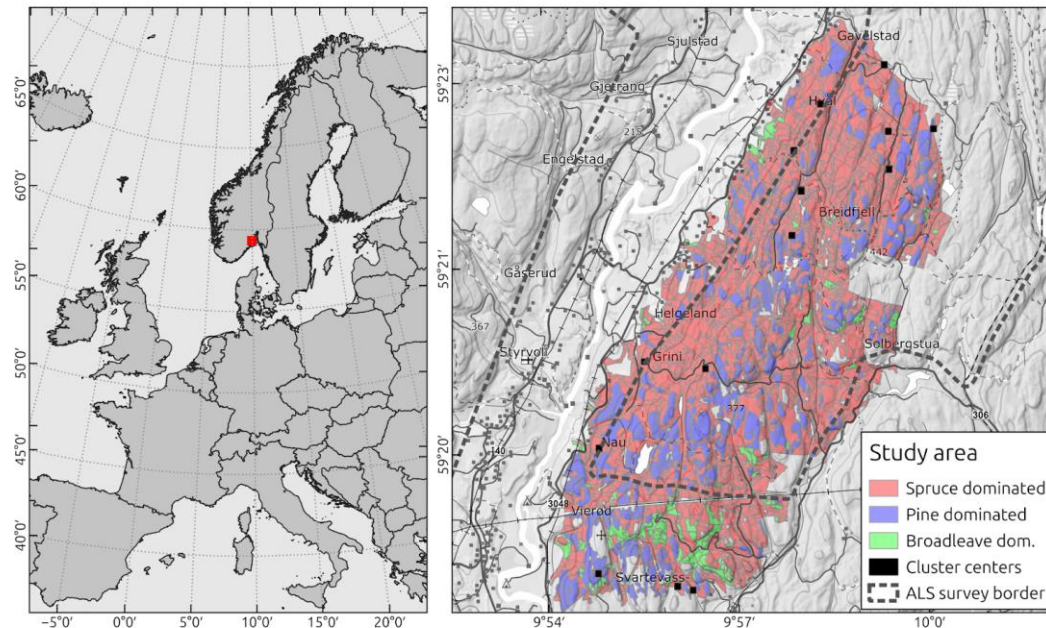


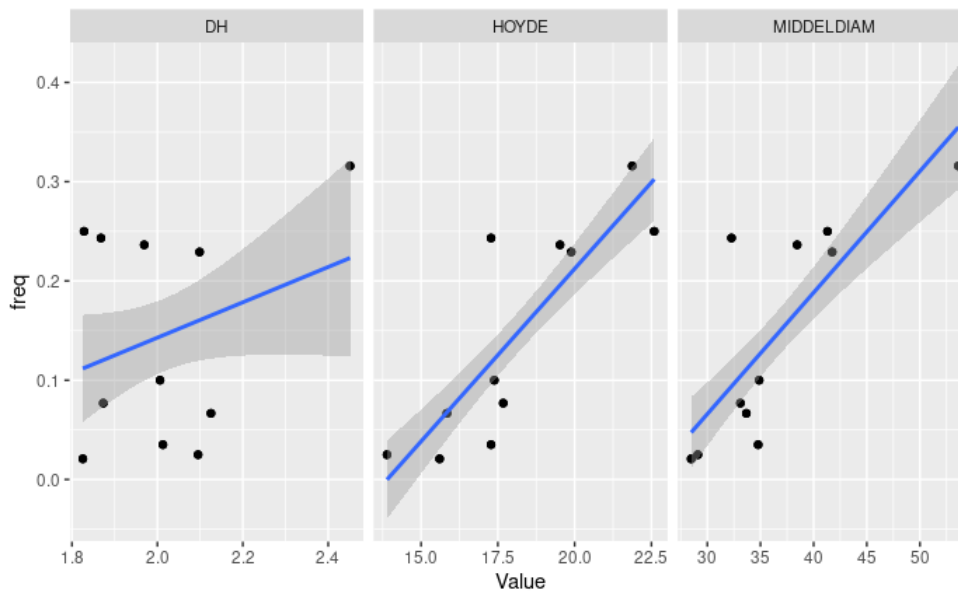
Prosjektets tittel Kartlegging av risiko for kommende barkbilleangrep		Prosjektperiode 2022 - 2024
Ansvarlig for prosjektet Svein Dypsund	Forfatter(e) av publikasjonen(e) Se referanseliste	Nettsted/Litteratur https://www.forestinventory.no/?p=2982
Prosjektleder Hans Ole Ørka	Samarbeidspartnere Viken Skog SA & NMBU	
Finansieringskilder Utviklingsfondet for skogbruket og Skogtiltaksfondet	Totalt bevilget beløp Prosjektet er finansiert med kr 900.000 fra Landbruksdirektoratet (Utviklingsfondet for skogbruket) og kr 900.000 fra Skogtiltaksfondet.	
<p>Hovedmål og delmål</p> <p>Hovedmålet med prosjektet er å etablere verktøy for kartlegging av skog som er utsatt for angrep av granbarkbiller herunder en løpende oppdatering og ajourføring av dette. Prosjektet hadde følgende delmål:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Etablere metodikk for å kartlegge angrepet skog basert på flybilder og bildematching. 2. Undersøke om bruk av satellittbilder med høy romlig og temporal oppløsning kan benyttes for å overvåke utvikling av billeangrep. 3. Evaluere bruk av droner for å fremskaffe treningsdata. 4. Undersøke hvilke bestandsegenskaper som bidrar til økt risiko. 5. Evaluere og teste et dynamisk risikokart som løpende oppdateres basert på fjernmåling og/eller eksisterende bestandsdata. <p>Sammendrag og konklusjon</p> <p>I 2021 økte nivået av granbarkbiller økt for de aller fleste fylker i Norge. Spesielt var det vært en stor økning i Vestfold fylke. Økningen viste at det er et stort behov for å få på plass flere verktøy for kartlegging av skog som er utsatt for angrep av granbarkbiller herunder en løpende oppdatering og ajourføring. Med et slikt verktøy kan vi tap av store verdier unngås da prisen per kubikkmeter for sagtømmer er betydelig høyere enn prisen på tørrgran. Betydelige verdier kan derfor sikres om skog med høy risiko for skade blir avvirket i tide. I det praktiske skogbruket tar det to til tre uker å flytte et hogstlag (hogstmaskin og lassbærer) fra en igangværende drift til et nytt oppdrag. Det betyr at om man oppdager et ferskt billeangrep i stående skog er sjansen lav for å gjennomføre en hogst tidsnok og før skaden er et faktum. Dette aktualisert behovet for utvikling av et risikokart. Igjennom risikokartet kan berørte skogeiere varsles, og verdier vil kunne reddes. Dette prosjektet har evaluert mulighetene for å bruke utvikle et slikt risikokart.</p> <p>Prosjektområdet var lagt til Lardal, i Vestfold fylke. Område er på ca. 26 000 dekar ligger på østsiden av dalen og er dominert av granskog i ulike hogstklasser. I mai og juni 2022 ble det gjennomført et feltarbeid der 42 prøveflater fordelt på 14 klustre. I tillegg til standard informasjon, som diameter og treslag, ble tilstandsklasse og posisjon registret. Fjernmålingsdata ble innsamlet i form av flybilder i i september 2021 før prosjekt start og 2023. Flybildene ble matchet for etablering av punktskyer. Flybilder for 2023 ble prioritert isteden for dronedata for et heldekkende datasett. Videre hentet vi inn høyoppløselige satellittdata fra PlanetScope satellittene fra mai til september for årene 2017 til 2022. I tillegg var laserdata tilgjengelig fra hoydedata.no fra 2017 fra to ulike prosjekter.</p>		



Figur 1. Studieområde, treslagsfordeling, klustere for felddata innsamling og grensen mellom ulike laser prosjekter.

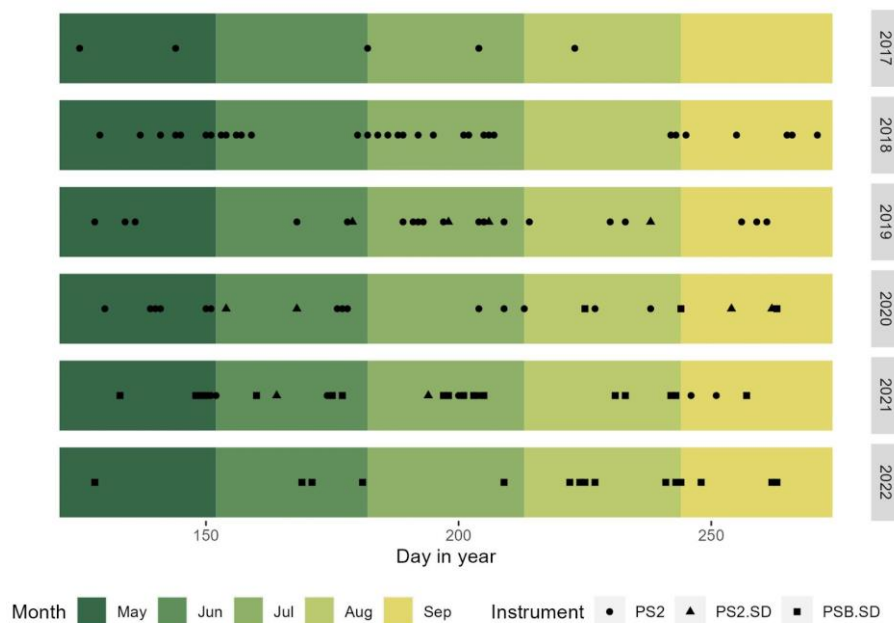
En analyse av felddatasettet viste at andel av antall døde trær i et kluster var sterkt korrelert med diameter og høyde registrert i skogbruksplanen ($r = 0,80$ og $0,84$) (Figur 2). Relasjonen til Diameter-høyde forholdet er mindre ($r = 0,30$) (Figur 2). Noe som indikerte et potensiale for utvikling av et fjernmålingsbasert risiko kart.

For analyse av fjernmålingsdatasettene ble det benyttet segmentert enkeltrær på laserdata fra 2017. Identifisering av enkeltrær har begrensinger da man normalt kun finner de dominerende trærne. Vår hypotese er at en enkelttre tilnærming er nødvendig for å spore endringer i trærnes helsestatus over tid. Ved validering mot feltmålte trær fikk vi resultater som forventet med detektering av ca halvparten av trærne (47.3%) og kun en liten andel "falske trær" (9.6%). Videre ble status på trærne klassifisert basert på feltmålingen gjennomført i 2022. Vi benyttet ulike vegetasjonsindekser beregnet fra flybildene og aggregert til hvert segment. Resultatet ga en moderat klassifikasjonsnøyaktighet. Det var relativt få døde trær i felddatasettet som ble identifisert i enkelttresegmenteringen noe som førte til en ubalansert datasett med mange friske trær og få døde. Vi beregnet balansert nøyaktighet til 64%. Vi testet også en annen tilnærming til å detektere døde trær. Fra flybildene gjennomførte vi annoteringer på synlige døde trær og brukte dette til å trene en dyp læringsmodell for deteksjon av disse i flyfoto fra 2021 og 2023.



Figur 2. Sammenheng mellom andel døde trær på prøveflatene og bestands- egenskapene høyde, middeldiameter og DH-forholdet.

For å etablere tidspunkt for angrep brukte vi høyoppløselige satellittbilder fra Planet med ca 3.5 m oppløsning. Bildene kommer fra en satellittkonstellasjon på ca 120 nanosatellitter som leverer bilder hver dag med ca 3.5 m oppløsning. Vi beregnet vegetasjonsindeks for alle segmenterte trær innen studieområdet fra 2017 til 2022 for månedene mai til september. Totalt 129 bilder som tilfredstilte våre krav til oppløsning, skyer og kvalitet (Figur 3).



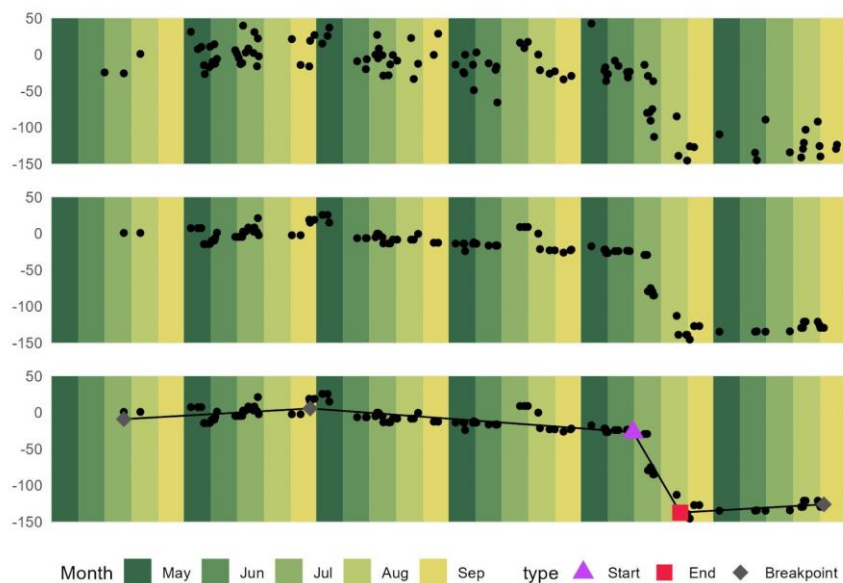
Figur 3. Planet bilder benyttet fordelt på ulike tidspunkt og typer.

For deteksjon av angrepstidspunkt benyttet vi vegetasjonsindeksen NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) og en segment-basert endringsanalyse.

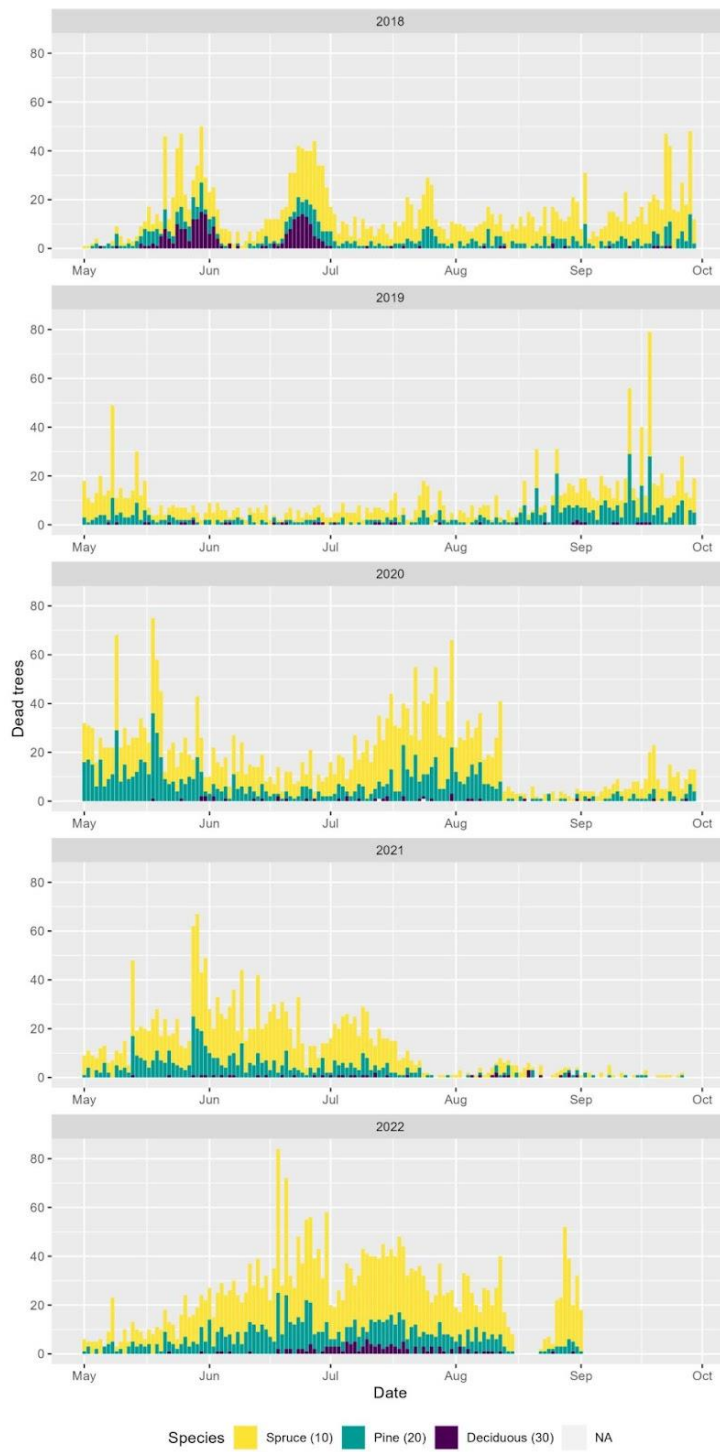
Metodikken er illustrert i figur 4. Først normalisert NDVI observasjoner for et segment basert på verdier fra friske trær (Figur 4, øverst). Videre blir disse filtrert for fjerning av støy (Figur 4, midten)

før en segment basert regresjon benyttes og endringstidspunktet identifiseres (Figur 4, nederst). Av trærne som ble identifisert som døde i 2022 identifiserte vi dødstidspunkt for 67% av disse.

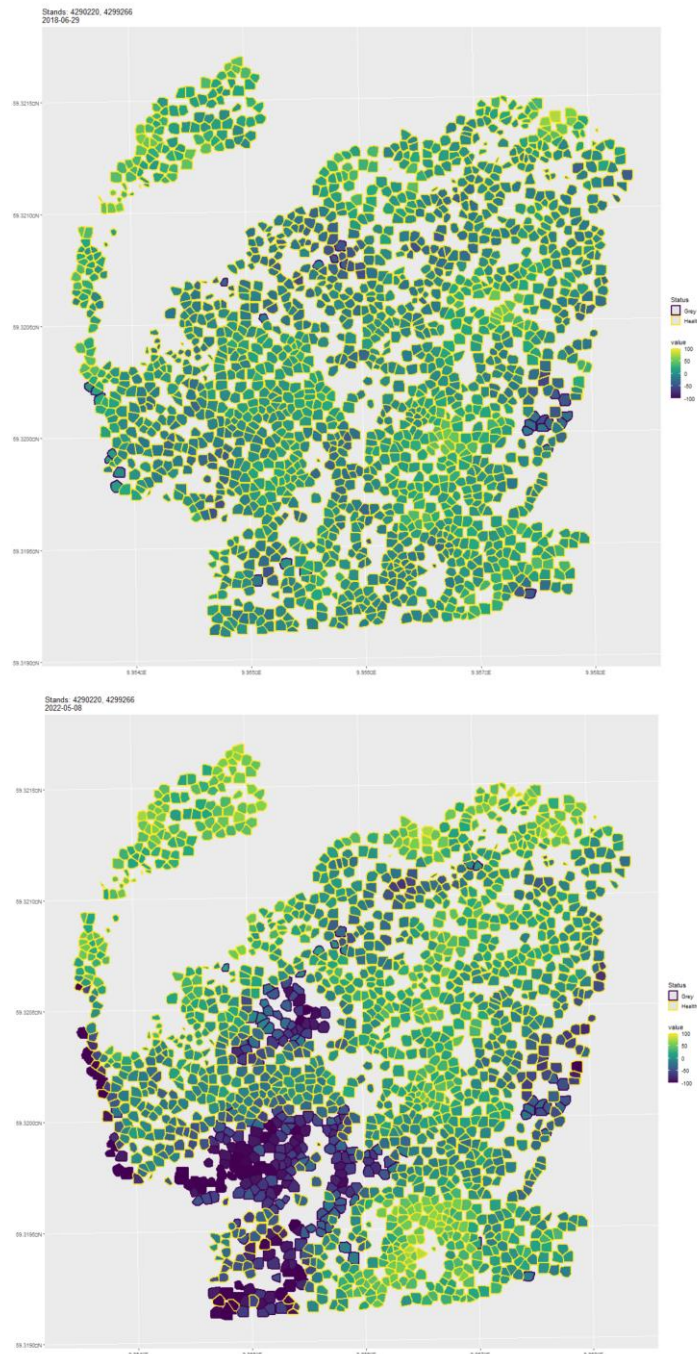
Endringene som er identifisert gir mulighet til å etablere angreps tidspunkt både i tid (Figur 5) og rom (Figur 6). Resultatene fra denne analysen vil bli benyttet for å etablere risiko for barkbilleangrep både med hensyn på enkelttrær og bestand. Logistisk regresjon ble benyttet for å etablere sammenhengene, men resultatene var relativt dårlige. Utvikling av en modell basert på predikerte døde trær fra dyp læringsmodellen ga lovende resultater, men moderate. En logistisk modell basert på middelhøyde, dominerende treslag og avstand fra et detektert dødt tre i 2021 traff moderat godt når modellen ble anvendt på område inndelt i 250 m² beregningsflater med en balansert nøyaktighet på 80% og en kappa verdi på 0.60. Tiltross for dette er sannsynlighetene sentrert rundt gjennomsnittet som gjør at modellen ikke klarer å skille skarpt ut høy risiko, men har mange beregningsflater med middelsrisiko (Figur 7). Beregningsflatene kan benyttes direkte og videre aggregeres til risiko for bestand (Figur 7).



Figur 4. Eksempel på detektering av start og slutt (end) for angrep med en segment basert approach.

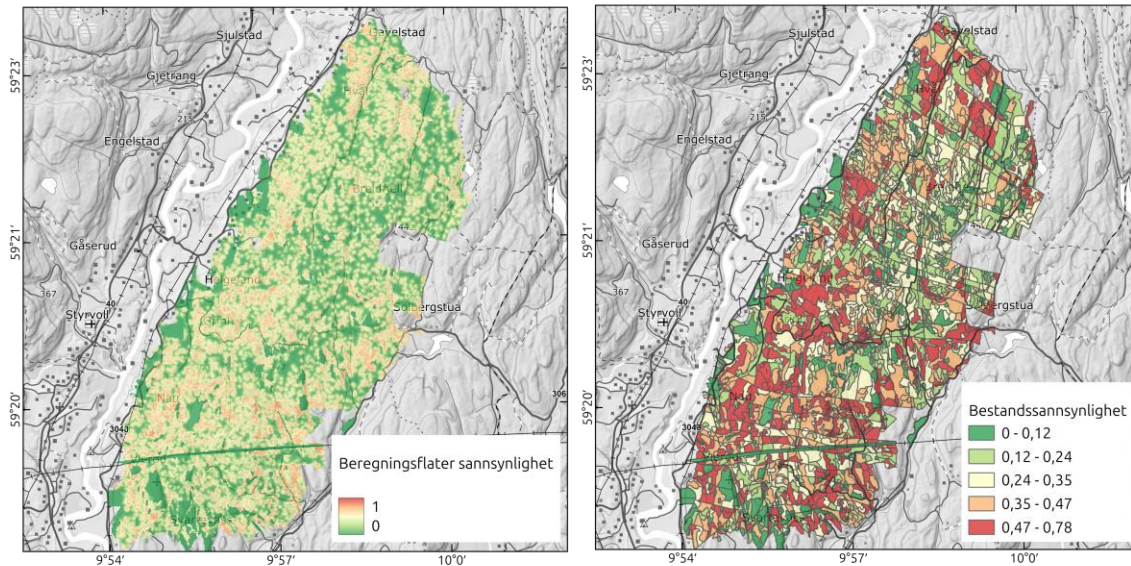


Figur 5: Antall identifiserte døde trær fordelt på tidspunkt og treslag .



Figur 6: Identifiserte døde trær i et bestand 29.06.2018 (øverst) og 08.05.2023 (nederst).

Prosjektet har utviklet metoder for deteksjon av allerede angrepne trær både fra flybilder og satellitt. To ulike tilnærminger ble også benyttet for klassifisering av angrepne trær. En av metodene benyttet feltdata til en referanse klassifisering. Denne har utfordringer med hensyn på trær som ikke er synlige i fjernmålingsdata og således fører til feilklassifisering motsatt vil annotering av flybilder eventuelt dronedata fører til tilsvarende optimistiske resultater. I prosjektet var det også utfordringer knyttet til feltregistreringer, utvikling av metoder på enkeltre nivå krever posisjonering av trær i felt noe som er svært tidkrevende og setter store krav til at registreringer blir gjort samvittighetsfullt og nøyaktig. Annoteringer er tilsammenligning relativt raskt å hente inn og det kan enklere innarbeides kontrollrutiner. De to utviklede metodene som la grunnlaget for risikomodellen er forskjellige både med hensyn på datagrunnlag for trening



(feltdata vs. Annoteringer) og fjernmålingsdata (Planet vs. Flybilder). Prosjektet har ikke analysert effektene av ulikt datagrunnlag på sluttproduktet, men dette bør gjøres før en eventuelt implementering for et større område.

Figur 7. Risikokart for barkebiller på beregningsflate nivå (venstre) og bestandsnivå (høyre).

Prosjektet har etablere metodikk for å kartlegge angrepet skog basert på flybilder og bildematching både basert på tradisjonelle feltdata, men også via annotering og dyplæring. De to metodiske tilnærmingen har ulike fordeler og ulemper, men ga tilsvarende resultat, for storskala implementering vil nok en dyplæringsimplentering gi størst fordeler. Bruk av satellittbilder med høy romlig og temporal oppløsning kan benyttes for å overvåke utvikling av billeangrep med moderatnøyaktighet. I prosjektet ble det innsamlet data fra fly isteden for bruk av drone da selskapet som skulle fly drone ikke klarte å gjennomføre flyvningene. Undersøkelse av både feltdata og fjernmålte deteksjoner av angrep viser tydelig at middelhøyde og middeldiameter er viktige bestandegenskaper for å forklare risiko for barkbille angrep. En lokalt tilpasset dynamisk risikomodell er utviklet med moderat nøyaktighet. Modellen baserer seg på avstand fra nærmeste detekterte angrepet tre samt middelhøyde og dominerende treslag.

Referanseliste - Publikasjoner fra prosjektet

Ørka, H. O., Bollandsås, O. M., Næsset, E., Dypsund, S., & Gobakken, T. (2022). Feltinstruks - Kartlegging av risiko for kommende barkbilleangrep. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.14615779>

Ørka, H.O., Gobakken, T., & Wold, J., (manuscript draft). Mapping the risk of future bark beetle attacks aided by remote sensing.