

# Sluttrapport - Utvikling av nye metoder for aldersuavhengig bonitering

## Bakgrunn

Fritzøe Skoger gjennomførte i 2020 en ny takst med enkelttre laser, blant annet for å oppdaterte bonitetsverdier for hele eiendommen.

Fritzøe Skoger er i all hovedsak en sammenhengende eiendom i fylkene Vestfold, Telemark og Buskerud. Eiendommen er på 615 000 dekar, av dette er ca. 430 000 dekar produktivt skogareal.

Fritzøe Skoger gjennomførte taksering av hele skogeiendommen med enkelttre laser i 2014, og har fra 2009 en takst med enkelttre laser i de delene av eiendommen som ligger i gamle Lardal kommune. Den nye taksten gir heldekkende enkelttre data fra både 2014 og 2020.

Det ble gjennomført en enkelttre-lasertakst basert på flybåren laser med minimum 8 punkter per m<sup>2</sup> på hele Fritzøe Skogers eiendom. Bonitet og alder er estimert basert på NIBIOs metodikk for aldersuavhengig bonitering.

## Resultat – sammendrag

Aldersfri bonitering er en metode for estimering av bonitet uten bruk av alder på skogen. Metoden er utviklet ved NIBIO i seinere år, og omtalt i tidligere publikasjoner. Vi går her videre i arbeidet med å kvalitetssikre metoden, og vurderer hvilken potensiell anvendelse den kan ha i skogbruket. Samlet sett viser resultatene at aldersfri bonitet har et potensial for å brukes i skogbruk i Norge. Det kan brukes for det første som et alternativ til konvensjonell bonitering i skogbruksplanlegging og på det landsdekkende skogressurskartet SR16, og for det andre som et supplement til konvensjonell bonitet på Landsskogtakseringens felt for å overvåke endringer forårsaket av klimaendringer. I det første tilfellet er fordelene at metoden ikke krever alder som input. En generell fordel er at metoden kan fange opp endringer i bonitet som skyldes endringer i vekstvilkår som klimaendringer, og dermed i større grad enn konvensjonell bonitet representere dagens bonitet. Metoden har også den fordelene at den er velegnet for bruk med fjernmåling, og resultatene viser at både enkelttre- og areal-baserte metoder fungerer, og at både laserskanning og stereo flybilder kan brukes.

## Diskusjon

Samlet sett viser resultatene at aldersfri bonitet har et potensial for å brukes, dels ved at det kan effektivisere eller forenkle boniteringen i skogressurskartlegging, og dels ved at det kan brukes til å følge med på klimaendringenes påvirkning på skogens produksjonsevne.

Vi har vist sammenheng mellom aldersfri bonitet og tilvekst på ulike måter. Samlet sett viser dette at man kan bruke aldersfri bonitet operasjonelt for kartlegging av produksjonsevne og for prediksjon av tilvekst, på samme måte som konvensjonell bonitet. Videre viser dette at aldersfri bonitet har den fordelen at den samvarierer over tid med faktisk tilvekst, og derfor kan egne seg for overvåking og klarlegging av hvordan klimaforholdene påvirker skogens vekst.

For Landsskogtakseringens felt og perioder hovedsakelig på fem år, så var aldersfri bonitet like godt egnet til prediksjon av tilvekst som konvensjonell bonitet. Vi tolker dette som at aldersfri og konvensjonell bonitet har hver sine styrker og svakheter, og at disse stort sett utligner hverandre. Aldersfri bonitet har den fordelen at det er basert på faktisk høydevekst på noen av trærne på feltet og for den aktuelle perioden, og dette utgjør en del av tilveksten, mens konvensjonell bonitet ikke har dette. Konvensjonell bonitet har den fordelen at det er basert på en lengre måleperiode, det vil si fra bonitetstreet var i brysthøyde og fram til boring og høydemåling, men den ulempen at det er basert på et tre utenfor flata, og en annen tidsperiode enn den aktuelle. Samlet sett så har begge metoder styrker og svakheter, og vi må regne med at disse til en viss grad utligner hverandre konvensjonell bonitet.

Aldersfri bonitet varierte også til en viss grad i takt med tilvekst. Dette var tydelig for hele landet samlet sett, men også for flere regioner. Resultatene viser at det er variasjoner fra år til år både i aldersfri bonitet og tilvekst på landsdekkende tall, og vi må regne med at dette i hovedsak skyldes årlige variasjoner i klimatiske forhold på regional eller nasjonal skala. Særlig bra samsvar var det mellom aldersfri bonitet og volumtilvekst, og dette er et viktig resultat for metoden. Det indikerer at aldersfri bonitet fanger opp reelle variasjoner iskogens tilvekst og produksjon. Det kan forklares dels ved at aldersfri bonitet reflekterer høydedimensjonen ved volumtilveksten, men at den også samvarierer med grunnflate-tilveksten. Variasjonen fra år til år i grunnflatetilvekst synes imidlertid å være noe forsinket i forhold til variasjon fra år til år i høydetilvekst og aldersfri bonitet.

Resultatene tyder imidlertid på at variasjonen i aldersfri bonitet overdriver variasjonen i tilvekst. Det var større, relative variasjoner i aldersfri bonitet enn det var i volumtilvekst. Aldersfri bonitet er basert på at trærne i en kortere periode følger en høydeutviklingskurve. Vi kan si at trærne i en kort periode vokser i høyde som om det var en gitt bonitet på stedet. Trærne kan imidlertid ha en annen forhistorie hvor de har fulgt andre høydekurver, og kan da ha et annet volum, eller en annen stammeform, enn det som ville vært tilfellet dersom de hadde fulgt samme høydekurve hele tida. Dette kan være årsaken til at variasjoner i aldersfri bonitet har større utslag enn variasjoner i volumtilvekst. Dette kan være en ulempe, men kanskje kan det også være en fordel for en overvåking av produksjonsevne hvis vi ser det slik at metoden er følsom.

Tidsserier av aldersfri bonitet kan sammenliknes med årringserier for bruk i analyser av klimatiske effekter på skogens vekst. Årringbredder blir gjerne omregnet til årringindekser når man bruker dem til å belyse effekten av klimatiske forhold, og på samme måte kan vi tenke oss at datasett med trehøyder kan omregnes til aldersfri bonitet for bruk i samme typer studier. Her vil tidsseriene med aldersfri bonitet ha den fordelen at det angir en fysisk størrelse, nemlig bonitet, mens årringindekser kun angir relative verdier uten noen enhet. Vi har demonstrert to metoder som gir oss tidsserier med årlige bonitetsverdier, og det er detaljerte undersøkelser på prøvetrær, og en regional aggregering og midling av Landsskogfelt.

Resultatene i prosjektet viser at aldersfri bonitet kan beregnes med en arealbasert metode. På bestandsnivå samsvarer den arealbaserte boniteten tilfredsstillende med aldersfri bonitet

beregnet fra enkelttredata. På 10m x 10m pikselnivå er det en større spredning i bonitetesverdier fra enkelttrebasert og arealbasert metode. Bruk av laser eller bildematchingsdata ser generelt ut til å gi relativt like resultater, men vi fant i denne undersøkelsen at bonitetsverdiene ved bruk av laserdata har et større systematisk avvik enn ved bruk av bildematching. Årsaken til dette er uklar, og er noe som kan undersøkes nærmere.

Aldersfri bonitet er som metode lite følsom for valg av høydekurver. Det var to systematiske forskjeller i bonitetsverdi mellom de to høydemodellene Sharma m.fl. (2011) og Maleki m.fl. (2022), men de var sterkt korrelerte og gav sammenfallende tidstrender for Landsskog-flater. De to høydemodellene var tydelig forskjellige. Når det likevel er bra overenstemmelse mellom dem for aldersfri bonitering, så skyldes det at det er stor forskjell mellom dem for mindre vanlige kombinasjoner av høyde og høydeutvikling. Visuelt sett så har høydemodellene stor forskjell, men det store flertallet av datapunkter vi har ligger i områder hvor kurvene sammenfaller bra. Forskjellen mellom høydemodellene får derfor liten betydning for bruk i aldersfri bonitering, for operasjonell anvendelse med store datasett. For enkeltmålinger på enkelttrær kan det imidlertid bli store forskjeller. I tillegg kommer en systematisk forskjell i bonitetsverdi. Dette er imidlertid bare en systematisk forskjell i bonitetsklasse, mens det ikke betyr en systematisk forskjell i produksjonsevne. Det er foreløpig ikke beregnet produksjonsevne for de nye Maleki-bonitetene.

En ny bonitets-metode skal dekke flere ulike behov, både på kort og lang sikt. Ved bruk av aldersfri bonitet må vi avveie to kriterier mot hverandre. Det er på den ene side ønsket om å ha en oppdatert verdi for bonitet, som gjelder dagens klimatiske forhold. Dette taler for å benytte korte perioder mellom gjentatte høydemålinger. På den andre side har vi ønsket om å ha så lite støy som mulig i bonitetsverdiene, og det taler for å benytte lange perioder. Det finnes ikke noen grense for hva som er minimum periodelengde, fordi det avhenger av størrelsen på målefeilen, skogens faktiske høydevekst, og formålet med boniteringen. For operasjonell bonitering i skogbruksplanlegging og SR16 synes 10 år å være tilfredsstillende, mens ved kortere perioder kan man kombinere aldersfri og konvensjonell bonitetsverdi. Tilfeldige feil kan reduseres ved romlig interpolering over ruter eller pixler. Dette er særlig aktuelt for skogbruksplanlegging med fjernmåling hvor aldersfri bonitet for enkeltpixler på 10 eller 16 m størrelse kan aggregeres til bestandsnivå. For en fortløpende overvåking av bonitet under klimaendringer på Landsskogtakseringens felt kan man bruke fem års perioder, og redusere feil ved aggregering til regionale verdier.

Bruk av aldersfri bonitering har noen begrensninger, men stort sett gjelder de samme begrensningene for konvensjonell bonitering. For det første skal all bonitering gjøres med trær som ikke er presset negativt fra nabotrær, -det vil si at vi må bruke trær fra øvre kronesjikt. Det vanlige er å bruke overhøydetrær. Vi har også sett at trær som har vært undertrykket i lang tid, og så blitt fristilt og nå er i øvre kronesjikt, ikke har en høydevekst på linje med det en skulle forvente. Langvarig undertrykking kan kanskje føre til varige svekkelser i vekstkraft, eller kanskje er det slik at trær med liten vekstkraft kan på et tidspunkt inngå i det øvre kronesjikt. Høydebonitering som metode ble utviklet på 1800-tallet, og var beregnet på estimering av produksjonsevne og tilvekst i ensaldrede monokulturer. I fleraldret skog og blandingsskog har vi dels problemet med at det kan være vanskeligere å finne trær som har fri høydevekst, og dels problemet med at volumtilveksten er vanskelig å estimere ved hjelp av bonitet. I slik skog blir usikkerheten på bonitetsverdiene stor og nytten av bonitet for planleggingen liten. En annen svakhet ved høydeboniteringer at referansealderen i Norge er bare 40 år, og det betyr at i skog som er langt eldre enn 40 år så er vi avhengig av at høydekurvene er gode. Mange land

bruker en høyere referansealder, og da vil bonitering av gammel skog være mindre avhengig av at høydekurvene passer for stedet. Disse begrensningene, eller problemene, gjelder imidlertid både aldersfri og konvensjonell bonitet.

Vi må regne med at klimaendringene vil påvirke skogene vekst og helsetilstand, det vil si endringer i produksjonsevne og skadeomfang. Særlig synes granskogen i lavlandet på Østlandet å ha en økt risiko for negative virkninger. Vi ser i dag i denne delen av landet stort omfang av mekaniske skader av snø og vind, tørkestress særlig etter sommeren 2018, og økt press fra barkbiller. Det er tidligere vist at skogens vekst her er vannbegrenset, noe som vil si at årringbreddene går opp i kjølige og våte somre, mens den går ned i varme og tørre somre (Andreassen m. fl. 2008). I resten av landet er det omvendt. Denne landsdelen er viktig, fordi en stor del av skogressursene i Norge finnes her. Det store spørsmålet er derfor om nedbørmengden om sommeren her vil holde tritt med temperaturøkningen under klimaendringene. Dersom nedbørmengden ikke gjør det, kan vi vente en nedgang i bonitet på grunn av mer tørkestress. Denne studien viser også store utslag på aldersfri bonitet for denne delen av landet de siste 20 år. Vi tolker dette som at klimaendringene på den ene siden har et potensiale til å øke boniteten mye, men dersom det blir mer tørkestress kan boniteten også gå ned. Det kan tenkes at granskogen i denne delen av landet vil være på retrett, og inngå i en såkalt 'trailing edge' for gran i Europa (Honkaniemi m. fl. 2020). Klimaendringene kan også føre til en generell vridning av skogene fra gamle, store trær til mer unge og små trær (McDowell m. fl. 2020), og dette kan i Norge bety en nedgang i gran til fordel for mer ung løvskog.

### **Konklusjoner**

Samlet sett viser resultatene at aldersfri bonitet har et potensial for å brukes i skogbruk i Norge.

En hovedfordel med metoden er at den er velegnet for bruk med fjernmåling, og resultatene viser at både enkelttre-og areal-baserte metoder fungerer, og at både laserskanning og stereo flybilder kan brukes.

Andre fordeler med metoden er at den ikke krever alder som input, og at den er bedre egnet enn konvensjonell bonitet til å fange opp endringer og trender i bonitet som skyldes klimaendringer. Aldersfri bonitering kan for det første brukes som et alternativ til konvensjonell bonitering i skogbruksplanlegging og på det landsdekkende skogressurskartet SR16, og for det andre som et supplement til konvensjonell bonitet på Landsskogtakseringens felt for å overvåke endringer forårsaket av klimaendringer.

Metodens hovedbegrensning er den usikkerheten, eller feilen, som oppstår når man har få år i tilvekstperioden man beregner for. Dette kommer både av målefeil og av tilfeldigheter i værforholdene i perioden. Betydningen av dette avhenger av i hvilken grad beregningsresultater aggregeres,-både i tid med flere perioder og i rom med flere trær eller felt. For den operasjonelle anvendelsen til skogbruksplanlegging og skogressurskartleggingen under SR16 så anbefaler vi å bruke perioder på 10 år eller mer. Situasjonen er at fjernmålingsdata som kan brukes til aldersfri bonitet innsamles hvert 5.-10. år, med laserskanning eller omløpsfotografering. Ved en slik anvendelse er det snakk om lite aggregering, fordi man skal beregne bonitet på bestandsnivå eller 16m pixelnivå.

Resultatene fra våre beregninger viste ganske brukbare estimater sjøl for så korte perioder som femår. Vi må imidlertid regne med at for andre femårs-perioder med mer spesielle værforhold og dersom man bruker ulike fjernmålings-sensorer og -metoder på totidspunkter, så kan feil og usikkerhet på så korte perioder bli for stor. Vi anbefaler for korte perioder å sammenligne med, og eventuelt kombinere med, konvensjonelle bonitetsdata. For overvåking av bonitet på regionalt nivå med Landsskogtakseringen er imidlertid femårs-perioder tilstrekkelig lange fordi man kan aggregere resultater over mange felt.

Fritzøe Skoger har implementert nye bonitetsverdier basert på metodikken i sin nye takst. I snitt førte dette til en økning i forhold til tidligere bonitet på ca 1,8 høydemeter. Fritzøe Skoger vil framover bruke og opparbeide seg erfaring fra nye bonitetsverdier på aggregert nivå og på det enkelte bestand.