



Noregs miljø- og
biovitenskapelige
universitet

Masteroppgåve 2022 30 stp

Fakultet for miljøvitenskap og naturforvaltning, MINA

Avgjersla om å sluttavverke sett opp i mot prismatrisa for sagtømmer av gran (*Picea Abies*) - Eit casestudie for Fritzøe Skoger AS

Assessing the timing of final felling based on saw
timber price matrices of Norway spruce (*Picea
abies*) - A case study for Fritzøe Skoger AS

Gudmund Botnevik

Skogfag

Forord

Denne oppgåva markerer slutten på mi fem år lange skogfagsutdanning ved Noregs Miljø- og Biovitenskaplege Universitet. Her har eg lært mykje, både på skulen og i det sosiale, men ikkje minst på skogbrukersalen der både det faglege, det sosiale og kaffikoppen får påfyll.

Oppgåva er skriven i samarbeid med min framtidige arbeidsgivar Fritzøe Skoger AS og eg ynskjer å takke for godt samarbeid i forbindelse med oppgåva og ulike utfordringar undervegs. Dette har gjeve meg eit ørlite innblikk i bedrifta, særleg apteringa, og eg gler meg til å fortsette vidare her.

Vidare vil eg gjerne rette ein stor takk til min hovudvegleiar Lennart Noordermeer for mykje vegleining og hjelp gjennom heile prosessen. Du er rask på mail og alltid tilgjengeleg, noko som har vore viktig for gjennomføringa av oppgåva, og spesielt med R-studio og forståinga mi der. Eg vil også takke vegleiar Terje Gobakken for god idémyldring og gode innspel undervegs.

Ein stor takk rettast også til min bror, Jon Ole Botnevik, og mi mor, Inger Botnevik, for at eg fekk lov til å dra nytte av dykkar nøysemd og språkkunnskapar. Eg vil òg gjerne takke min kjærast for godt tolmod, gode ord og god mat gjennom heile skriveprosessen.

Til slutt vil eg takke min medstudentar her på NMBU som har gjeve meg fem svært gode år i eit begeistrande skogmiljø!

Tack psamt Pskaal!

Noregs Miljø- og biovitenskaplege Universitet

Ås, 16. Mai 2022

Gudmund Botnevik

Samandrag

Sagtømmeret er den delen av treet som er viktigast for skogeigars rotnetto og ein høg sagtømmerdel er såleis viktig for mange skogeigarar. Prislista si oppbygging og hogstmaskina si aptering er viktige faktorar for at det skal bli ein høg sagtømmerdel. Når ein skal bestemme seg om å avverke eller ikkje, vil informasjonen tidlegare lagra av hogstmaskinar kunne brukast til å blant anna vurdere korleis ein vil treffe på prislista.

Problemstillinga med denne oppgåva var å studere korleis Fritzøe Skoger AS treff på si avgjersle om å sluttavverke eit bestand sett opp i mot prismatrisa for sagtømmer av gran (*Picea Abies*.(L.) Karst). Resultat vart funnen gjennom fleire delmål: Det vart studert kor representative prøvetrea var i forhold til populasjonen, kor stor endring det var i gjennomsnittleg lengde og gjennomsnittleg toppdiameter for kvar sagstokk og prosentvis endring i talet på sagstokkar som vart lengde- og eller diameterpremiert. Endringane for sagstokkar i ulike diameterklassar vart òg studert, òg det vart vurdert ein apteringsgrad for kvar enkelt sagstokk sett opp i mot maksimal verdi for ein optimal sagstokk.

I dette studiet vart sju driftar, med 400 prøvetre av gran per drift studert. Alle desse var lokalisert på Fritzøe Skoger AS sin eigedom, i og rundt Siljan, i Vestfold og Telemark, Noreg. For desse prøvetrea vart det predikert diametertilvekst for fem år fram i tid og stammeprofilar for notid og om fem år. Ved hjelp av desse predikasjonane vart desse 400 trea køyrd gjennom ein apteringsalgoritme i programmeringsspråket R ved både år null og år fem.

I dette studiet kan predikering av stammeprofilane ha ført til eit utval i den grovare del av populasjonen. Det vert i studiet vist ein statistisk signifikant endring i gjennomsnittleg lengde og gjennomsnittleg toppdiameter for sagtømmer av gran, for alle utanom éi av dei sju driftene. Studiet visar ein marginal prosentvis auke i talet på sagstokkar som vert lengdepremiert, med største auke på ca. 2,5 % og ei drift med – 1 %. Det visar òg ein klar prosentvis auke i tal på sagstokkar som blir diameterpremiert, med to driftar over 25 % auke. Talet på sagstokkar som blir både lengde- og diameterpremiert aukar òg, med største auke på ca. 25 % og med lågaste på ca. 8 %. Det vert vist at apteringsgraden for kvar enkelt sagstokk frå år null til år fem blir marginalt høgare ved år fem. Dette studiet kan bidra med auka kunnskap om korleis ein tilvekstperiode kan påverke apteringa og såleis stokkutfallet for sagtømmer av gran. Samstundes er det med på å utvikle ein apteringsalgoritme, som ved forenkling kan bli aktuell for både skogeigarar, tømmerkjøparar, skogsentreprenørar og sagbruk.

Abstract

Sawtimber is the part of the tree stem that is the most valuable for the forest owner's root net, and a large share of sawtimber is therefore important for many forest owners. How the price matrix is structured and how the harvester bucks the stems are important factors in the process of gaining a large share of sawtimber. When deciding whether to harvest or not information stored by harvesters may give the opportunity to consider how good one might hit on the price matrix.

The issue in this study was to evaluate how the forest owner, Fritzøe Skoger AS, met its decision to harvest a site compared to the price matrix for spruce sawtimber. The study was completed with use of several sub measures: It was studied how representative the sample trees were for the population, how large the changes in mean values for length and top diameter of each log and the percentage change in the number of logs that were awarded for length and/- or diameter. The changes for sawlogs in different diameter classes, and a grade of bucking for each log, up against maximal possible value for each log, was also evaluated.

This study used data from seven clearcuts with 400 spruce (*Picea Abies*.(L.) Karst) sample trees per clearcut. All of these were located on property owned by Fritzøe Skoger AS, in and around Siljan, Vestfold and Telemark in Norway. For the clearcuts there were predicted diameter increment for five years forward in time and stem profiles for present time and five years ahead. According to these predictions the 400 sample trees have been run through a bucking algorithm at year zero and year five. In this study the prediction of stem profiles might have led to the sample trees consisting of a coarser amount of the population.

The study shows a statistically significant change in mean log length and mean top diameter beneath bark for all except one of the seven clearcuts. It is shown a marginal percentage increase in the number of logs that are awarded for length, with the largest increase at 2,5% and one clearcut with - 1%. It still shows a clear percentage increase in the number of logs that are awarded for diameter, with two clearcuts over 25%. The number of logs that are awarded for both length and diameter also increase, with 25% as the largest and 8% as the lowest. The grade of bucking for each log is also marginally increasing in year five.

This study may contribute to increase the knowledge on how a period of diameter increment may affect the bucking and the log outcome of spruce sawtimber. It is at the same time contributing to evolve a bucking algorithm which with simplification could be useful for forest owners, timber buyers, harvesting entrepreneurs and sawmills.

Innhald

Forord.....	I
Samandrag.....	III
Abstract	V
1. Innleiing	1
1.1 Skogen som ressurs	1
1.2 Bakgrunn	3
1.3 Problemstilling	5
2. Material og metode.....	6
2.1 Studieområde.....	6
2.2 Datainnhenting	7
2.3 Prisinformasjon	8
2.4 Analyser	9
2.4.1 Datahandtering	9
2.4.2 Tilvekstmodell.....	9
2.4.3 optBuck	10
2.4.4 Treff på prismatrisa	11
3. Resultat.....	12
3.1. Kor representative er prøvetrea?	12
3.2 Signifikanstest på gjennomsnittleg lengde og toppdiameter under bark	13
3.3. Lengde- og diameterpremiering	15
3.4 Diameterklassar	17
3.5 Apteringsgrad	18
4. Diskusjon.....	20
5. Konklusjon	25
6. Kjelder.....	26

1. Innleiing

1.1 Skogen som ressurs

Skog dekkjer ca. 30 % av verdas landoverflate (Roser & Ritchie, 2022) medan det i Noreg dekkjer ca. 37,4 % av landarealet (SSB, 2022a). Det er ein viktig ressurs i verda, det er vesentleg i FN's berekraft mål 15 « Liv på land»(FN, 2022) , samt ein viktig del av regjeringa si klimaplan. Skogen bindar Co2 i seg sjølve, men viktig også i klimaperspektiv er substitusjonseffekten, som kjem ved å utnytte produkt frå tre i staden for frå fossile kjelder(Klima og Miljødepartementet, 2022).

Sagtømmer er eit av produkta frå tre som lagrar karbon lengst etter hogst, då det gjerne blir brukt til einbustadar, større bygg og konstruksjonar. Desse er langt levande produkt og såleis viktige karbonlager (Bergseng et al., 2016). Sagtømmeret er også den delen av treet som er best betalt, utanom nisse produkt som blant anna laft og stolp. Dette gjer at skogeigarar med intensjon om høgast mogleg profitt vil prøve å maksimere mengda sagtømmer.

For å oppnå ein høg sagtømmerdel er det viktig at hogstmaskina har riktig prisliste og at førar har god forståing for toleransekrava. Toleransekrava for sagtømmer er basert på eit målereglement som kvalitetsklassifiserer tømmeret ut i frå ei rekke moglege typar av virkesfeil og kor grove desse feila er. Dette er som regel feil som kjem på grunn av kvist, rotbein eller feil på grunn av ulike formar for krok. Denne kvalitets bestemminga på virkesfeil er det føraren av hogstmaskina som gjer, medan den blir kontrollert seinare av den uavhengige parten Norsk Virkesmåling (Norsk Virkesmåling, 2015).

Hogstmaskinane målar lengde og diameter av treet. Dette blir gjort kontinuerleg, men den predikerer også dette framover på stammen ved hjelp av tidlegare avverka tre. Desse tidlegare avverka trea er delt inn i diameterklassar som inneheld dei 10 siste avverka tre for kvar diameterklasse og dei blir brukt for å auke treffsikkerheita til predikasjonen av stammen (Rundeberget, 2022). Denne predikasjonen er viktig for å kappe riktig ut ifrå prislista. Prosessen med å kappe virke for å finne den beste økonomiske utnytting kallast for aptering (SNL, 2022). For å aptere korrekt må ein også ha ei god prisliste. Ei prisliste inneheld ein prismatrise for kvart sortiment og gjennom desse prismatrisene hentar datamaskina i hogstmaskina ut pris for kvar lengde- og diameterkombinasjon som finst for ein stokk (Kivinen & Uusitalo, 2002).

I Noreg avverkast det etter Cut-To-Length- metoden (CTL) og det brukast i stor grad berre verdiaptering. Verdiaptering vil seie at ein apterar kvar einaste stamme individuelt opp imot det som gjev best økonomisk utnytting av stammen, utifrå dei dimensjonar, prisar og toleransekrav som er gjeldande. Sidan ein her ser på kvar stamme individuelt, og det ikkje er lagt inn ønskjer om talet på stokkar eller volum i dei forskjellige lengde- og diameterklassane, vil det vere moglegheiter for ein stokkmiks som er tilfeldig og suboptimal i forhold til sagbruka sine behov. Ved den andre brukte metoden for aptering, fordelingsaptering, apterar ein også etter ein prismatrise. Her kan ein derimot til ein viss grad avvike frå prismatrisa for å betre treffe på stokkfordelinga for lengde og diameter av sagstokkane. For å treffe denne fordelinga blir det brukt eit fordelingsønske. Her definerast ei ønska fordeling på dimensjonane av sagtømmersortimenta og dette blir brukt i lag med prismatrisa for å bestemme apteringa. Fordelingsønsket blir oppdatert kontinuerleg på ein skogsdrift, utifrå tidlegare produsert stokkmiks, og brukast til å styre fordelinga av stokkane innanfor dimensjonskrava. Fordelingsønsket kan derimot ikkje overstyre prismatrisa totalt, då det er angitt avgrensingar på kor mykje verdiavvik ein stokk kan ha frå høgaste moglege verdi utifrå prismatrisa. For den mest brukte metoden av fordelingsaptering, næroptimal metode, så brukar ein prislista til å rekne ut optimal aptering i forhold til prislista. Når den optimale apteringa er funnen kan ein legge på avviket, anten i prosent eller kroner, og finne den stokken med best etterspørsel i forhold til fordelingsønsket (Birkeland et al., 2008; Kivinen, 2004; Nybakk & Birkeland, 2009)

Både verdiaptering og fordelingsaptering blir gjort automatisk av datamaskina inne i hogstmaskina, men berre for dei parametrane som aggregatet kan måle, slik som lengde og diameter. Dersom det er virkesfeil, slik som krok råte eller kvist, som gjer at stokken fell utanfor toleransekrava må operatøren bryte inn i apteringa og velje ein lågare kvalitet. Dersom treet derimot er utan virkesfeil eller råte vert det både høgare produktivitet og betre aptering ved å la datamaskina automatisk aptere stokkane på den ønska lengda (Labelle & Huss, 2018). Likevel hendar det ofte at førarane av hogstmaskinene overstyrer dei apteringsforslaga som datamaskina kjem med. Dette skjer som regel fordi føraren kan sjå heile treet medan datamaskina berre kan predikere vidareutviklinga. Såleis kan hogstmaskinføraren ved virkesfeil, kunne produsere to kortare sagtømmerstokkar i staden for ein lang sagtømmerstokk og ein massevirkestokk. Det kan i mange tilfelle gje ein høgare verdi, avhengig av prislista og prisspennt mellom sortimenta.

Av studiar som studerer aptering ved hjelp av ulike apteringsalgoritmer har det blitt fokusert på volum (Birkeland & Finstad, 2006), samt har ein større del fokusert på pris og verdi auke av

tømmeret (Arce et al., 2002; Gobakken, 2000; Nybakk & Birkeland, 2009). Slike studiar ser gjerne også på apteringa gjort av maskinførar opp mot ein teoretisk optimal aptering (Birkeland et al., 2008). Forholdet mellom desse to vert kalla for apteringsgrad, og denne vert funnen ved å dividere dei apterte stammene sin virkesverdi mot den teoretisk sett maksimale virkesverdien (Birkeland & Finstad, 2006). Denne graden av aptering blir gitt i prosent av oppnådd aptering.

1.2 Bakgrunn

Hogstmaskinar lagrar svært mykje data i produksjonsfilene som dei produserer medan dei avverkar. Desse data kan ha verdi for både skogeigarar, tømmerkjøparar, maskinentreprenør og sagbruk. Det er per dags dato skogsmaskinkonstruktørane sine program, slik som Komatsu sitt «Maxifleet» (Komatsu, 2022), og John Deere sitt «TimberManager» (John Deere, 2022), som blir mest brukt for å sjå på data frå skogsmaskinar. Skogforsk/Skogkurs har også eit program for å sjå på aptering, såkalla «Virkesverdi» (Skogkurs, 2022). I Virkesverdi blir ofte maskinførar sine avgjersler observert og korleis dei påverkar apteringsresultatet. Derimot vert desse programma sjeldan brukt av skogeigarar, sjølv om også skogeigarar som kan samanlikne avverka bestand og deira tømmer utfall med andre ståande bestand dei har, kunne hatt nytte av desse data.

Data som lagrast i hogstmaskinar er Harvested Production Report filar (HPR) eller Production Individual filar (PRI) som inneheld data om produksjonen til føraren, kvar unike stamme og stokk. Det kan òg innehalde data om stammeprofilane eller det kan bli levert eigen Stamme fil (STM). Det finst også data for kvalitetssikring, Harvesting Quality Control filar (HQC). Det har lenge vore standardiserte format og moglegheiter for å hente ut slike data til ulike studiar, kalibrering og kontrollering. Med dagens press i næringa på kostnadsparing og teknologisk utvikling vil dette kunne bli enda meir brukt, gjennom heile næringskjeda i framtida. I Müller et al. (2019) sitt litteraturstudie såg dei at det var ein stor auke av forskning på bruk av sensorar innan skogsektoren, men då med ei stor overrepresentasjon av temaa inventering og kartlegging. I same studie konkluderer dei med at for næringskjeda er det viktig å vise korleis desse store mengdene med data kan bli brukt, og korleis det kan bli brukt i ein effektiv næringskjede. At det er store mengder med data er positivt for å gje ut eit representabelt bilete av skogen, men det krevst også relativt tunge data operasjonar. Produksjonsfiler kan sei mykje om korleis skogen er og korleis utfallet av tømmeret vart. Dette kan vere viktig for å kalibrere avgjerslene til maskinførar, sagbruk og skogeigar. Denne måten å bruke data og teknologi for

å etterkontrollere kan i framtida auke nettoverdien og verdiskapinga på produkt frå skogen (Müller et al., 2019). Derimot, med tanke på at gjennomsnittleg skogeigedom i Noreg er på litt over 550 dekar (SSB, 2022b), kan det tenkjast at det blir mindre relevant for dei mindre skogeigarane å sjå på slike detaljar. Dette kan også gjere at det kan bli vanskeleg å få ut data av ein stor nok mengde til at den kan brukast i forskning og til å etterkontrollere på eit større plan enn på eigedomsnivå.

Fritzøe Skoger AS, heretter «FS», er ein av dei største skogeigarane i landet med 615 000 dekar i totalareal, der 430 000 av desse er produktiv skog (Fritzøe Skoger, 2019). Denne eigedommen strekk seg frå Larvik i sør til Kongsberg i nord. På desse areala har dei ein ståande kubikkmasse på ca. 4,1 millionar m³ og 69 % av dette er gran (*Picea Abies*(L.) Karst, Fritzøe Skoger, 2018). Her avverkast det omtrent 100 000 m³ tømmer årleg og sidan sagtømmer står for ca. 70 % av driftsnetto til skogeigar (Melum & Rørå, 2020) kan ein anta at det også for FS er viktig med ein høg sagtømmerdel.

Hjå FS har dei eigen avtale med sagbruksbedrifta Bergene Holm AS om leveransar av sagtømmer og såleis har dei eigne prisar og toleransekrav. Desse prisane og toleransekrava blir satt i avtalar mellom dei to partane og blir brukt til å bygge opp ein prismatrise som brukast i hogstmaskinene ved avverking. Denne prismatrisa gjev ein verdi for kvar av dei forskjellige stökkane gitt deira kvalitet, lengde og dimensjon. Såleis kan ein styre utfallet frå ein hogst mot dei stökkane ein vil ha ved å gje desse lengdene og dimensjonane høgare verdi, såkalla lengde- og diameterpremiering. Ofte vil verdien på sagtømmeret auke fram til det passerast ein viss dimensjon i toppdiameter, då vil den søkke. Desse store stökkane som er over denne toppdiameteren, vil då bli gitt ein lågare verdi enn litt mindre stokkar. Ved at ønska stokkar har høg verdi og mindre ønska stokkar har lågare verdi vil det også finnes eit kryssingspunkt for dimensjonane på sagtømmeret der ein når maksimal verdi.

Dette kryssingspunktet er eit komplekst punkt å finne samansett av prisar og prisspenn på alle sortiment, kvaliteten på skogen, kor mykje råteinnslag det er i skogen og toleransekrava for sortimenta. For å få ein indikasjon på kor nærme ein er dette punktet er prisane og prismatrisa som brukast ved avverking hjå Fritzøe Skoger blitt utgjeven til studiet, det same er produksjonsfilene.

1.3 Problemstilling

Problemstillinga med denne oppgåva er å studere korleis FS treff på sin avgjersle om å sluttavverke eit bestand sett opp i mot prismatrisa for sagtømmer av gran. For FS er slutninga om å avverke eit bestand basert på eit stort bilete der skoghelse, tettleik, nærleik til andre bestand som skal hoggast og andre sine innspel er teke med. Som følge av stordriftsfordelane ved å avverke fleire bestand langs same veg vil FS i nokon høve avverke bestand før det er optimalt. Difor er det, etter ynskje frå FS, bestemt at det ikkje er behov for å sjå lengre fram enn fem år i tid og med fem års diametertilvekst, då dette kan gje ein indikasjon på korleis bestandet ligg an i forhold til prismatrisa til sagtømmeret. Det er òg bestemt at det i studiet berre blir fokusert på treslaget gran, då dette er det FS avverkar i størst kvantum. Resultatet av dette studiet vil framleis berre vere ein variabel som skal vurderast opp mot mange andre når det skal avgjerast om eit bestand skal sluttavverkast. Det er eit ønskje at dersom FS vurderer å avverke eit bestand no, så skal dei ved hjelp av å klave ein mengde tre, kunne sjå korleis det ville slått ut på prislista dersom ein hadde venta fem år til med å sluttavverke.

For å finne eit svar på problemstillinga:

korleis treff FS på sin avgjersle om å sluttavverke eit bestand sett opp i mot prismatrisa for sagtømmer av gran, er det satt nokre delmål og desse er som følgjer:

Delmål 1: Vurdere kor representative prøvetrea er i forhold til populasjonen.

Delmål 2: Studere endringane i gjennomsnittleg lengde og gjennomsnittleg toppdiameter under bark for sagtømmeret av gran ved år null og år fem.

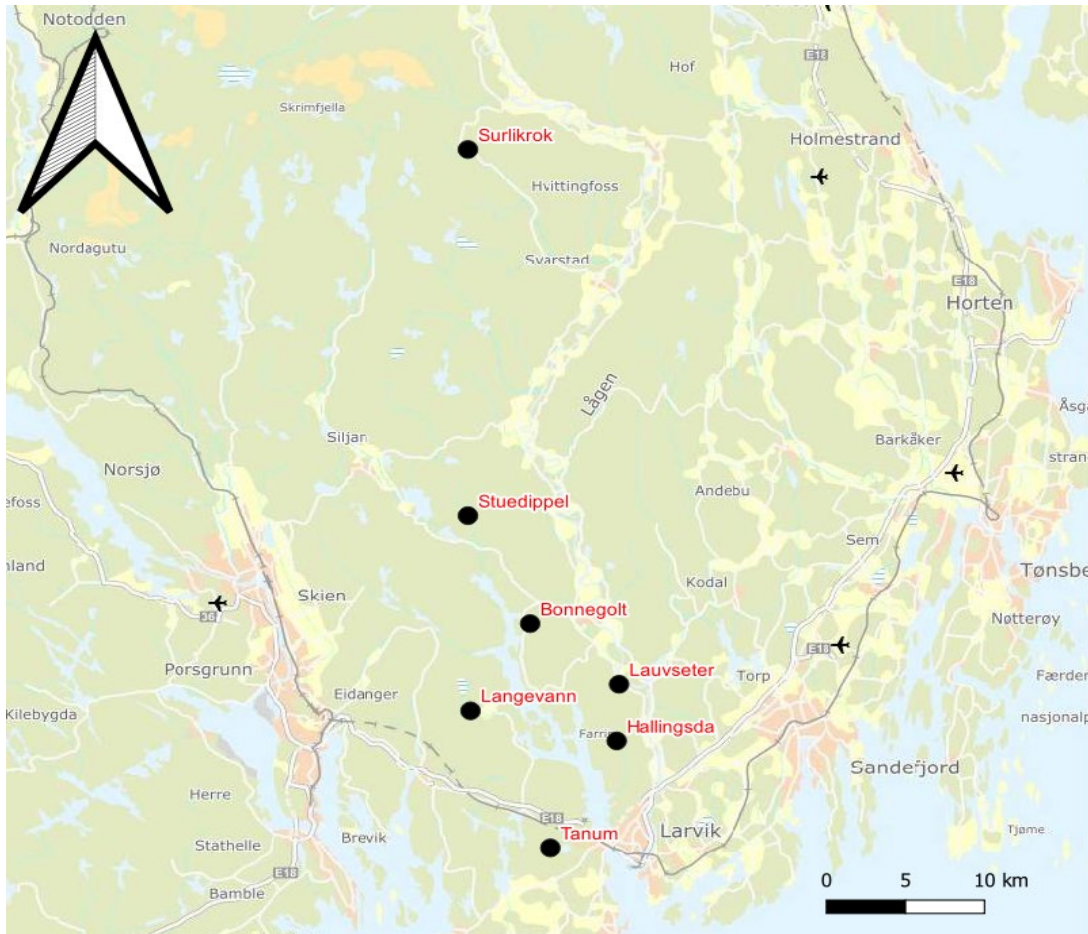
Delmål 3: Studere korleis talet på sagstokkar som er lengde og-/eller diameterpremiert forandrar seg når det vert lagt på fem år med diametertilvekst.

Delmål 4: Studere endringar for sagstokkar i ulike diameterklassar.

Delmål 5: Rekne ein apteringsgrad for kvar enkelt sagstokk for kvar periode, der apteringsgraden frå år null og år fem vert samanlikna med kvarandre.

2. Material og metode

2.1 Studieområde



Figur 1: Kart over bestanda, produsert i QGIS 3.24.2

Det vart henta data frå 20 skogsdrifter, med fleire bestand under kvar drift, alle på FS sin eigedom og avverka i 2021. Som følge av manglande data i nokre filar, samt problem med å få køyrd nokre gjennom apteringsalgoritmen, vart det gjenståande sju drifter. I Figur 1 kan ein sjå eit kart over plasseringa til driftene, samt i Tabell 1 er det ein oversikt over basisdata for desse driftene. Bonitet og meter over havet er henta ut gjennom FS si skogbruksplan og er ein vekta verdi jamfør storleiken på dei bestanda som var under same fil. Storleiken er funnen i produksjonsrapporten som er rapportert av hogstmaskinførar når drifta er avslutta. Treslagsamansetninga er teken ut av dei avverka trea som er i produksjonsfila og rekna om til prosent.

Tabell 1: Oversikt over driftar, kommune, bonitet, meter over havet, storleik samt treslagsamansetning med gran (G), furu (F), lauv (L) og tørrgran (Tørr) for driftene brukt i studiet.

Drift	Kommune	Bonitet	Meter over havet	Storleik (DA)	Treslagsamansetning i % (G, F, L, Tørr)
Bonnegolt	Larvik	G 17	100-150	27	50, 2, 40, 8
Hallingsdal	Larvik	G 17	100-200	86	69, 0, 20, 11
Langevann	Larvik	G 17	100-200	107	69, 2, 13, 16
Lauveseter	Larvik	G 23	50 – 150	32	77, 0, 4, 19
Stuedippel	Siljan	G 20	100-200	230	73, 1, 11, 15
Surlikroken	Kongsberg	G 20	300-400	62	73, 0, 19, 8
Tanum	Larvik	G 20	100-200	62	69, 6, 22, 3

Driftene som vart avverka hjå FS i 2021 var i stor grad prega av at stor granbarkbille (*Ips typographus*) hadde gjort store angrep på eigdommen (Økland & Beachell, 2020). Såleis ville FS hogge det dei klarde av billedrepen skog. Ved å gjere dette ville dei redde det dei klarte av friskt tømmer, samstundes som dei kunne minske faren for seinare angrep.

2.2 Datainnhenting

Data er henta ved hjelp av fire hogstmaskinar som har avverka skog hjå FS. FS får produksjonsdata frå alle driftene og desse data blir lagt inn i ein filmappe på nettet der dei er delt på dei forskjellige driftene. Her vart det lagt inn PRI-filar frå tre John Deere hogstmaskinar og HPR-filar frå ein Komatsu hogstmaskin. Ved gjennomføringa av studiet vart det berre anvendt filar frå John Deere hogstmaskinar. Desse filane følgjer Standard for Forest Machine Data and Communication (StanForD, Arlinger, J, 2014).

PRI-filar vart introdusert i 1999, og seinare oppdatert. Denne filtypen inneheld ikkje like mykje detaljert informasjon som den seinare typen, HPR, men inneheld informasjon om blant anna

lengde, diameter, tresort og kvalitet. Då desse PRI-filane vart introdusert vart det mogleg å hente ut informasjon om kvart enkelt tre og kvar enkelt stukk (Arlinger. J et al., 2003). Såleis vart det mogleg å sjå detaljert på bestand som var avverka og deira innhald. Den nye typen produksjonsfil, -HPR, inneheld meir detaljer rundt stammene, stukkane og kan også innehalde betre geografiske data (Arlinger.J et al., 2012). For dette studie er det derimot filformatet XML som er det avgjerande.

HPR-filar er i filformatet XML. Dette gjev ein del fridom når det kjem til å anvende data i andre program og kva for grensesnitt ein kan bruke. Dette var ein viktig forutsetning for å kunne bruke dataa i analysane og for å kunne analysere i R. Difor måtte PRI-filane konverterast til HPR-filar, slik at dei vart lesbare i R. Denne konverteringa av data vart gjort ved hjelp av Skogforsk sin programvare «Virkesverdi» og dens innebygde konverter, PriConvert.dll (Bhuiyan.N et al., 2013).

2.3 Prisinformasjon

Prisar på sagtømmeret er henta frå Bergene Holm sin kontrakt med FS og er konfidensielle. Det same er prisane på resterande sortiment som er henta frå Nortømmer. Dersom prisane på tømmeret hadde vorte offentleggjort i dette studiet ville det kunne gitt ein konkurransefordel for andre sagbruk. Prisar på tømmer er som regel konfidensielle når det blir gjeven ut via tilbod, såleis er det også her skriven ein konfidensialitetsavtale på bruken av desse prisane. Prismatrisa hjå Bergene Holm gjer markant hopp i pris når stukkane kjem til 490 cm i lengde og aukar vidare på lengdane 520 og 550 cm. I dette studiet vert lengdane 490, 520 og 550 kalla for «lengdepremiert». I tillegg er det ein aukande pris med aukande toppdiameter. Denne auka når eit maksimalt nivå ved 25 cm som den held fram til ein kjem over 38,9 cm, då kjem det eit stort fall i pris. I dette studiet vert intervallet mellom 25 og 38,9 cm kalla for «diameterpremiert».

Det er ved hjelp av prisar og toleransekrav laga ei produktliste og ei prisliste med påfølgjande prismatriser for kvart sortiment slik at dei passar inn i apteringsalgoritma. Det vil sei at desse listene og matrisene ser ut slik som dei gjer om dei vert teken ut frå hogstmaskina si HPR fil. I produktlista har alle sortiment fått ein unik produktnøkkel, produktnamn og produkt gruppenamn. Vidare er det bestemt kva for treslag desse sortimenta kan brukast på, og det er stadfesta at diameter vert måla som under bark. Det blir også gjeve ein minimums- og maksimumsdiameter, samt minimum- og maksimumslengde. Det er også bestemt korleis det

skal målast, her i millimeter, og korleis volumet skal målast for dei respektive sortimenta. Til slutt vert det kategorisert om ein skal måle i fallande lengde eller i forhold til faste lengdeklassar. Desse faste lengdeklassane finst for alle sortimenta, og det er berre massevirke som blir aptert i fallande lengde. I dette forsøket er det brukt Sams sagtømmer, to låg kvalitets sagtømmersortiment til eksport (fast lengde), energivirke og massevirke. Prisane som er brukt er for siste periode av 2021.

2.4 Analyser

Det er i dette studiet brukt R. versjon 4.1.2 (Rfoundation, 2022) og alle analysane er gjennomført ved bruk av R og ulike pakkar i R. R er eit programmeringsspråk som brukast til statistiske utrekningar og modellar samt til å grafisk vise fram data (Foundation, 2022).

2.4.1 Datahandtering

Konverterte HPR- filar vart lest inn i R og det vart henta ut informasjon om sortiment, geografiske posisjonar, stammar og stokkar. Dette var informasjon som seinare trengtest for å kunne køyre apteringsalgoritma, men for å få brukt desse konverterte HPR- filene inn i apteringsalgoritmen *optBuck* (Noordermeer, 2022) måtte filane få predikert ein stammeprofil. Dette er diameterdata over stammen for kvar 10. cm oppover stammen. Det finst allereie ein registrering for diameter på botn, midten og toppen av kvar einaste stokk til kvar tre og desse målingane vart brukt inn i R-pakken *optBuck*. I denne pakka er det ein predikering av stammeprofilen som brukar ein avsmalingsmodell utvikla hjå Nibio, som også finst i R (Rahlf, 2022). Denne avsmalingsmodellen er basert på ein artikkel frå Kozak i 1988 (Rahlf, 2022). Avsmalingsmodellen til Kozak er relativt enkel i bruk og lettare å få til å passe, samstundes som den gjev gode estimat (Kozak, 2004). Det var ein del av produksjonsfilane som ikkje var brukbare, då dei mangla registrerte data for rottdiameter. Det var òg ein del av dei brukbare filane som hadde målingar der det innehaldt berre ein kort stokk, eller at det ikkje var nok registrerte målingar til å predikere ein stammeprofil, som førte til at nokre stammar vart forkasta, noko som funksjonen var programmert til å gjere av seg sjølv.

2.4.2 Tilvekstmodell

For å kunne sjå korleis utviklinga av stammen ville vere på desse fem åra vart det brukt ein tilvekstmodell. *diameterIncrementTree*-funksjonen finst i R-pakken «skogR» (Ørka, 2018). Denne modellen er basert på Bolland's et al. (2008) og brukar diameter i brysthøgde (DBH), grunnflate, total grunnflate for trea som er større enn det ein reknar for, bonitet og breiddegrad. DBH-verdiar er i dette studiet basert på 110 cm oppover på treet då det er antatt ein 20 cm rot når treet vert høg. Dette er funnen ut gjennom å lese produksjonsfila til hogstmaskina. Såleis

er DBH til tilvekstmodellen henta gjennom den predikerte stammeprofilen på 110 cm for kvart tre. Breddegrad er oppgjeve i HPR-fila, grunnflate er rekna ut ved hjelp av DBH og bonitet er henta frå taksten til FS. Den grunnflatesum i m² per hektar er rekna ut i R. Tilvekstmodellen gjev ut ein tilvekst i millimeter for fem år om gongen. Denne tilveksten blir addert på opprinneleg DBH og denne nye DBH blir brukt for å skape eit forhold mellom ny og gammal DBH. Forholdet multipliserast med dei verdiane som stammeprofilprognosen skapte for kvar 10. centimeter på stokken og skapar såleis ein ny stammeprofil med tilvekst. Denne måten førar også til at det blir større tilvekst i botn av stammen og at den minkar gradvis desto lengre opp på stamma ein kjem. Når diametrar går over eit visst mål og det er ein viss total grunnflate så stansar tilveksten då modellen går i null. Dette skjedde som regel når trea var ca. 50 cm i DBH, medan det varierte noko i forhold til grunnflatesummen.

2.4.3 *optBuck*

R pakken *optBuck* er nytta til å optimalt aptere stökkane i forhold til dei avgrensingane som er satt for sortimenta og stammeprofilane som er predikert. Desse avgrensingane er blant anna lengdene stökkane kan apterast i, minimal eller maksimal diametermål det må vere på stökkane, og kvaliteten for dei ulike sortimenta. Kvaliteten på stokken, såkalla «StemGrade», er henta direkte ut frå hogstmaskina. Føraren har registrert kvaliteten for kvar stökk og i dette studiet er det anteke at føraren av hogstmaskina har registrert riktig StemGrade, og at dersom det er registrert feil er det anteke at føraren ville gjort same avgjersle om fem år.

Det er i denne analysen sett på 400 trær frå dei sju forskjellige driftene. Dette talet vart bestemd som følgje av at *optBuck* er ein svært tung operasjon å køyre, noko som gjer det svært tidkrevjande å køyre gjennom heile bestand. Det vart først køyrd med 100 tre, men for å få meir representativ data vart det auka til 400. Det var ulik storleik på driftene, noko som gjorde at på nokre driftar vart ein stor del av populasjonen representert, medan på andre vart ein mindre del representert. Trea vart valde gjennom tilfeldig utval i R, utan tilbakelegging, og som følgje av at FS i stor grad avverkar gran, fokuserer analysane berre på dette treslaget.

Som følgje av utvalsmetoden vart det òg vurdert kor representative prøvetrea var for bestanda. Her vart det studert gjennomsnittleg DBH, medianen av DBH og standardavviket til DBH. Gjennomsnittet vert funnen ved å summere verdi av DBH for alle observasjonar for deretter dividere det på talet observasjonar, medan median av DBH vert funnen ved å setje observasjonane i kronologisk rekkefølge etter verdi og den observasjonen der det er like mange

over som under er medianen. Standardavviket er kvadratrota av variansen til DBH og kan såleis fortelje noko om kor stor spreinga er i datasetta.

Det vart gjennomført ein one sample T-test, med 95 % konfidensintervall, for å vise skilnaden mellom gjennomsnittleg diameter i brysthøgde (DBH) for prøvetrea og populasjonen. Denne T-testen har ein null-hypotese om at det ikkje er forskjell mellom prøvetrea sin gjennomsnittlege DBH og populasjona sin gjennomsnittlege DBH. T-testen gjev ut blant anna ein P-verdi, som kan brukast som mål på signifikanssannsyn og dersom denne P-verdien er liten kan ein forkaste denne nullhypotesen utan særleg risiko for at det er feil (Løvås, 2013).

2.4.4 Treff på prismatrisa

For å sjå kor godt FS treff på prismatrisa til Bergene Holm vart det studert gjennomsnittleg lengde og gjennomsnittleg toppdiameter på sagtømmeret av gran. Det vart gjennomført ein Welch two sample T-test med 95 % konfidensintervall for å sjå om det var statistisk signifikant forskjell på gjennomsnitt lengde og gjennomsnittleg toppdiameter, ved henholdsvis år null og år fem. Dette vart gjort på alle sagstokkar. Stokkmiksen og korleis delen sagstokkar med lengde- og diameterpremieringa forandra seg etter fem år vart òg vurdert. Dette vart utrekna til prosentvis forskjell, for å få synleggjort skilnadane. Det vart òg studert apteringsgraden til kvar enkelt sagstokk. Apteringsgraden i dette studiet, i motsetning til andre studiar, vart utrekna ved å ta den prisen som vart oppnådd per sagstokk og dividere denne på den høgste prisen som var mogleg å oppnå. Det gjev ein oversikt om kor godt sagstokkane er aptert opp i mot den maksimale verdien for ein sagstokk.

Det er i denne oppgåva ikkje fokusert på det reint økonomiske ved å treffe prismatrisa betre. Dette kjem både som følge av at prisane skal haldast konfidensielle og såleis blir det vanskelegare å publisere økonomiske tal, men det er også tenkt at utfallet av oppgåva vil kunne setjast opp mot korleis det vil slå ut økonomisk ved ein seinare anledning. Dette kan tenkast å gjere internt i FS, men også ved eit mogleg anna studie.

3. Resultat

3.1. Kor representative er prøvetrea?

Datamaterialet sin variasjon er vist i Tabell 2 og viser gjennomsnittleg DBH, medianen og standardavviket til DBH for prøvetrea og populasjonen (P). P-verdien viser at det er statistisk signifikante forskjellar mellom prøvetrea og populasjonens DBH ($P < 0,05$). Det blir òg vist at både gjennomsnittleg DBH og medianen av DBH er høgare hjå prøvetrea enn hjå heile populasjonen.

Tabell 2: Gjennomsnitt, median og standardavvik på DBH, for prøvetrea og populasjonen. P-verdi ved one sample T-test for gjennomsnittleg DBH på prøvetrea mot populasjonens gjennomsnitt, fordelt på drift.

Drift	Gjennomsnittleg DBH (mm)	Median av DBH (mm)	Standard avvik (mm)	Prøvetre/ populasjon(P)	P-verdi
Bonnegolt	254,7	241	90	400	5,00E-07
Bonnegolt	239,5	229	98,9	995 (P)	
Hallingsdal	247,8	237,5	75,7	400	1,00E-08
Hallingsdal	224,4	218	83,1	5800 (P)	
Langevann	240,8	235	76,3	400	1E-10
Langevann	217,3	209	87,7	6690 (P)	
Lauveseter	276,5	273,5	67,7	400	0,001
Lauveseter	265,3	268	79,2	2174 (P)	
Stuedippel	257,2	247	80,6	400	6E-16
Stuedippel	236,7	228	81,4	11 712 (P)	
Surlikroken	270,6	259	79	400	2,00E-07
Surlikroken	249,9	241	87,1	4296 (P)	
Tanum	266,9	254	96,9	400	2E-13
Tanum	228,6	212	106,8	3940 (P)	

3.2 Signifikanstest på gjennomsnittleg lengde og toppdiameter under bark

Tabell 3 og Tabell 4 visar resultatata frå Welch two sample T-testen for henholdsvis gjennomsnittleg lengde og toppdiameter under bark ved år null og år fem. Dei forholdsvis høge P-verdiane i Tabell 3 og Tabell 4 visar at det ikkje er statistisk signifikant forskjell ($P > 0,05$) i gjennomsnittleg lengde ved år null og år fem. I fleire høve blir gjennomsnittleg lengde kortare. Det er derimot statistisk signifikant forskjell ($P < 0,05$) i gjennomsnittleg toppdiameter under bark ved år fem kontra år null på alle driftene, utanom «Bonnegolt». Alle driftene har større gjennomsnittlege toppdiameterar ved år fem.

Tabell 3: T-test-resultat for gjennomsnittleg lengde(cm) år null og år fem. 95 % konfidensintervall min, 95 % konfidensintervall maks og P-verdi, fordelt på drift.

Drift	Gjennomsnitt år null (cm)	Gjennomsnitt år fem (cm)	95 % min	95 % maks	P-verdi
Bonnegolt	525,22	521,75	-13,6	6,7	0,5
Hallingsdal	523,57	522,24	-5,9	3,2	0,57
Langevann	526,26	526,77	-4,1	5,14	0,82
Lauveseter	525,11	524,48	-4,7	3,4	0,76
Stuedippel	523,4	520,23	-8,3	2	0,23
Surlikroken	518,95	519,86	-4,5	6,3	0,74
Tanum	525,33	525,49	-3,9	4,2	0,93

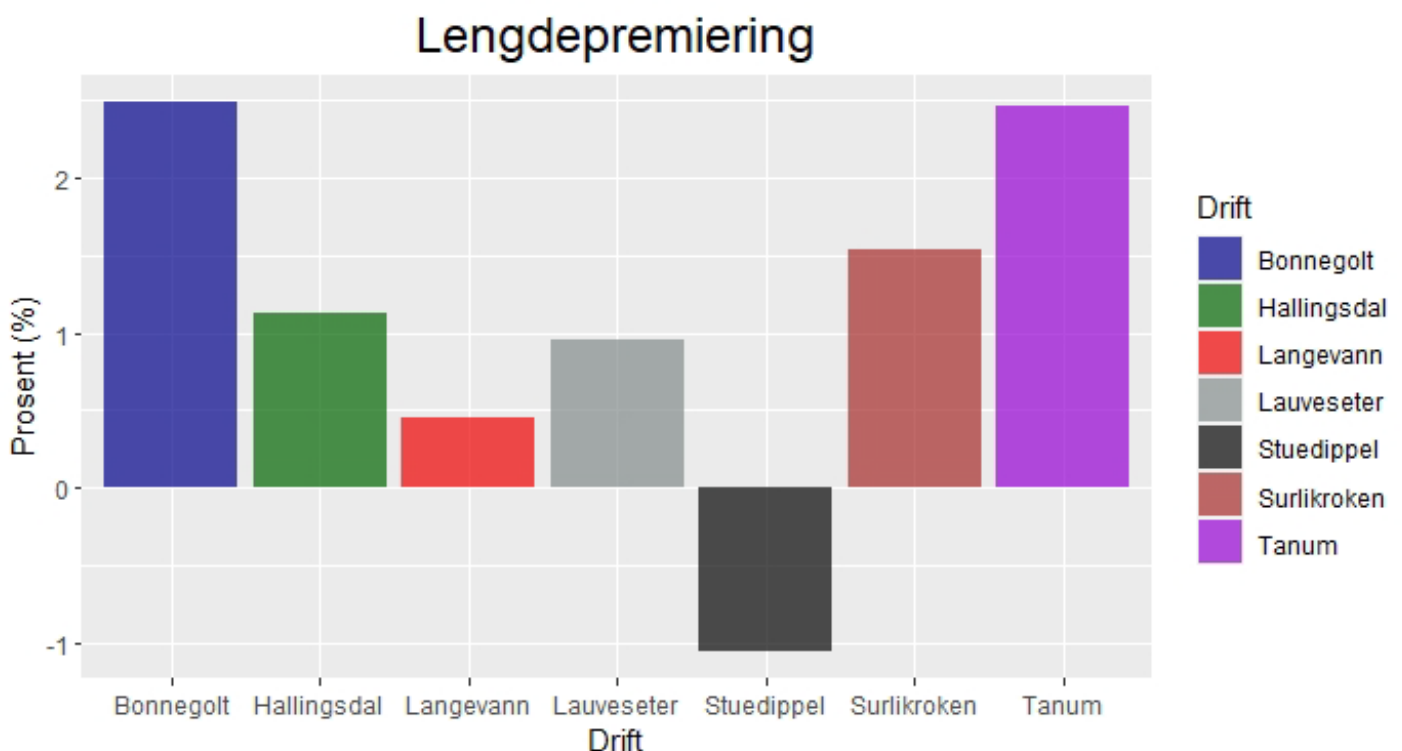
Tabell 4: T-test-resultat for gjennomsnittleg toppdiameter under bark (mm) år null og år fem, 95 % konfidensintervall min, 95 % konfidensintervall maks og P-verdi, fordelt på drift.

Drift	Gjennomsnitt år null (mm)	Gjennomsnitt år fem (mm)	95% min	95% max	P-verdi
Bonnegolt	211,13	215,98	-0,45	10,1	0,07
Hallingsdal	207,16	212,74	0,9	10	0,019
Langevann	206,81	214,08	2,3	12,2	0,0039
Lauveseter	211,17	219,07	3,7	11,9	0,0001
Stuedippel	211,5	221,47	4,6	15,3	0,0002
Surlikroken	223,08	229,84	1,11	12,42	0,012
Tanum	217,75	223,61	0,9	10	0,02

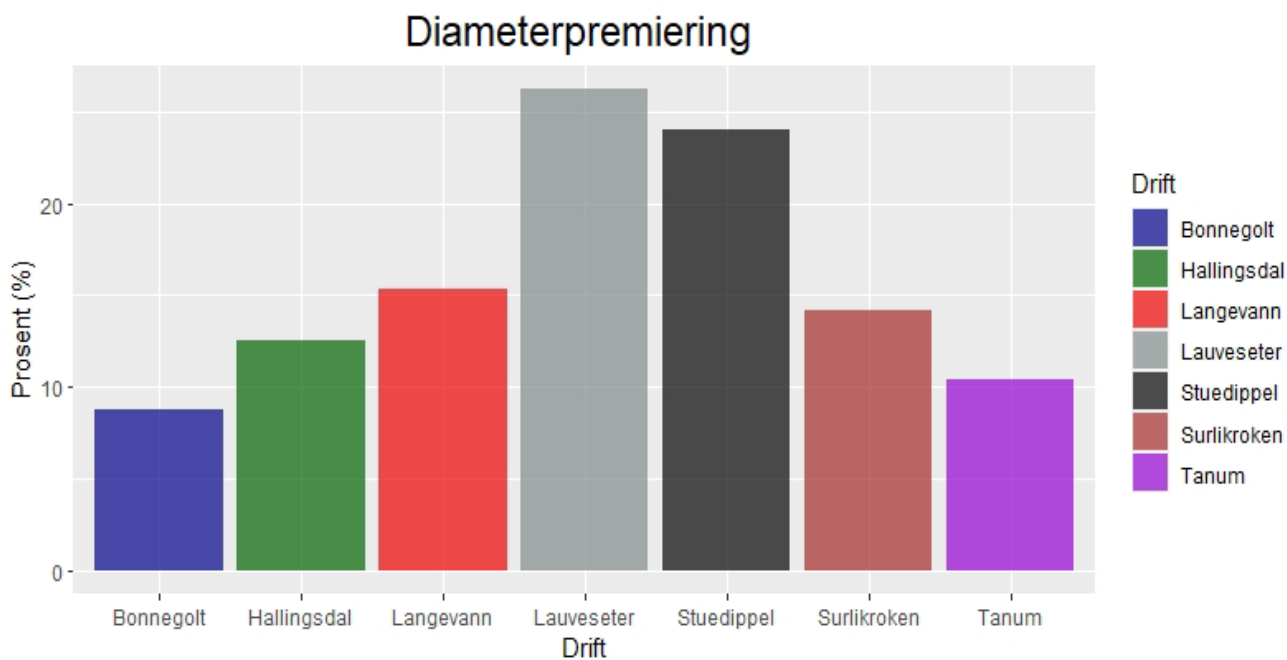
3.3. Lengde- og diameterpremiering

Figur 2 viser den prosentvise endringa i lengdepremierte sagstokkar. Her kan ein sjå at det på dei fleste driftar er ein svak auke frå år null til år fem i talet på sagstokkar som vert lengdepremiert, og såleis er lik eller over 490 centimeter i lengde. Her kan ein også sjå at det på drifta med namn «Stuedippel» er ein nedgang i talet på sagstokkar som er lengdepremiert. Figur 3 viser den prosentvise endringa i talet på sagstokkar med ein toppdiameter mellom 25 og 38,9 centimeter frå år null til år fem. Her ser ein klart ein auke i talet på sagstokkar som vert diameterpremiert, og såleis er mellom 25 og 38,9 cm i toppdiameter. Alle driftar utanom «Bonnegolt» har ein auke på 10 prosent eller meir. For «Lauveseter» og «Stuedippel» er auka på over 25 prosent.

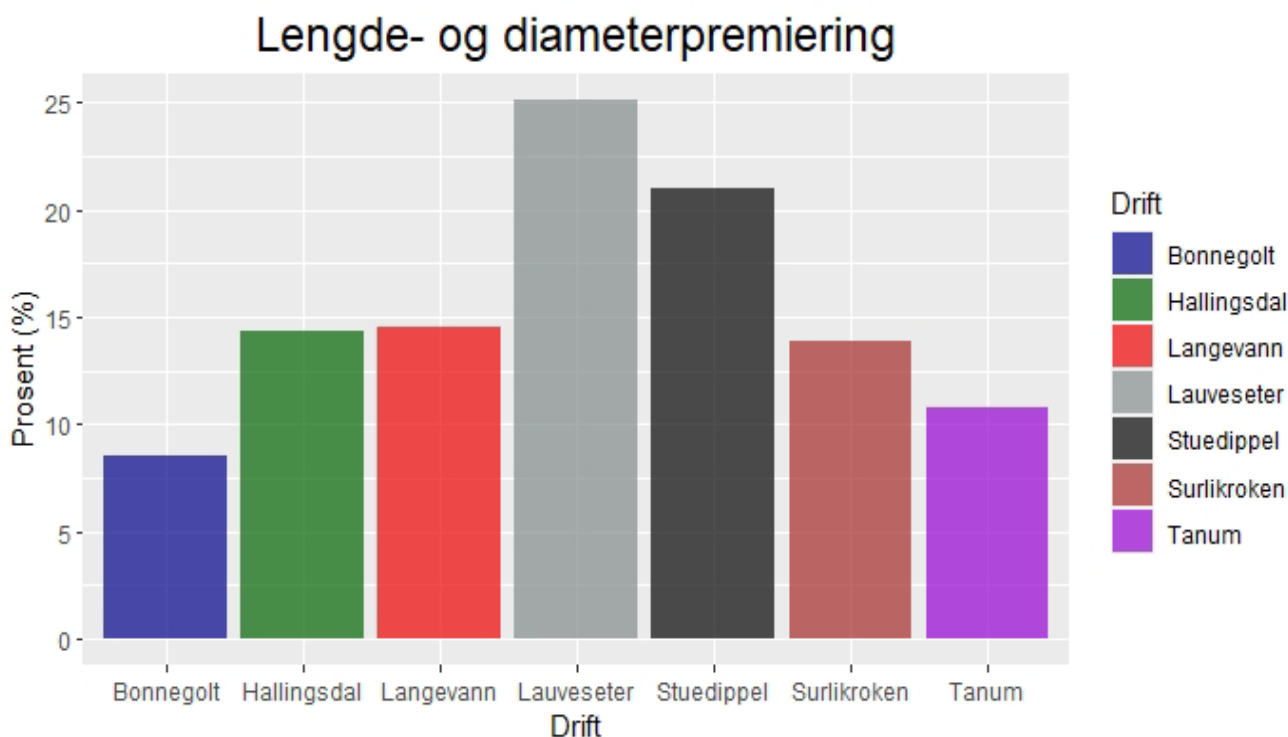
Figur 4 viser dei sagstokkane som er både lengde- og diameterpremiert og her er det òg ein klar auke for alle driftar. Denne figuren har også tydeleg auke, slik som Figur 3, men det er berre «Hallingsdal» og «Tanum» som har ein høgare prosentvis endring for både diameter- og lengdepremiering, enn diameterpremiering åleine. Her har òg «Lauveseter» og «Stuedippel» størst prosentvis auke.



Figur 2: Prosentvis endring i talet på sagstokkar lik eller over 490 cm lengde, frå år null til år fem, fordelt på dei ulike driftene.

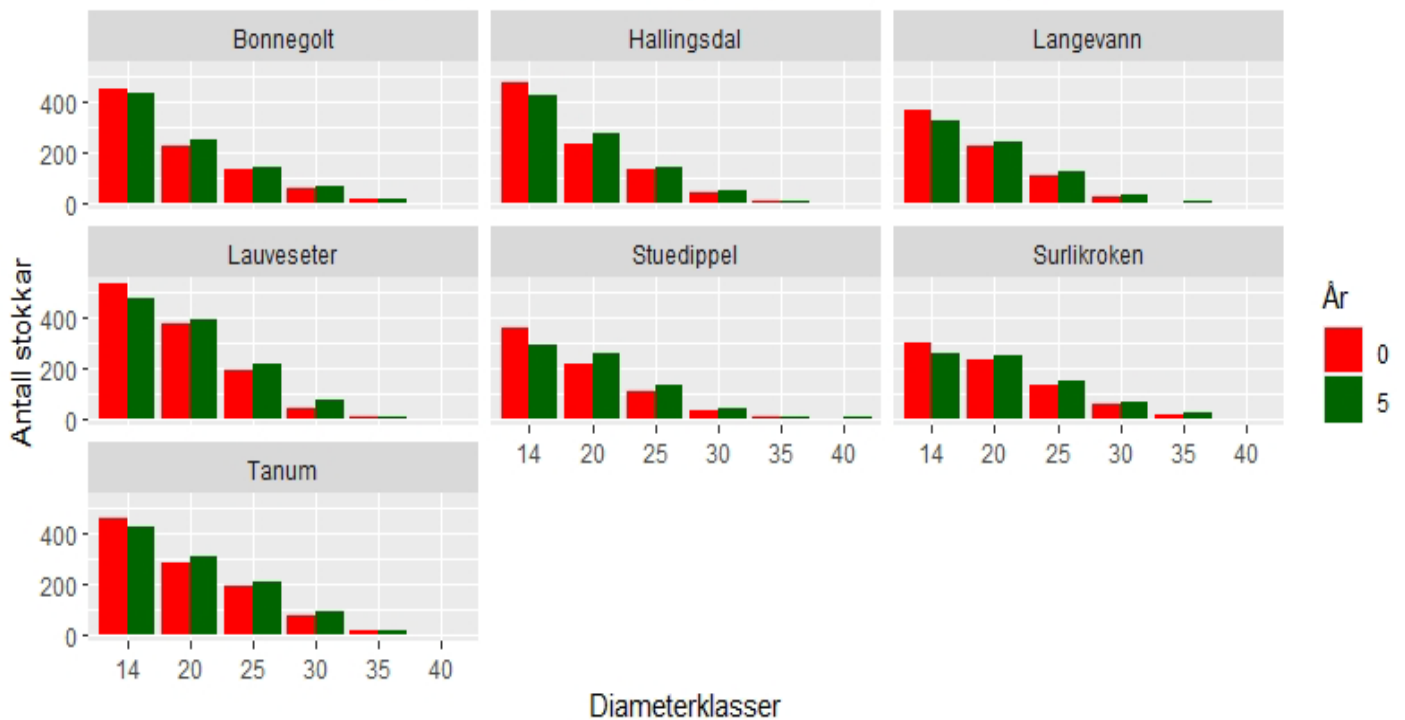


Figur 3: Prosentvis endring i talet på sagstokkar mellom 25 og 38,9 cm i toppdiameter, frå år null til år fem, fordelt på dei ulike driftene.



Figur 4: Prosentvis endring i talet på sagstokkar med både lengde- og diameterpremiering, frå år null til år fem, fordelt på dei ulike driftene.

Sagstokkar fordelt på diameterklasser



Figur 5: Endring i talet på sagstokkar, frå år null til år fem, fordelt på diameterklasser og drift.

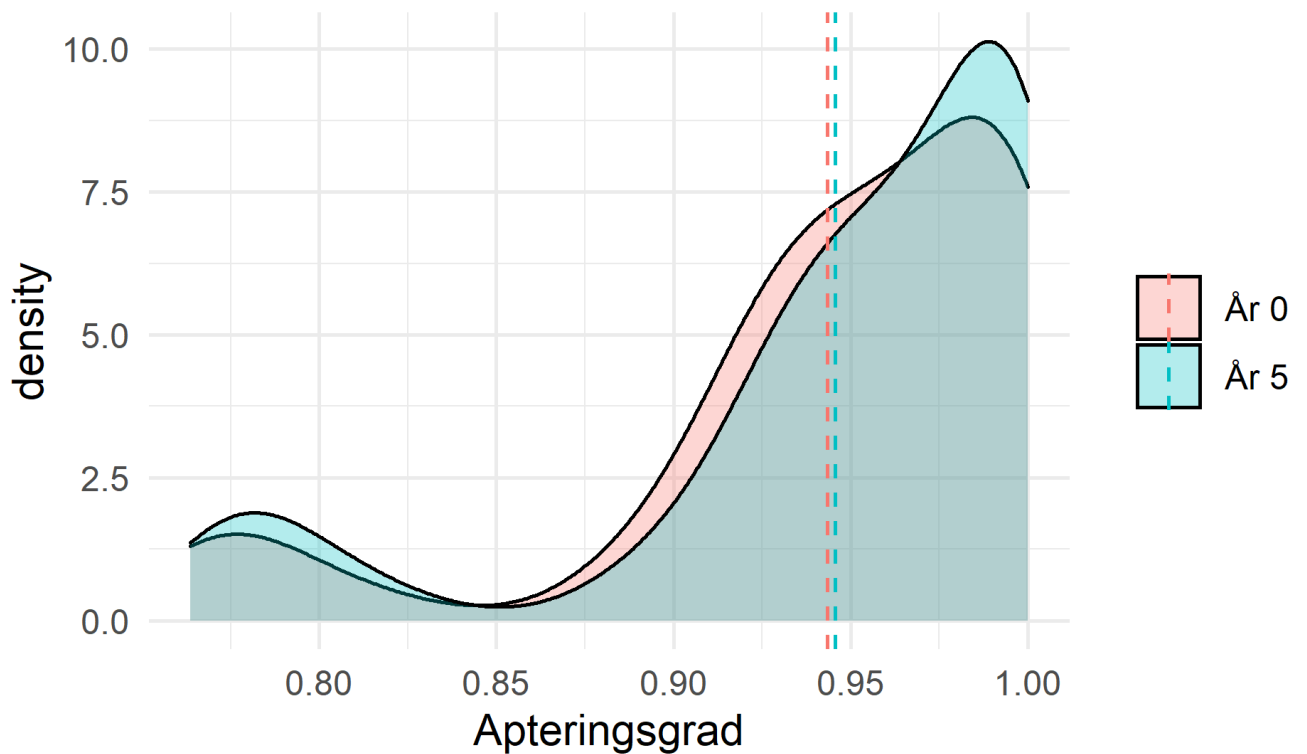
3.4 Diameterklassar

I Figur 5 kan ein sjå korleis sagstokkane er fordelte i forskjellige diameterklassar i cm. Diameterklassane representerer 14-19 (14), 20-24 (20), 25-29 (25), 30-34 (30), 35-38,9 (35) og over 38,9 (40) cm. Det er tydeleg at det på kvar drift vert færre sagstokkar i diameterklasse 14-19 ved år fem enn år null, medan det er ein auke i dei andre diameterklassane. Det er svært få sagstokkar som er i diameterklassa over 38,9 cm og svært få som veks seg inn i den diameterklassa og dermed forbi diameterpremieringa.

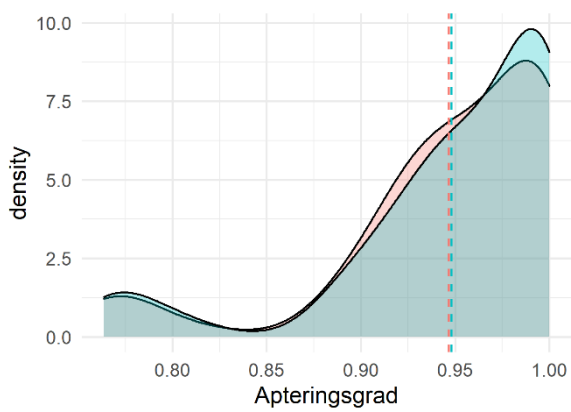
3.5 Apteringsgrad

Frå Figur 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 kan ein sjå fordelinga av dei oppnådde apteringsgradane for sagstokkane ved år null og år fem på dei ulike driftene.

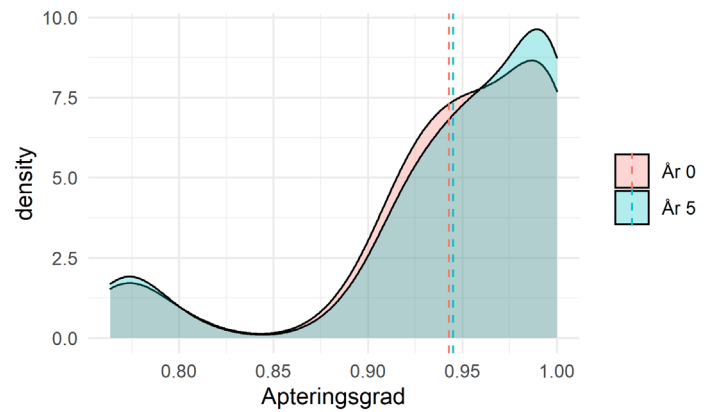
Det er ein svak auke i gjennomsnittleg apteringsgrad for dei forskjellige driftene ved år fem, og alle driftene har fleire sagstokkar nærmare maksimal verdi (1.00) ved år fem. Ein kan også sjå at i år fem er det for dei fleste driftene ein liten auke i sagstokkar i området 0.80 og ein nedgang i antall sagstokkar frå 0,90- 0,95. Det er kapp fleire sagstokkar med låg apteringsgrad og såleis låg verdi og fleire med høg verdi, medan det i mellomstjiktet (0,90- 0,95) er kapp færre.



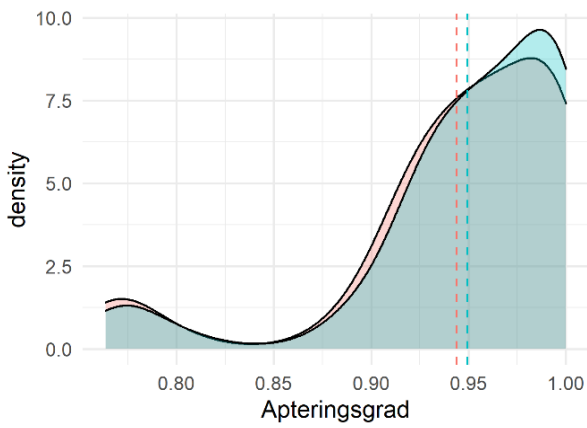
Figur 6: Apteringsgrad Stuedippel



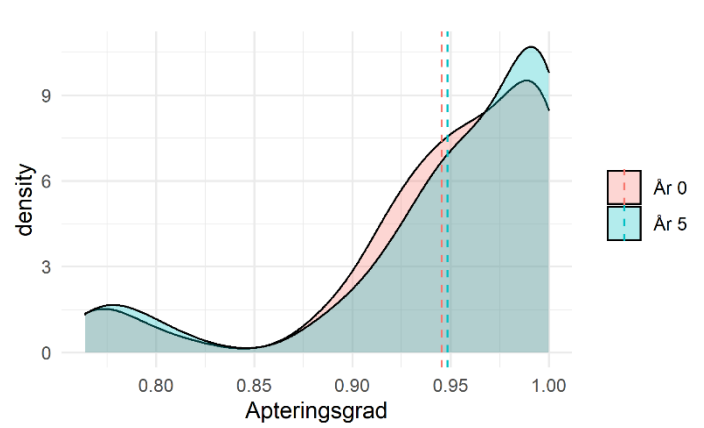
Figur 7: Apteringsgrad Bonnegolt



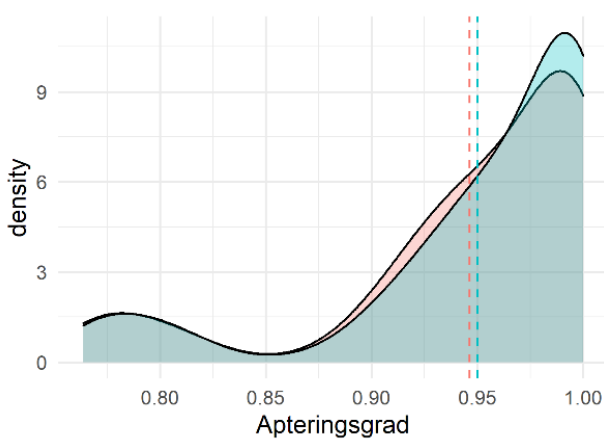
Figur 8: Apteringsgrad Hallingsdal



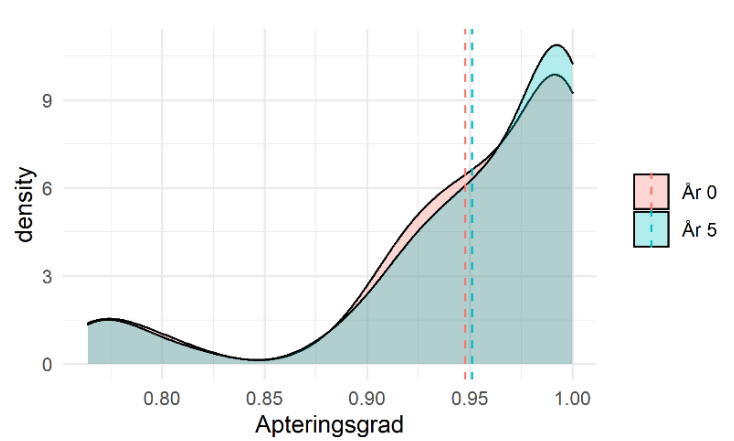
Figur 9: Apteringsgrad Langevann



Figur 10: Apteringsgrad Lauveseter



Figur 11: Apteringsgrad Surlikroken



Figur 12: Apteringsgrad Tanum

4. Diskusjon

Dette studiet har studert korleis FS treff på sin avgjersle om å sluttavverke eit bestand sett opp imot prismatrisa for sagtømmer av gran. Først gjennom å vurdere kor representative prøvetrea var i forhold til populasjonen. Videre vart det vurdert om endringane i gjennomsnittleg lengde og gjennomsnittleg toppdiameter under bark var statistisk signifikante. Det vart studert prosentvise endringar for sagstokkar som var lengdepremiert, diameterpremiert og både lengde- og diameterpremiert. Den faktiske endringa på talet på sagstokkar i forskjellige diameterklassar vart òg studert. Ein apteringsgrad vart rekna ut for kvar sagstokk på år null og år fem. Resultata viste at det var statistisk signifikant forskjell mellom prøvetrea og populasjonen sin gjennomsnittlege DBH. Dei viste liten endring for gjennomsnittleg lengde, medan det var større endring for toppdiameter under bark. Det var ein mindre prosentvis auke i talet på sagstokkar lik eller over 490 cm. Medan det var ein større auke for talet på sagstokkar som vart diameterpremiert og dei som vart både lengde- og diameterpremiert. Endringane for diameterklassane viste ein nedgang i den lågaste diameterklassen, og auke på dei resterande, apteringsgraden hadde ein marginal gjennomsnittleg auke.

Tabell 2 visar ein signifikant forskjell mellom prøvetrea og populasjonen sin gjennomsnittlege DBH. Dette kan kome som følge av at det ved predikeringa av stammeprofilar var nokre observasjonar som vart forkasta som følge av dårlege registreringar, feil ved målingar eller for korte tre. Gjennomsnittleg DBH og medianen i Tabell 2 kan indikere at denne forkastinga av data har ført til ein auke i gjennomsnittleg DBH hos prøvetrea, då det er høgare gjennomsnittleg DBH hjå prøvetrea enn hjå populasjonen. Såleis kan det indikere at det systematisk var vanskelegare å predikere stammeprofil på mindre tre, og prøvetrea vart då av dei større trea i bestanda. Noko som igjen antyd at ein ville kunne fått eit meir riktig resultat ved å bruke stammeprofilar lagra frå hogstmaskina. Dette studiet vil såleis vere skeivfordelt og resultat av analysane vil vere meir korrekte for dei grovare trea enn dei mindre i populasjonen.

Tabell 3 visar at når prøvetrea er vald ut og køyrd gjennom apteringsalgoritmen for både år null og år fem så vert det ingen signifikant forskjell i gjennomsnittleg lengde. I fleire høve går gjennomsnittleg lengde ned. Den gjennomsnittlege lengda blir påverka av at det her vart nytta dei klassiske lengdeklassane med 30 cm mellom kvar klasse, som gjer at det blir vanskeleg å sjå store forskjellar i gjennomsnitt. Derimot er det i Tabell 4 signifikant forskjell for gjennomsnittleg toppdiameter under bark ved år null og år fem. Dette gjeld derimot ikkje for drifta «Bonnegolt», men også for denne aukar gjennomsnittleg toppdiameter under bark markant ved år fem.

Den prosentvise endringa i talet på sagstokkar som er lengdepremiert (Figur 2) visar òg at det er liten forskjell mellom år null og år fem i lengde, slik som også Tabell 3 sin låge P-verdi og endring i gjennomsnittleg lengde gjer. Det var også ei drift, « Stuedippel», som hadde negativ prosentvis endring. At det er liten endring kan indikere at dei fleste sagstokkane ved år null er kapp over eller ved 490 cm i lengde og såleis er lengdepremiert. Dette kan kome som følge av at prismatrisa på sagtømmeret er bygd opp på ein slik måte at hoppet i verdi opp til 490 cm i lengde er stort nok til at aptringa søkjar etter denne og lengre lengder. Det står i Birkeland et al. (2008), side 19, «*Lengdekorreksjon eller premieringer er nødvendig siden tømmeret betales toppmålt, og kortere stokker gir høyere toppmål Kun lengdepremiering øker stokklengden.*» Den tendensen vi kan sjå ved korleis lengdepremieringa slår ut her, tydar på at Birkeland et al. (2008) har rett i utsegnet: «*Kun lengdepremiering øker stokklengden.*», då nesten alle sagstokkane vert kapp slik at dei vert lengdepremiert.

Det er i dette studiet ikkje lagt til nokon høgdetilvekst, noko som kunne ha påverka resultatet av sagtømmeret. Samstundes ville nok høgdetilveksten ha slått ut meir på massevirke enn på sagtømmeret, då minimum toppdiameteren for sagtømmer sjeldan når heilt til toppen av stammen.

I motsetning til endring i lengdepremiering, er den prosentvise endringa i talet på sagstokkar med toppdiameter mellom 25 og 38,9 (Figur 3) betydeleg større. Det er to driftar som har over 25 % auke og alle driftene utanom « Bonnegolt» har over 10 % auke. Denne drifta var også den einaste drifta som ikkje hadde signifikant forskjell i gjennomsnittleg toppdiameter under bark, og dette kan indikere at det her ikkje var stor nok tilvekst til at det slo like hardt ut i diameterpremieringa som på dei andre driftene.

På Figur 4 kan ein sjå den prosentvise endringa i talet på sagstokkar som er både lengde- og diameterpremiert, her er det òg ein betydeleg prosentvis auke. Også her er «Bonnegolt» einaste under 10 %, sjølv om denne drifta hadde størst endring på lengdepremiering jamfør Figur 2. I Figur 4 kan det tilsynelatande sjå ut som at det er ein god korrelasjon mellom endring i sagstokkar som er diameterpremiert (Figur 3) og endring i sagstokkar som er både lengde- og diameterpremiert (Figur 4). Det er like fullt berre driftene «Hallingsdal» og «Tanum» som har ein større auke for både lengde- og diameterpremiering enn berre diameterpremiering. Dette kan moglegvis kome som følge av at det på desse driftene var få sagstokkar som var både lengde- og diameterpremiert frå før og ein liten endring gjev større prosentvis utslag, eller at den auken i sagstokkar som vart lengdepremiert ved år fem også vart diameterpremiert.

I Figur 4 kan ein også sjå at sjølv om «Stuedippel» i Figur 2 har ei negativ endring i talet på sagstokkar som er lengdepremiert så er det ei endring i over 20 % på sagstokkar som er både lengde- og diameterpremiert. Det er drifta «Lauveseter» som har størst auke i både diameterpremiering (Figur 3) og lengde- og diameterpremiering (Figur 4), dette kan ha korrelasjon med at denne drifta har den høgaste boniteten (G 23, Tabell 1). Den same tabellen visar også at «Bonnegolt» er ein av driftene med lågaste bonitet (G17). Denne drifta har og minste auke i diameterpremiering (Figur 3) og lengde- og diameterpremiering (Figur 4), noko som òg kan ha korrelasjon med boniteten.

Det er lite endringar i lengdepremieringa, medan det er ein auke på alle drifter i talet på sagstokkar som vert både lengde- og diameterpremiert. Samstundes er det i nokre høve ein fjerdedel fleire sagstokkar som vert diameterpremiert. Alt dette kan indikere at FS har moglegheit for å få betre treff på prismatrisa sin diameterpremiering. Dette blir òg støtta av Figur 5, der det er ein nedgang i talet på sagstokkar i den lågaste diameterklassa (14-19), medan det aukar i dei resterande. Det er også svært få sagstokkar som veks seg inn den største diameterklassa (>38,9) og ut av diameterpremieringa. At det er tilsynelatande svært få sagstokkar som veks seg ut av diameterpremieringa og såleis får lågare verdi kan òg tyde på at FS har moglegheit for å treffe betre på prismatrisa når det kjem til diameterpremiering.

Ved bruk av ein apteringsalgoritme slik som *optBuck* vil apteringsgraden bli svært høg, då menneskelege feil ikkje vert teken med som ein variabel. Derimot er det få andre måtar å gjere ein slik studie på, og det gjer dei to forskjellige åra enkle å samanlikne. Samstundes er det ein fordel at apteringsgraden ikkje er påverka av talet på sagstokkar, då det vert sett på kvar enkelt sagstokk sin verdi i forhold til maksimal og såleis kan gje ein god indikasjon på godt treff i prismatrisa. Det er i Figur 6 til Figur 11 vist ein marginal auke i gjennomsnittleg apteringsgrad frå år null til år fem, og såleis produserast det gjennomsnittleg fleire sagstokkar som har betre verdi i år fem kontra år null. Det er på dei fleste driftene ved år fem ein auke i sagstokkar både med låg og høg apteringsgrad, medan det går ned i mellomsjiktet av apteringsgraden. Det synar altså til at det er færre sagstokkar i mellomsjiktet, og desse er fordelt til lågare apteringsgradar, men ein større del er fordelt til høgare apteringsgrad, slik at gjennomsnittleg apteringsgrad blir høgare ved år fem. Driftene «Langevann», Figur 9, og «Stuedippel», Figur 6, har størst auke i talet på sagstokkar med lågare apteringsgrad. Dersom ein ser dette opp mot Figur 2, der det er ein nedgang i talet på sagstokkar lik eller over 490 cm i lengde for drift «Stuedippel», og «Langevann» har ein svak auke, så kan ein anta at denne auken i sagstokkar med låg apteringsgrad sannsynlegvis ikkje kjem av lengdeforskjellar, da det er små skilnader i

gjennomsnittleg lengde og lengdepremiering. Den største forskjellen for sagstokkane kjem i forbindelse med toppdiameter under bark, noko som både Tabell 4, Figur 3 og Figur 4 visar. Såleis kan ein anta at forskjellane i apteringsgrad òg vert mest påverka av diameterforskjellane frå år null til år fem. At det ved «Stuedippel» er produsert marginalt kortare sagstokkar ved år fem gjer også naturlegvis at sagstokkane vert grovare. Såleis er det mogleg at det er produsert fleire sagstokkar som ikkje er lengdepremiert, men har ein betre diameterpremiering, samstundes som det er ein auka del av dei lengdepremierte sagstokkane som òg har fått ein betre diameterpremiering. I og med at diameterpremieringa når ein topp på 25 cm vil det å få auka diameter slik at fleire sagstokkar kjem over 25 cm kunne slå mykje ut på apteringsgraden.

Dataa brukt i dette studiet bærer preg av dei store angrepa av Stor Granbarkbille som FS hadde i 2020. Dette gjorde at mykje av avverkinga hjå FS vart prega av å redde friskt tømmer og hindre framtidige billeutbrot (Sandum, 2022). Dette kan ha hatt ein påverknad på kor gammal skogen var då den vart avverka og det er såleis naturleg å anta at noko av skogsdriftene som er i dette studiet er høgde før det FS sjølv meiner er optimalt. Dei tre driftene som har største auke både i diameterpremiering (Figur 3) og lengde- og diameterpremiering (Figur 4) har også høgast del tørrgran (Tabell 1). Med ein høg del tørrgran kan ein anta at det har vore avverka med tanke på å stoppe barkebilla. At FS har måtte avverka før dei sjølv meiner er optimalt kan også indikerast ved å sjå på overrepresentering av den lågaste diameterklassa i Figur 4, like fullt kjem dette også som følgje av at lengdepremieringa fungerer godt, og sagtømmeret såleis blir dratt ut i lengde.

Dersom noko av skogen som er skada av Stor Granbarkbille optimalt skulle stått i 20 år til før den vart avverka, så kunne tilveksten for 20 år blitt lagt på, men jamfør Bollandssås et al. (2008) er tilvekstmodellen berre god på kort sikt, opptil eit tiår, og såleis anbefalast ikkje dette med denne tilvekstmodellen. Ein annan viktig variabel i tilvekstmodellen er boniteten. I og med at boniteten brukt i tilvekstmodellen er eit gjennomsnitt frå fleire bestand samla under same produksjonsfil og drift, kan tilveksten ha blitt noko meir usikker enn om ein brukte kvart enkelt bestand.

Det vart i studiet teke ut to sortiment eksporttømmer i faste lengder av lågare kvalitet. Det vart tillate lågare kvalitet på desse enn på vanleg sagtømmer og dei hadde lågare verdi enn sagtømmeret, samstundes hadde dei faste lengder. Dette gjorde at det vart teke ut svært få sagstokkar av dette sortimentet, og det er i svært liten grad hendt at dei har teke tømmer som kunne vore brukt i sagtømmeret.

Dette studiet brukar data frå ein skogeigar i eit område med lite geografiske skilnadar og små skilnadar knytt til skogkulturen. Gjennomgåande er driftene i forholdsvis homogene bestand med planta gran og høge bonitetar. Vidare forskning på dette feltet kan studere apteringa på andre treslag, korleis det endrar seg med andre bonitetar, anna treslagsamansetning og på andre lokasjonar omkring i landet. Det bør og verte studert det økonomiske ved å vente fem år med å avverke. Skogeigars rentekrav og investering i skogen vil vere viktige faktorar og såleis kan det tenkjast at ein større skogeigar også er aktuell i eit økonomisk studie.

5. Konklusjon

FS treff delvis på sin avgjersle om å sluttavverke driftene i dette studiet, sett opp i mot prismatrisa for sagtømmeret av gran. Dei treff tilsynelatande godt på lengdepremieringa til Bergene Holm si prismatrise. Dette vart vist ved ikkje statistisk signifikante endringar i gjennomsnittleg lengde, og små prosentvise endringar i talet på sagstokkar som vart lengdepremiert. Det gode treffet på lengdepremieringa i prismatrisa skuldast sannsynlegvis at prismatrisa har såpass stor differanse i verdi mellom lengdepremiert og ikkje lengdepremierte sagstokkar, og i liten grad skogens dimensjonar og endringane frå år null til fem.

FS treff dårlegare på diameterpremieringa. Dette vart vist ved statistisk signifikante endringar, frå år null til år fem, i gjennomsnittleg toppdiameter under bark for alle utanom ei drift. Dei prosentvise endringane i talet på sagstokkar som vart diameterpremiert og lengde- og diameterpremiert viste òg teikn til dårlegare treff, med to drifter med over 20 % auke og berre ein under 10 % auke. Den minste diameterklassen hadde òg ein nedgang i talet på sagstokkar, medan dei resterande hadde ein auke. Samstundes var det svært få sagstokkar som vaks seg ut av diameterpremiering, noko som tydar at svært få sagstokkar tapar seg i verdi, medan fleire aukar i verdi, då dei veks seg ut av den lågaste diameterklassa. Apteringsgraden hadde ein svak gjennomsnittleg auke, og ein kunne sjå eit litt anna apteringsmønster ved år fem enn ved år null.

Prøvetrea i dette studiet hadde ein overrepresentasjon av trær med større DBH enn populasjonen og var statistisk signifikant forskjellige frå gjennomsnittleg DBH i populasjonen. Like fullt vart treffet på prismatrisa si diameterpremiering og lengde- og diameterpremiering dårleg. Såleis kan det indikera at det ville vore enda større forskjell mellom år null og år fem ved å bruke heile populasjonen. Då ville fleire tre kunne vakse seg inn i sagtømmer segmentet og premieringane, og det ville framleis vere få som veks seg ut av diameterpremieringa.

Denne typen studiar vil i framtida kunne hjelpe skogeigarar, deira rådgjevarar og tømmerkjøparar til å sjå om eit bestands dimensjonar tilfredstillar prismatrisa som ein får betalt etter, om det lønnar seg å vente med avverking eller eventuelt bytte kjøpar av tømmeret. Ved bruk av denne typen studiar på avverka skog vil og sagbruka kunne skaffe seg eit betre bilete på korleis prismatrisene deira slår ut i apteringa som skjer i skogen. Samstundes må det påpeikast at dette vil i praksis differere mykje med mennesket som sit bak spakane i hogstmaskina, og erfaringa hans.

6. Kjelder

- Arce, J. E., Carnieri, C., Sanquetta, C. R. & Filho, A. F. (2002). A Forest-Level Bucking Optimization System that Considers Customer's Demand and Transportation Costs. *Forest Science* 48 (3): 492-503. doi: 10.1093/forestscience/48.3.492.
- Arlinger, J, Möller, J.J & Sondell, J. (2003). *A description of pri-files. Background, structure and examples. Arbetsrapport från Skogforsk nr. 559.*
- Arlinger, J. (2014). *StanForD - Skogforsk - Forestry Research Institute of Sweden.*
Tilgjengelig fra: <https://www.skogforsk.se/english/projects/stanford/> (lest 15.02.2022).
- Arlinger, J, M., N. & Möller, J.J. (2012). *StanForD 2010, Modern communication with forest machines. Arbetsrapport från Skogforsk Nr. 784.*
- Bergseng, E., Alfredsen, G., Dibdiakova, J., Gobakken Lone, R., Gjerde, I., Granhus, A. & Søgaard, G. (2016). Skogen som ressurs. *Praktisk økonomi & finans*, 32 (3): 253-263. doi: 10.18261/issn.1504-2871-2016-03-04.
- Bhuiyan, N, J., A. & J., M. J. (2013). *Kvalitetssikring av beräkningsresultat från hprCM och konvertering av pri- till hpr-filer. Arbetsrapport 788, Skogforsk: Skogforsk.*
- Birkeland, T. & Finstad, K. (2006). *Gir kortere massevirke mer sagtømmer? I: landskap, S. o. (red.). Viten fra skog og landskap.*
- Birkeland, T., Nybakk, E. & Finstad, K. (2008). *Den Store Apteringsboka. 2. utg.: Norsk institutt for skog og landskap*
- Bollandsås, O. M., Buongiorno, J. & Gobakken, T. (2008). Predicting the growth of stands of trees of mixed species and size: A matrix model for Norway. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 23 (2): 167-178. doi: 10.1080/02827580801995315.
- FN, F. N. S. (2022). *Bærekraftsmål 15: Livet på land.* Tilgjengelig fra: <https://www.fn.no/om-fn/fns-baerekraftsmaal/livet-paa-land>.
- Foundation, R. (2022). *R: What is R?* Tilgjengelig fra: <https://www.r-project.org/about.html>.
- Fritzøe Skoger. (2018). *Landskapsplan for Fritzøe Skoger,*
https://www.fritzoeskoger.no/_files/ugd/f3acad_88019a7defd84b36ab6e8b649d2d9f46.pdf.
- Fritzøe Skoger. (2019). *Fritzøe Skoger.* Tilgjengelig fra: <https://www.fritzoeskoger.no/> (lest 01.02.22).
- Gobakken, T. (2000). The Effect of Two Different Price Systems on the Value and Cross-cutting Patterns of Norway Spruce Logs. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 15 (3): 368-377. doi: 10.1080/028275800448002.

- John Deere, F. (2022). *TimberManager* | John Deere. Tilgjengelig fra: <https://www.deere.no/no/skogsmaskiner/timbermatic-kartene--timbermanager/timbermanager/> (lest 15.05.2022).
- Kivinen, V.-P. & Uusitalo, J. (2002). Applying Fuzzy Logic to Tree BuckingControl. *Forest science*, 48 (4). doi: 10.1093/forestscience/48.4.673.
- Kivinen, V.-P. (2004). A Genetic Algorithm Approach to TreeBucking Optimization. *Forest science*, 50 (5). doi: 10.1093/forestscience/50.5.696.
- Klima og Miljødepartementet. (2022). *Klimaplan for 2021-2030*, <https://www.regjeringen.no/contentassets/a78ecf5ad2344fa5ae4a394412ef8975/nno/pdfs/stm202020210013000dddpdfs.pdf>.
- Komatsu, F. (2022). *Komatsu MaxiFleet*. Tilgjengelig fra: <https://www.komatsuforest.no/tjenester/maxifleet> (lest 15.05.2022).
- Kozak, A. (2004). My last words on taper equations. *The Forestry Chronicle*, 80 (4): 507-515. doi: 10.5558/tfc80507-4.
- Labelle, E. & Huss, L. (2018). Creation of value through a harvester on-board bucking optimization system operated in a spruce stand. *Silva Fennica*, 52 (3). doi: 10.14214/sf.9947.
- Løvås, G. G. (2013). *Statistikk for universiteter og høyskoler* b. 2. utgave: Universitetsforlaget.
- Melum, K. J. & Rørå, A. (2020). *Innsikt- Marked-Nr.3.20*, <https://norskog.no/wp-content/uploads/2020/06/Innsikt-Marked-nr.-3-20B.pdf>.
- Müller, F., Jaeger, D. & Hanewinkel, M. (2019). Digitization in wood supply – A review on how Industry 4.0 will change the forest value chain. *Computers and Electronics in Agriculture*, 162: 206-218. doi: 10.1016/j.compag.2019.04.002.
- Noordermeer, L. (2022). *optBuck - an R package for optimal bucking*. R package, . Tilgjengelig fra: <https://github.com/lennartnoordermeer/optBuck> (lest 01.04.22).
- Norsk Virkesmåling. (2015). *Målereglement sagtømmer*. Tilgjengelig fra: https://www.m3n.no/wp-content/uploads/2017/09/B1_Maalereglement_sagtømmer.pdf (lest 27.04.22).
- Nybakk, E. & Birkeland, T. (2009). *Fordelingsaptering versus tradisjonell verdiaptering i ulike skogtyper i Norge, Et casestudie fra Sør-Valdres*, <https://docplayer.me/1085344-Fordelingsaptering-versus-tradisjonell-verdiaptering-i-ulike-skogtyper-i-norge.html>.

- Rahlf, J. (2022). *taperNO- an R package for Taper models for spruce, pine and birch in Norway and helper functions*. Tilgjengelig fra: <https://github.com/SmartForest-no/taperNO> (lest 09.03.2022).
- Rfoundation, T. (2022). *R: The R Project for Statistical Computing*. Tilgjengelig fra: <https://www.r-project.org/> (lest 12.05.2022).
- Roser, H. & Ritchie, M. (2022). Forests and Deforestation. *Our World in Data*.
- Rundeberget, T. (2022). *Personlig meddelse, John Deere Forestry AS, Norge*. (E-post 28.04.22).
- Sandum, C. (2022). *Personlig meddelse, Skogsjef hos Fritzøe Skoger AS (Samtale 23.03.2022)*.
- Skogkurs. (2022). *Virkesverdi - programvare - Skogkurs*. Tilgjengelig fra: <https://butikk.skogkurs.no/products/virkesverdi-programvare> (lest 15.05.2022).
- SNL. (2022). *aptere – Store norske leksikon*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/aptere> (lest 14.05.2022).
- SSB. (2022a). *Fakta om skogbruk - Statistisk sentralbyrå*. Tilgjengelig fra: <https://www.ssb.no/jord-skog-jakt-og-fiskeri/faktaside/skogbruk> (lest 25.04.22).
- SSB. (2022b). *SSB; Skogeiendommer*. Tilgjengelig fra: <https://www.ssb.no/jord-skog-jakt-og-fiskeri/skogbruk/statistikk/skogeierdommer> (lest 07.04.2022).
- Økland, B. & Beachell, A. (2020). *Granbarkbillen. Registrering av bestandsstørrelsene i 2020*, https://nibio.brage.unit.no/nibio-xmlui/bitstream/handle/11250/2685020/NIBIO_RAPPORT_2020_6_12969134.pdf?sequence=3&isAllowed=y.
- Ørka, H. O. (2018). *skogR- an R package for norwegian forestry functions*. Tilgjengelig fra: <https://github.com/hansoleorka/skogR/tree/master/R> (lest 09.05.2022).



Norges miljø- og biovitenskapelige universitet
Noregs miljø- og biovitenskapelige universitet
Norwegian University of Life Sciences

Postboks 5003
NO-1432 Ås
Norway