for de forskjellige behandlingene. Kontroll (T0), lett tynning (T1) og sterk tynning (T2).

5.2 Høyderespons

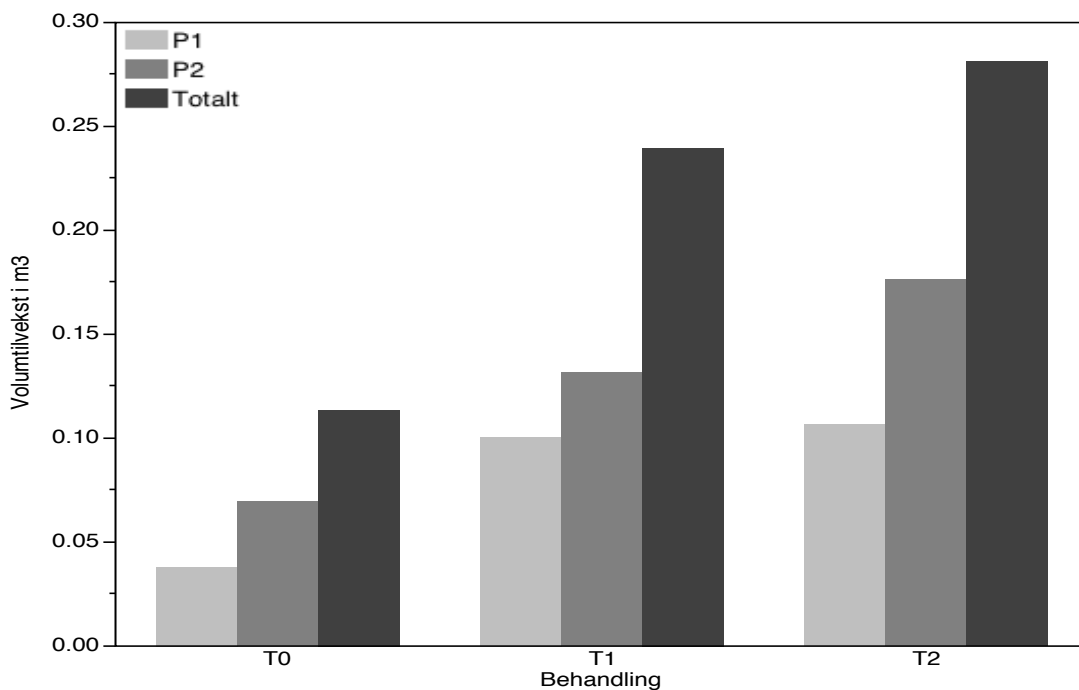
Tynning hadde ingen signifikant effekt på høydetilveksten (NS) sett bort fra sterk tynning i periode 1 og hele forsøket sett under ett, som viste en statistisk signifikant forskjell mellom sterk tynning og kontrollen ($p < 0.01$) (Tabell 7). Som det fremgår av figur 7 er det kontrollfeltene som har hatt størst høydetilvekst gjennom hele forsøket. Igjen ser vi at det er i periode 2 vi får den største høydetilveksten uavhengig av behandling. Det finnes ett unntak, i periode 1 har høydetilveksten vært større på de svakt tynnede feltene sammenlignet med periode 2.



Figur 7. Gjennomsnittlig høydetilvekst i meter for de tre periodene P1 (1998 - 2004), P2 (2004 - 2014) og Total (1998 - 2014) for de forskjellige behandlingene. Kontroll (T0), lett tynning (T1) og sterk tynning (T2).

5.4 Volumutvikling

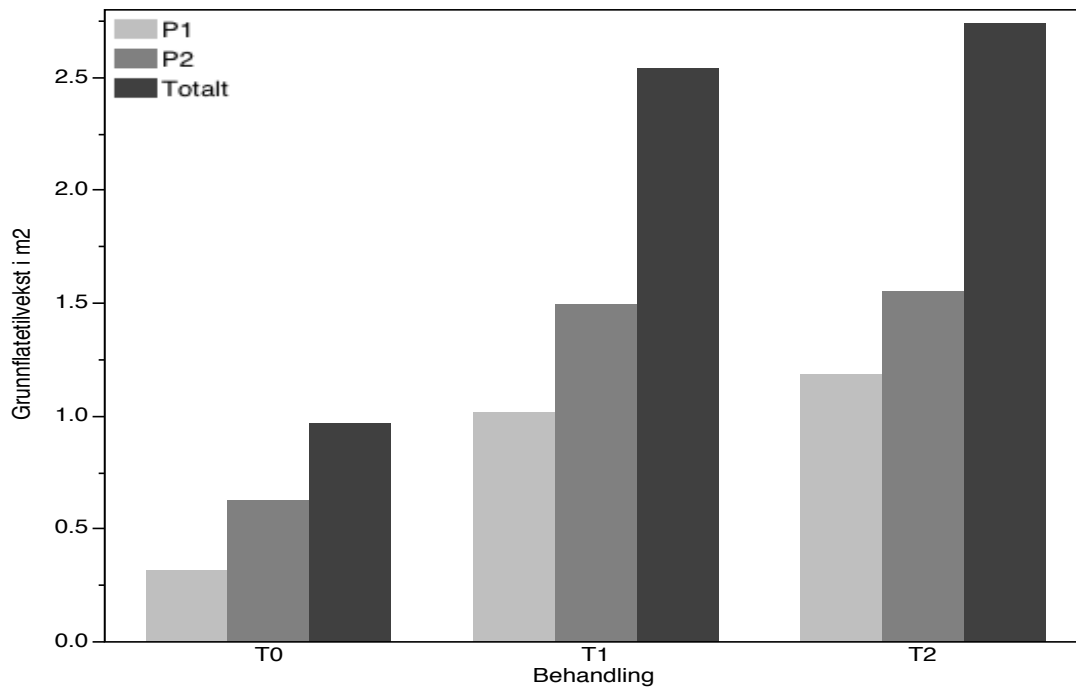
Tynning hadde en signifikant positiv sammenheng med volumutviklingen, ($p < 0.001$) for alle behandlinger i første periode og forsøket sett under ett (Tabell 7). I andre periode er det en noe svakere, men fortsatt statistisk sterk sammenheng ($p < 0.01$), mellom sterk og svak tynning, og mellom svak tynning og kontrollen (Tabell 7). Som for diameter og høyde tilveksten (Figur 6 og 7) er det igjen i periode 2 vi finner den største volumtilveksten (Figur 8). Det er små forskjeller mellom svak og sterk tynning i periode 1, men sterk tynning kommer klart best ut når det gjelder volumproduksjon både totalt og i periode 2.



Figur 8. Gjennomsnittlig volumutvikling for alle perioder (P1, P2 og T) og alle behandlinger (T0, T1 og T2).

5.3 Grunnflateutvikling

Tynning har påvirket grunnflateutviklingen positivt sammenlignet med ingen tynning, ($p < 0.001$) for alle behandlinger og alle perioder (Tabell 7). I motsetning til diameter, høyde og volumtilveksten var grunnflatetilveksten omtrent lik på de sterkt tynnede feltene både i periode 1 og 2 (Figur 9). Totalt gjennom hele forsøket var den største tilveksten på de sterkt tynnede feltene.



Figur 9. Gjennomsnittlig grunnflateutvikling for alle perioder (P1, P2 & T) og alle behandlinger (T0, T1 & T2).

Tabell 7. Statistisk sammenheng mellom de forskjellige behandlingene T0, T1 og T2 i de to periodene P1 (1997-2004), P2 (2004-2014), og hele forsøksperioden sett under ett (Total) for diameter, høyde, volum og grunnflate utvikling. (*) = $p < 0.001$, ** = $p < 0.01$, * = $p < 0.05$, NS = Ikke signifikant).**

Diameter											
<u>P1</u>	T0	T1	T2	<u>P2</u>	T0	T1	T2	<u>T</u>	T0	T1	T2
T0	-	-	-	T0	-	-	-	T0	-	-	-
T1	***	-	-	T1	***	-	-	T1	***	-	-
T2	***	***	-	T2	***	***	-	T2	***	***	-
Høyde											
<u>P1</u>	T0	T1	T2	<u>P2</u>	T0	T1	T2	<u>T</u>	T0	T1	T2
T0	-	-	-	T0	-	-	-	T0	-	-	-
T1	NS	-	-	T1	NS	-	-	T1	NS	-	-
T2	**	NS	-	T2	NS	NS	-	T2	**	NS	-
Volum											
<u>P1</u>	T0	T1	T2	<u>P2</u>	T0	T1	T2	<u>T</u>	T0	T1	T2
T0	-	-	-	T0	-	-	-	T0	-	-	-
T1	***	-	-	T1	**	-	-	T1	***	-	-
T2	***	***	-	T2	***	**	-	T2	***	***	-
Grunnflate											
<u>P1</u>	T0	T1	T2	<u>P2</u>	T0	T1	T2	<u>T</u>	T0	T1	T2
T0	-	-	-	T0	-	-	-	T0	-	-	-
T1	***	-	-	T1	***	-	-	T1	***	-	-
T2	***	***	-	T2	***	***	-	T2	***	***	-

6.0 Diskusjon

Datamaterialet som denne oppgaven bygger på er samlet inn i tre omganger over en periode på 17 år (1997, 2004 og 2014). Selv om feltarbeidet, helt eller delvis, har vært utført av nye personer ved de ulike revisjonene, har det alltid vært under ledelse av Oddvar Haveraaen. Dette betyr at opplæring og registreringsmetode har vært relativt uforandret siden starten. Når det gjelder påliteligheten til de forskjellige måleparameterne knytter det seg størst usikkerhet til høydemålingene. Siden starten har det blitt benyttet en digital Haglöf Vertex høydemåler. Ved siste revisjon ble det benyttet en Vertex modell IV. Ved bruk av høydemålere er det uansett den menneskelige faktoren som utgjør den største usikkerheten. Det kan lett oppstå feil i målingene som resultat av feil kalibrering eller feil bruk av instrumentet. For lettere å kunne oppdage dette ble de registrerte høydene fra Vertex sammenlignet med faktiske høyder, målt på trær som ble felt i tynningene. I 2004 og 2014 ble målte høyder også sammenlignet med høydene fra de foregående revisjonene. Dette ble gjort for å forbedre nøyaktigheten ved at man lettere kunne oppdage den mest åpenbare målefeilen; negativ høydevekst.

Da feltarbeidet i 2014 skulle avsluttes ble det oppdaget flere feil i høydemålingene. Denne feilen oppsto sannsynligvis som et resultat av mangelfull kalibrering av Vertex sent i forsøket. En del steder var det ikke mulighet for å kontrollmåle Vertex før og etter felling av trær, da det ikke ble foretatt noen tynning. Ingen tynning ble utført enten fordi grunneier ville ha tilbake området eller fordi trærne var blitt så store at de hadde utspilt sin rolle i forsøket. På grunn av denne feilen ble alle blokkene på Østlandet målt på nytt på sensommeren og høsten 2014. Blokkene på Vestlandet ble ikke prioritert på grunn av store avstander og kostnader ved å måle disse på nytt. Det er derfor mulig at det kan være en systematisk feil i høydemålingene i feltene på Vestlandet. Dette vil ikke påvirke resultatet fordi det vil være den samme systematiske feilen i alle blokkene, og i dette forsøket er det den relative veksten mellom behandlinger som er undersøkt.

Diameter på det enkelte tre ble målt med en diametertape ved 1.30 m høyde, målt fra midlere marknivå. Denne metoden gjør at personen som måler i stor grad kan påvirke resultatet ubevisst ved at midlere stubbehøyde er en subjektiv høyde. I tillegg var det i flere tilfeller umulig å måle ved den korrekte høyden da unormal stammeform eller skader som gamle greinknekk, dobbelstamme eller utvekster på treet gjorde at

målingene ville blitt feil. I disse tilfellene ble diameter målt på nærmeste egnede høyde, enten under eller over det korrekte punktet. Man kan anta at denne registreringen er influert av tilfeldige feil.

Beregning av volum for det enkelte tre var basert på målingene av diameter og trehøyde. Trehøyde for trær som ikke var prøvetrær ble beregnet ved hjelp av en lokalt tilpasset funksjon (Tabell 6). Nøyaktigheten til slike volumberegninger på enkelt-trær av bjørk ligger rundt 13 %, målt som standardavviket omkring funksjonsverdiene når både diameter og høyde ble brukt som forklaringsvariabler (Braastad 1966). For furu, som formlene for volumberegning i dette forsøket er laget for, ligger nøyaktighet på rundt 6% (Brantseg 1967). Selv om man må forvente tilfeldige feil i denne størrelsesorden, er det ingen indikasjoner på at de beregnede volumer hadde systematiske feil som i stor grad kunne påvirke resultatene knyttet til volumvekst.

Gjennomsnittstallene for alder, diameter og høyde (Tabell 2) på de sju blokkene ved starten av forsøket, tilsier at trærne nærmet seg slutten av ungdomsfasen (20 – 25 år) (Claessens et al. 2010; Hynynen et al. 2010). Det betyr at forsøket startet idet trærne var på vei ut av sin mest produktive fase i livet. Dette har nok ikke påvirket trærnes observerte respons på tynningene, men hadde forsøket startet tidligere, ved bestandsalder 10 – 15 år, er det rimelig å anta at man ville sett en enda tydeligere tynningsrespons mellom behandlingene fordi trærne vokser raskest i denne fasen av livet.

For å teste gyldigheten til dette datamaterialet ble det brukt en generalized linear modell (GLM). Denne metoden ble valgt fordi den beste måten å teste denne typen data på er ved å bruke lineær regresjon. Fordelen med en GLM er at den tar hensyn til individuelle forskjeller som ulikt antall observasjoner per flate, og nivåforskjeller mellom blokkene som bonitet og alder. Denne fleksibiliteten i modellen er avgjørende for å oppnå et korrekt resultat.

6.1 Diameterutvikling

Tynning hadde en klar positiv effekt på diameterutviklingen i dette forsøket ($p < 0.001$) (Tabell 7). Størst tilvekst ble observert på de tynna feltene gjennom hele forsøket (figur 6). Totalt gjennom hele forsøket (Total) var forskjellen i gjennomsnittlig diameter tilvekst mellom T0 feltene og T1 feltene på ca 4.5 cm. Forskjellen mellom T0 og de T2 feltene var på ca 5.5 cm. At diameter til det individuelle tre øker med synkende tetthet i bestandet er vist i flere tidligere studier (Claessens et al. 2010; Long et al. 2004; Rytter & Werner 2007; Rytter 2013).

Diameter tilvekst var lavest i første del av forsøket, fra anlegg i 1997 til første revisjon i 2004 (P1). I denne perioden var gjennomsnittlig diameter tilvekst for begge tynningsstyrkene tilnærmet lik (Figur 6). En forklaring på dette kan være styrken på den første tynningen i 1997. Den prosentvise gjennomsnittlige stammetallsreduksjonen for flatene med svak tynningsgrad lå på 62 %, mens reduksjonen for flatene med sterk tynningsgrad var 75 % (Tabell 3). Dette tilsvarte en gjennomsnittlig reduksjon i grunnflate på 51.9 % for T1, og 66.4 % for T2 (Tabell 5). Som omtalt i kapittel 3.0 vil en slik drastisk inngripen i bestandsstrukturen føre til en lengre gjenoppbyggingsperiode før bestandet er oppe i full produksjon igjen enn om man hadde gått inn med flere svake uttak i starten (Figur 3a&b) (Long et al. 2004). Etter fristilling vil det være en omstillingsperiode hvor man ikke vil få noen stor økning i den årlige tilveksten. Dette kommer av at trærnes assimilasjonsapparat trenger tid på å bygges ut før det kan nyttiggjøre seg av den økte lys og næringstilgangen.

I siste periode fra 2004 til 2014 (P2) er den gjennomsnittlige tilveksten større sammenlignet med periode 1, uavhengig av behandling. Forskjellen i diameter tilvekst mellom periodene var størst for de sterkest tynnede feltene, med en gjennomsnittlig tilvekst på opp mot 5.5 cm mot 4.5 cm i de svakt tynnede feltene (Figur 6). Dette er logisk med tanke på at de gjenstående trærne etter den sterke tynningen hadde muligheten til å bygge ut et større assimilasjonsapparat før bestandet lukket seg å nådde maksimal produksjon. Gjennomsnittlig stammetall etter tynning i 1997 på T2 feltene var på 646 tre/ha mot 1082 tre/ha på T1 feltene (Tabell 3). Før tynning i 2004 ville det fortsatt være et større tilgjengelig areal per tre til å vokse på i T2 feltene sammenlignet med T1 feltene.

6.2 Høydeutvikling

Resultatene i denne studien viste at tynning hadde liten eller ingen effekt på den gjennomsnittlige høydeveksten til trærne (NS) for alle perioder og behandlinger bortsett fra sterk tynning i periode 1 og hele forsøket sett under ett ($p < 0.01$) (Tabell 7). Den største høydetilveksten ble observert i kontrollfeltene (Figur 7). Dette er i samsvar med tidligere undersøkelser av høydetilveksten ved forskjellig tynningsstyrker (Johansson 1999; Rytter & Werner 2007).

Høydetilveksten på kontroll og de sterk tynnede feltene, var størst i periode 2, fra 2004 til 2014. På de lett tynnede feltene var tilveksten størst i den første perioden etter anlegg, mellom 1997 og 2004 (P1) (Figur 7). En grunn til dette kan være tynningsstyrken. Stammedellsreduksjonen på de svakt tynnede (T1) flatene som ble foretatt i 1997 (Tabell 3) var ikke sterk nok til å påvirke høydeveksten i samme grad som på de sterkt tynnede (T2) flatene og det var først etter neste inngrep i 2004 at tettheten i T1 feltene ble lav nok til å fremme diameterveksten. Dette kan være grunnen til at høydeveksten på T1 flatene har vært lavere og diameterveksten større i siste periode (P2). Høydeveksten på T2 flatene økte markant i den siste perioden. En forklaring på dette kan være at tynningen i 2004 var for svak, noe som kan ha ført til økt høydevekst. Da ville man imidlertid forventet en lavere diametervekst i samme periode (Tabell 6), noe som ikke skjedde.

Det finnes studier som antyder at høydeveksten til de dominerende trærne ikke blir negativt påvirket av tynning (Johansson 1999). Siden T2 feltene ble tynnet sterkest i 1997 er det en mulighet for at en større andel av trærne på disse flatene er dominante eller ko-dominante. Dette kan forklare hvorfor T2 feltene viser en sterkere respons på tynningene sammenlignet med T1 flaten både når det gjelder høyde og diametervekst i siste periode. Forklaringen til den lave høydetilveksten i periode 1 for T2 feltene kan derfor ligge i den første tynningen. Som det fremgår av figur 6 og 7 var diametervekst tilnærmet lik i første periode for svak og sterk tynning, men i samme periode var høydetilveksten klart størst i de svakt tynnede feltene. Dette kan bety at trærne i T1 feltene ikke ble like sterkt påvirket av tynningen i 1997 i den forstand at de ikke ble utsatt for en like stor forandring i tilgjengelig lysmengde. Trærne på T2 feltene var i stand til å bruke energi på utbygging av assimilasjonsapparatet i en lengre periode. Og

det er først i siste periode vi ser resultatene av dette i form av en større diameter-, høyde-, volum- og grunnflatetilvekst sammenlignet med T1 feltene.

6.3 Volum og grunnflateutvikling

Tynning hadde en klar effekt på volumutviklingen i dette forsøket, ($p < 0.01$) for alle perioder og behandlinger (Tabell 7). Dette var forventet da volum er direkte knyttet til diameter og høydevekst. Akkurat som for diameter og høyde er den observerte periodetilveksten lavere i periode 1 (1998 – 2004) sammenlignet med periode 2 (2004 – 2014) (Figur 8). Volumtilvekst i periode 1 var tilnærmet lik for svak og sterk tynning, men i periode 2 øker den totale volumtilveksten mest på de sterkt tynnete feltene. Det er også på de sterkest tynnete feltene at den totale volumtilveksten (Total) er størst. En forklaring på den svært like volumtilveksten mellom P1 & P2 på de svakt tynnete feltene er, som for høyde og diameter, effektene av første tynning. Gjennomsnittlig volumreduksjon i 1997 var på 47 % for T1 feltene og 64.9 % for T2 feltene (Tabell 4). Trærne trenger tid til å omstille seg etter ett inngrep, og dette slår ut i form av en lavere totalproduksjon i første del av forsøket (P1). I siste periode har trærne mest sannsynlig et assimilasjonsapparat som er godt tilpasset de nye forholdene og den siste tynningen i 2004 ville ha påvirket trærne i mindre grad.

Grunnflateutviklingen var positivt korrelert med økende tynningsstyrke, uansett periode ($p < 0.001$) (Tabell 7). Størstedelen av den totale grunnflatetilveksten kom i siste periode (P2) for alle behandlingene (Figur 9). Resultatene for grunnflateutvikling følger i stor grad samme mønster som for volumutvikling. Dette var forventet fordi økende grunnflate kun kan komme som en følge av økende diametertilvekst. Tilveksten i de tre periodene er tilnærmet lik mellom behandling T1 og T2 målt i m^2 (Figur 9), men det er likevel en statistisk signifikant forskjell i tilvekst mellom de to behandlingene. En mulig forklaring på dette kan være antallet tre per rute på de forskjellige tynningsstyrkene. Gjennomsnittlig treantall etter tynning i 1997 var på 1080 tre/ha i T1 feltene mot 646 tre/ha i T2 feltene (Tabell 3). Dette tilsvarte en grunnflatereduksjon på henholdsvis 51.9 % og 66.4 % (Tabell 5). Grunnflatetilveksten til det enkelte T2 tre er større enn for det enkelte T1 tre gjennom hele forsøket. Likevel er ikke den totale grunnflatetilveksten så ulik fordi det er flere tre i T1 gruppen.

7.0 Konklusjon

Resultatene i denne oppgaven viser at tynning har en klart positiv innvirkning på diameter og volumvekst hos svartor. Resultatene for høydevekst er noe uklare, men det er ingen indikasjoner på at tynning hemmer høydeveksten nevneverdig. I en skjøtssammenheng viser resultatene at det selv for tette og relativt høye bestand (> 2000 tre/ha og høyde \geq 14 m) (Tabell 3) ikke er for sent å gå inn med tynninger og fortsatt få et godt resultat. Viktigheten av sterke første tynninger kommer også godt frem av resultatene da en volumreduksjon på (T2) flatene på over 60 % (Tabell 4), tilsvarende en grunnflatereduksjon på 66 % (Tabell 5), førte til størst økning i gjennomsnittlig tilvekst (Figur 6, 7, 8 og 9). Tynningsstyrkene som ble benyttet i dette forsøket er ikke nødvendigvis de beste med tanke på optimal volumproduksjon på bestandsnivå. Resultatene viser likevel at det er fullt mulig å produsere svartor av store dimensjoner både til brensel og kvalitetsvirke i Norge ved å følge eksisterende skjøttsanbefalinger, lik de som er beskrevet i Claessens et al. (2010) og Rytter et al. (2011).

7.0 Referanser

- Aosaar, J., Varik, M. & Uri, V. (2012). Biomass production potential of grey alder (*Alnus incana* (L.) Moench.) in Scandinavia and Eastern Europe: A review. *Biomass & Bioenergy*, 45: 11-26.
- Brantseg, A. (1967). Furu sønnafjells. Kubering av stående skog. Funksjoner og tabeller. *Meddelelser fra Det norske Skogforsøksvesen*, 22: 689-739.
- Braastad, H. (1966). Volumtabeller for bjørk. *Meddelelser fra Det norske Skogforsøksvesen*, 21: 23-78.
- Cameron, A. D. (2002). Importance of early selective thinning in the development of long-term stand stability and improved log quality: a review. *Forestry*, 75 (1): 25-35.
- Claessens, H., Oosterbaan, A., Savill, P. & Rondeux, J. (2010). A review of the characteristics of black alder (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) and their implications for silvicultural practices. *Forestry*, Vol. 83 (NO. 2, 2010): 12.
- DeLong, C., Cruse, R. & Wiener, J. (2015). The Soil Degradation Paradox: Compromising Our Resources When We Need Them the Most. *Sustainability*, 7 (1): 866-879.
- Eschenbach, C. & Kappen, L. (1999). Leaf water relations of black alder *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn. growing at neighbouring sites with different water regimes. *Trees-Structure and Function*, 14 (1): 28-38.
- Fitje, A. & Strand, L. (1989). *Tremåling*. [Oslo]: Landbruksforl. 190 s. : fig. s.
- Frivold, L. H. (1994). *Trær i kulturlandskapet*. Otta: Landbruksforlaget A/S. 224 s.
- Gosling, P. G., McCartan, S. A. & Peace, A. J. (2009). Seed dormancy and germination characteristics of common alder (*Alnus glutinosa* L.) indicate some potential to adapt to climate change in Britain. *Forestry*, 82 (5): 573-582.
- Haveraaen, O., Heggertveit, J. & Sandnes, A. (2009). Høydeutvikling, bonitet og produksjon hos Svartor, Gråor og Ask på Øst- og Vestlandet *Forskning fra Skog og landskap* (2/09).
- Haveraaen, O. (2015). *Personlig meddelelse*
- Hemery, G. E., Clark, J. R., Aldinger, E., Claessens, H., Malvolti, M. E., O'Connor, E., Raftoyannis, Y., Savill, P. S. & Brus, R. (2010). Growing scattered broadleaved tree species in Europe in a changing climate: a review of risks and opportunities. *Forestry*, 83 (1): 65-81.

- Hynynen, J., Niemistö, P., Viherä-Aarnio, A., Brunner, A., Hein, S. & Velling, P. (2010). Silviculture of birch (*Betula pendula* Roth and *Betula pubescens* Ehrh.) in northern Europe. *Forestry*, 83 (1): 103-119.
- Jack, S. B. & Long, J. N. (1996). Linkages between silviculture and ecology: An analysis of density management diagrams. *Forest Ecology and Management*, 86 (1-3): 205-220.
- Johansson, T. (1999). Site index curves for common alder and grey alder growing on different types of forest soil in Sweden. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 14 (5): 441-453.
- Kundzewicz, Z. W., Luger, N., Dankers, R., Hirabayashi, Y., Doll, P., Pinskiwar, I., Dysarz, T., Hochrainer, S. & Matczak, P. (2010). Assessing river flood risk and adaptation in Europe-review of projections for the future. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 15 (7): 641-656.
- Long, J. N., Dean, T. J. & Roberts, S. D. (2004). Linkages between silviculture and ecology: examination of several important conceptual models. *Forest ecology and management*, 200: 249-261.
- Lundqvist, L., Lindroos, O., Hallsby, G., SLU., S. v., Fries, C. & Skogstyrelsen. (2014). Slutavverkning. *Skogsskötselserien* (20): 60.
- Macdonald, E. & Hubert, J. (2002). A review of the effects of silviculture on timber quality of Sitka spruce. *Forestry*, 75 (2): 107-138.
- Mason, W. L., Edwards, C. & Hale, S. E. (2004). Survival and early seedling growth of conifers with different shade tolerance in a Sitka spruce spacing trial and relationship to understorey light climate. *Silva Fennica*, 38 (4): 357-370.
- Mossberg, B. & Stenberg, L. (2012). *Gyldendals Store Nordiske Flora Revidert Og Utvidet Utgave*. 2 utg. Norge: Gyldendal Norsk Forlag AS 2007, 2012. 928 s.
- Rytter, L. & Werner, M. (2007). Influence of early thinning in broadleaved stands on development of remaining stems. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 22 (3): 198-210.
- Rytter, L., Johansson, T., Karacic, A. & Weih, M. (2011). Orienterande studie om ett svenskt forskningsprogram för poppel. *Skogforsk, Arbetsrapport nr 733, Uppsala*.
- Rytter, L. (2013). Growth dynamics of hardwood stands during the precommercial thinning phase - Recovery of retained stems after competition release. *Forest Ecology and Management*, 302: 264-272.
- SAS. (2012). Usin JMP 10. Cary, NC: SAS Institute Inc

- TRADA. (1980). *Timbers of the world*, b. 2. Lancaster, England.: Timber Research and Development Association, The construction press Ltd. 449 s.
- Tullus, A., Rytter, L., Tullus, T., Weih, M. & Tullus, H. (2012). Short-rotation forestry with hybrid aspen (*Populus tremula* L. x *P. tremuloides* Michx.) in Northern Europe. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 27 (1): 10-29.
- Wikipedia.org. (2015). *Generalized linear model*. Tilgjengelig fra: http://en.wikipedia.org/wiki/Generalized_linear_model (lest 9.5.2015).
- Zeide, B. (2001). Thinning and growth: A full turnaround. *Journal of Forestry*, 99 (1): 20-25.
- Åberg, J., Swenson, J. E. & Angelstam, P. (2003). The habitat requirements of hazel grouse (*Bonasa bonasia*) in managed boreal forest and applicability of forest stand descriptions as a tool to identify suitable patches. *Forest ecology and management* (175): 437-444.



Norges miljø- og
biovitenskapelige
universitet

Postboks 5003
NO-1432 Ås
67 23 00 00
www.nmbu.no