

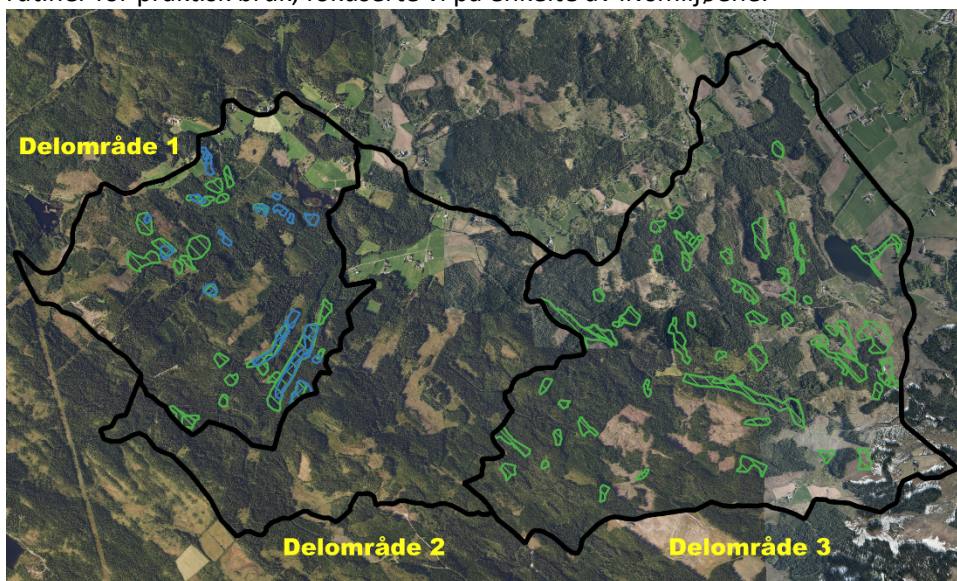
Prosjektets tittel <b>PreMiNa - Evaluering av fjernanalysedata som forhåndsinformasjon ved MiS-kartlegging etter NiN</b>		Prosjektperiode 2018 - 2021
Ansvarlig for prosjektet Geir Korsvold	Forfatter(e) av publikasjonen(e) Se referanseliste	Nettsted/Litteratur <a href="https://www.forestinventory.no/?p=1774&amp;lang=NO">https://www.forestinventory.no/?p=1774&amp;lang=NO</a>
Prosjektleder Hans Ole Ørka	Samarbeidspartnere Glommen Mjøsen Skog, Allskog SA, AT Skog SA, NORSKOG, Statskog, (Vestskog SA nå AT skog), Viken Skog SA, Terratec AS	
Finansieringskilder Utviklingsfondet for skogbruket og Skogtiltaksfondet	Totalt bevilget beløp Prosjektet er finansiert med kr 500.000 fra Landbruksdirektoratet (Utviklingsfondet for skogbruket) og kr 400.000 fra Skogtiltaksfondet.	
Hovedmål og delmål Hovedmålet i prosjektet var å evaluere nytten av å bruke fjernanalysedata som forhåndsinformasjon ved Miljøregistreringer i skog (MiS), slik at feltarbeidet blir så effektivt og målrettet som mulig. Prosjektet hadde følgende delmål: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Evaluere mulighetene for å benytte forhåndsinformasjon fra eksisterende kartdata og fjernmåling for identifikasjon av MiS-livsmiljø.</li> <li>2. Evaluere mulighetene for å benytte forhåndsinformasjon for identifikasjon av MiS-livsmiljø ved å kombinere referansedata, kartdata og ulike fjernmålingsdata.</li> <li>3. Evaluere mulighetene for å justere inngangsverdiene for MiS-livsmiljøer ved hjelp av eksisterende kartdata og fjernmåling.</li> <li>4. Evaluere mulighetene for å etablere utvalgte registreringsvariabler for MiS-livsmiljøer ved hjelp av fjernmåling.</li> <li>5. Vurdere alternativer for kostnadseffektiv bruk av fjernmåling i MiS- og NiN-kartlegginger og gi konkrete anbefalinger for hvordan fjernmålingsdata kan brukes i framtidige kartleggingsoppdrag.</li> </ol>		
Kort sammendrag Miljøregistreringer i skog (MiS) er et registreringsopplegg utviklet for å finne livsmiljøer i skog av spesiell viktighet for rødlistede arter. I registreringsmetodikken for MiS er det 12 livsmiljø som registreres i tilknytning til skogbruksplanleggingen. Skogbruksplanlegging i Norge baserer seg i dag i all hovedsak på såkalt lasertakst, der en viktig del av datagrunnlaget kommer fra fjernmåling, slik som flybilder og flybåren laserscanning. MiS-kartleggingen derimot er hovedsakelig basert på feltarbeid, og utnytter i mindre grad den informasjon som måtte finnes i fjernmålte data, som skogbruket er blitt flinke til å nyttig gjør seg. Dette prosjektet har evaluert mulighetene for å bruke fjernanalysedata som forhåndsinformasjon ved MiS, slik at feltarbeidet blir så effektivt og målrettet som mulig.		
Prosjektområdet var lagt til Honne, i Gjøvik kommune i Innlandet. Område er på ca. 16 000 dekar og er dominert av granskog i ulike hogstklasser. I september 2017 ble det gjennomført et koordinert feltarbeid basert på MiS metodikken. Av de 12 livsmiljøene som skal registreres i MiS, ble åtte funnet i studieområdet. Prosjektet fokuserte på et utvalg av disse. I tillegg til MiS-kartleggingen, ble det samlet inn data fra 40 prøveflater etter ordinær instruks. Fjernmålingsdata med flybåren laserscanning (FLS) og til hyperspektrale sensorer ble samlet inn sommeren 2018.		
Vi etablerte kart med forhåndsinformasjon om stående død ved, ved å benytte prøveflatemålinger fra skogtaksering. Hovedideen var at slik informasjon er tilgjengelig i ordinære skogtakster. Resultatene viste at mellom 18 % og 42 % av områdene identifisert med stående død ved stemte		

overens med feltregistreringen av livsmiljøet stående død ved. En utfordring var å skille på gode og dårligere modeller kun ved å benytte prøveflatemålingene, metodikken forutsetter derfor at ekstra prøveflater samles inn. Prosjektet anbefaler derfor ikke å benytte denne metoden. For å komme rundt utfordringene, benyttet vi en trebasert tilnærming og for praktisk bruk anbefaler vi denne metoden for å lage kart med forhåndsinformasjon. Den trebaserte metodikken ble videre tilpasset inngangsverdiene direkte mhp. avstand og brysthøydiameter. Videre ble det i prosjektet utviklet automatiserte metoder basert på flybåren laserscanning for å identifisere livsmiljøer knyttet til landform, dvs. bergvegger og bekkekløfter. For slike livsmiljøer så vi store forskjeller i feltregistreringene gjennomført av to ulike kartleggingsfirmaer. Vi fant at fjernmåling bidrar til å produsere forhåndsinformasjon som kan redusere feil knyttet til lokalisering og minimere subjektivitet. Livsmiljøene vi fant automatisk, viser høye deteksjonsrater, dvs. at nær alle livsmiljøene som er registrert i felt finnes vha. fjernmåling. Basert på den samlede informasjonen, kan vi lage kart med forhåndsinformasjon som kan tas med i felt på nettbrett eller liknende. I felt kan foreslåtte polygoner aksepteres, slettes eller redigeres.

Hovedutfordringen i analysene har vært felldata med lav kvalitet. En objektiv validering av nøyaktigheten blir derfor begrenset og omfanget av nytten ved bruk av fjernmåling blir vanskelig å vurdere. Likevel viser de store forskjellene i feltkartleggingen mellom de to firmaene at det er behov for metoder og verktøy som gjør resultatet mindre subjektivt og mer presist. Metodene som er utviklet, er ikke spesielt avanserte og bør kunne gjennomføres relativt enkelt i operasjonell MiS-kartlegging. Dermed kan disse metodene bidra til å overkomme noen av de begrensningene som er knyttet til dagens felt-baserte praksis.

### Materiale og metode - arbeidet som er utført i prosjektet

Prosjektområdet var lagt til Honne, i Gjøvik kommune i Innlandet. Område er på ca. 16 000 dekar og er dominert av granskog i ulike hogstklasser. I september 2017 ble det gjennomført et koordinert feltarbeid basert på både MiS og Miljødirektoratets sitt opplegg for kartlegging av naturtyper av nasjonal forvaltningsinteresse i området. Landbruksdirektoratet koordinerte dette arbeidet, og det ble finansiert utenfor dette prosjektet. Området ble delt inn i tre ulike delområder og det ble gjennomført en fullstendig kartlegging av to ulike firma som fulgte enten instruks for MiS eller Miljødirektoratets naturkartlegging (Figur 1). I delområde 1 på ca. 4 000 dekar, gjennomførte begge firma kartlegging etter MiS. I delområde 2, også på 4 000 dekar, ble det kartlagt etter instruks for naturtypekartlegging. Endelig ble det resterende arealet (8 000 dekar) gjenstand for kartlegging etter den metodikken kartleggerne baserer seg på til vanlig (MiS eller naturtypekartlegging). Dette prosjektet har fokusert på kartleggingen fra MiS og Tabell 1 summerer opp antall livsmiljøer og areal av disse. Av de 12 livsmiljøene som skal registreres i MiS, ble åtte funnet i studieområdet. Med utgangspunkt i antall og arealfordelingen av livsmiljøer, samt en antatt mulighet for å etablere gode rutiner for praktisk bruk, fokuserte vi på enkelte av livsmiljøene.



Figur 1. Oversikt over studieområder og registreringer etter MiS-instruks av firma A (grønn) og firma B (blå). I delområde 1 ble det gjort registreringer av begge firma mens i delområde 3 ble det kun gjort registreringer av firma A.

I tillegg til MiS-kartleggingen, ble det samlet inn data fra 40 prøveflater på 250 m<sup>2</sup>. Datainnsamlingen fulgte standard takstinstruks som benyttes i normale skogbruksplantakster, med tillegg av registreringer av døde trær. Utgangspunktet for dette var å undersøke i hvilken grad slike feltregistreringer kan benyttes for å fremskaffe forhåndsinformasjon om livsmiljøer. Det bli gjort registreringer av diameter, treslag, om treet var død eller levende, samt gjort høydemålinger på utvalgte prøvetrær. Det ble også tatt borprøver for bestemmelse av alder og bonitet. Videre gjorde feltarbeideren en vurdering av MiS-livsmiljøer knyttet til flaten på 250 m<sup>2</sup>. Flatesentrum ble posisjonert med differensiell GNSS. Tabell 2 gir et sammendrag av feltmålingene.

Tabell 1. Oversikt over antall (#) og areal (dekar) av livsmiljøer for ulike delområder og firma.

#	Livsmiljønavn	Del 3 – Firma A		Del 1 – Firma A		Del 1 – Firma B	
		#	Areal	#	Areal	#	Areal
1	Stående død ved	21	193	15	129	13	112
2	Liggende død ved	37	373	17	123	12	92
3	Rikbarkstrær	2	0	1	0	0	0
4	Trær med hengelav	0	0	1	15	3	13

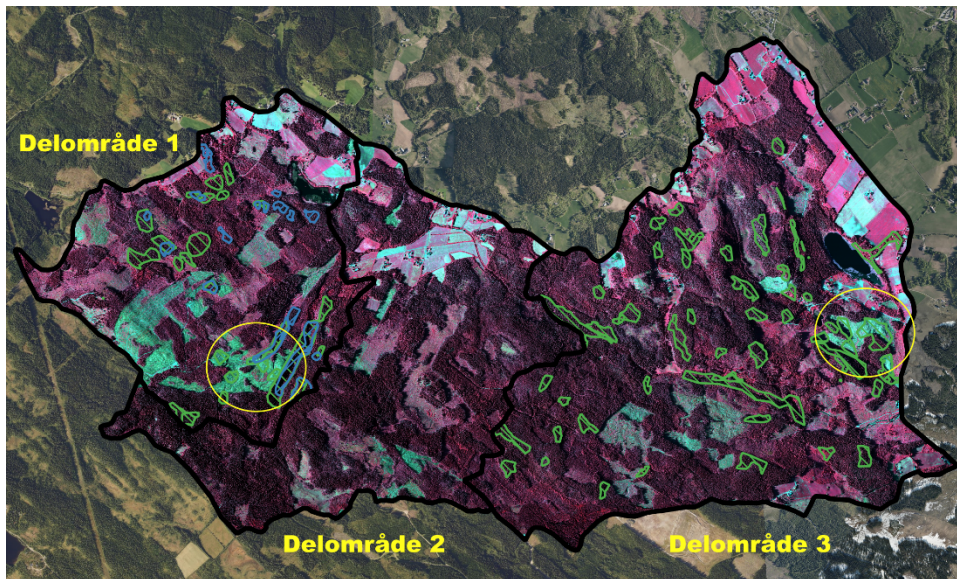
5	Eldre lauvsuksesjon	5	46	0	0	1	9
6	Gamle trær	4	30	0	0	0	0
7	Hule trær	0	0	0	0	0	0
8	Brannflate	0	0	0	0	0	0
9	Rik bakkevegetasjon	2	18	3	20	0	0
10	Bergvegg	6	35	0	0	3	0
11	Leirravine	0	0	0	0	0	0
12	Bekkekløft	3	77	2	82	1	20
Totalt							

Tabell 2. Sammendrag av prøveflatemålinger<sup>a</sup>

Egenskap	Min - Maks	Gjennomsnitt	Standardavvik
<b>Levende trær</b>			
$h_L$ (m)	11.53 – 23.60	19.41	2.85
$h_{dom}$ (m)	15.94 – 27.25	22.87	3.02
$N$ (ha <sup>-1</sup> )	360 – 1760	891	356.62
$G$ (m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> )	16.13 – 63.59	37.84	11.61
$V$ (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	127.3 – 622.8	340.3	129.62
<b>Døde trær</b>			
$h_{L\ død}$ (m)	0.00 – 16.82	9.19	5.76
$h_{dom\ død}$ (m)	0.00 – 16.68	9.45	5.91
$N_{død}$ (ha <sup>-1</sup> )	0 – 560	125	124.26
$G_{død}$ (m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> )	0.00 – 11.65	3.10	3.11
$V_{død}$ (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	0.00 – 80.01	19.07	19.83

<sup>a</sup>  $G$  = grunnflate,  $h_L$  = middelhøyde,  $h_{dom}$  = overhøyde,  $N$  = treantall,  $V$  = volum.

Det ble samlet inn data med flybåren laserscanning (FLS) i tillegg til hyperspektrale data den 5. og 15. juli 2018. Det ble benyttet et fly som fløy med en hastighet på 67 m/s og en flyhøyde på 900 m over bakkenivå. For innsamling av laserdata ble det benyttet en Leica ALS70-HP sensor, med en pulsrate på to ganger 218,6 kHz og en skannevinkel på  $\pm 20^\circ$ . Den ble fløyet med en sideoverlapping på 44 % og det ble registrert opptil fire returer per puls, noe som resulterte i en gjennomsnittlig punkttetthet på 7,1 punkt m<sup>-2</sup>. De hyperspektrale dataene ble samlet inn med to HySpex-sensorer, VNIR-1800 og SWIR-384, som opererer i den synlige og nær-infrarøde (VNIR) og SWIR-delen av det elektromagnetiske spekteret, henholdsvis mellom 400 og 1000 nm, og 930 og 2500 nm. VNIR-bildene var sammensatt av 186 spektralbånd med en romlig oppløsning på 0,3 m, mens SWIR-bildene hadde 288 bånd og en oppløsning på 0,7 m. FLS data og hyperspektrale data viste at noen av de registrert livsmiljøene var avvirket mellom september 2017 og flygningen sommeren 2018 (Figur 2).



Figur 2. Infrarød gjengivelse av hyperspektrale data for studieområdet, samt visning av livsmiljø som ble tatt ut av studien pga. hogst (gule sirkler).

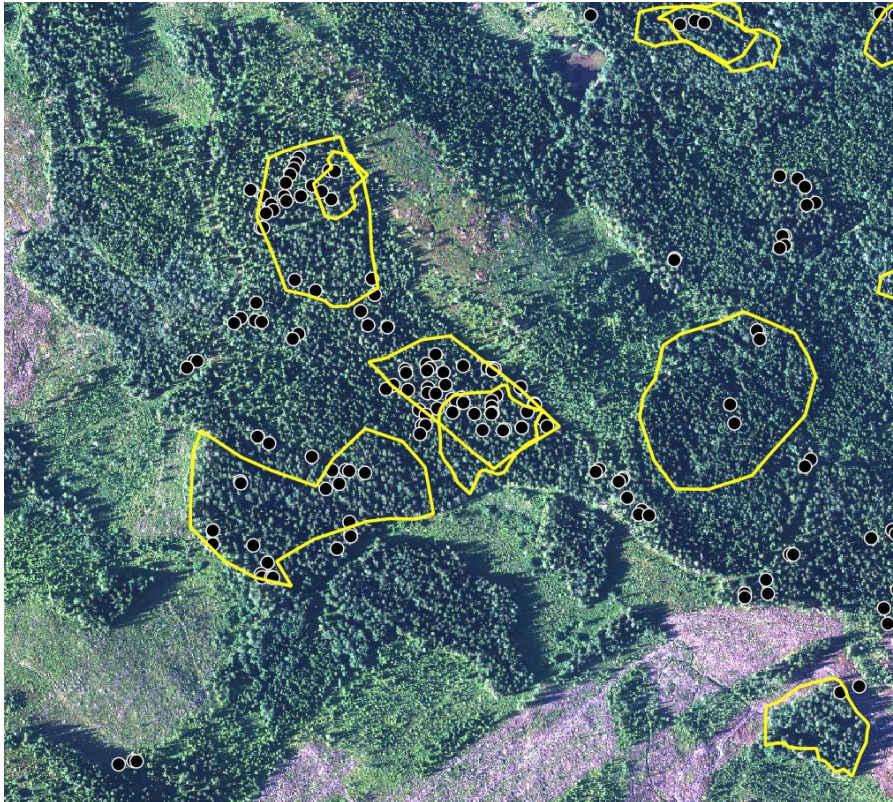
### Resultater og diskusjon - En kort beskrivelse av hva prosjektet har funnet eller oppnådd

En masteroppgave gjorde innledende undersøkelse med bruk av hyperspektrale data og klassifisering av ulike livsmiljø med maskinlæring (Pedersen 2019) (Delmål 1, 2 og 5). En slik direkte klassifisering ga mindre gode resultater og det ble i det videre arbeidet fokusert på enkelte av livsmiljøene.

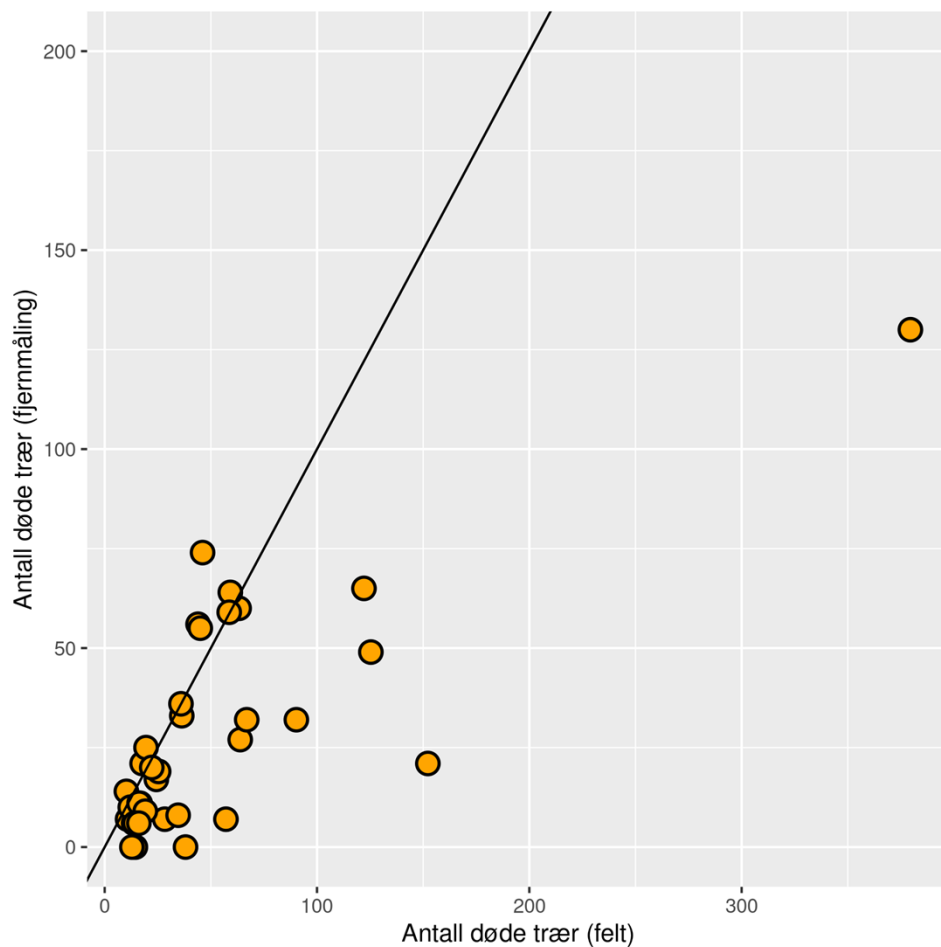
Muligheten for å etablere kart med forhåndsinformasjon om stående død ved, ved å benytte prøveflatemålinger fra skogtaksering, ble evaluert (Delmål 2 og 5). Hovedideen var at slik informasjon kunne fremskaffes ved å bruke ordinære takstmetoder, dvs. den arealbaserte metodikken som benyttes når man etablerer skogbruksplaner basert på fjernmålingsdata. De enkelte feltflatene ble klassifisert som "dødvedflater" eller "ikke dødvedflater" ved bruk av grunnflaten av stående død ved. Sannsynlighet for stående død ved ble predikert ved hjelp av logistisk regresjon sammen med variabler fra FLS data og hyperspektrale vegetasjonsindekser (Jutras-Perreault, innsendt manuskript). Inndelingen av prøveflater ut fra grunnflaten med stående død ved avviker fra instruksen som baserer seg på avstand mellom trær med en gitt minste diameter. Vi valgte derfor terskelverdier som var tilpasset disse kriteriene (Delmål 2). Mellom 18 % og 42 % av prediksjonene av områder med stående død ved stemte overens med feltregistreringen av livsmiljøet. Denne metodikken produserte i enkelte tilfeller et godt resultat, men en begrenset mengde prøveflater gjorde at det ikke var mulig å velge modeller som ga god nøyaktighet. Det var derfor ikke mulig å skille på gode og dårligere modeller ut fra begrensninger i tilgjengelig referanseinformasjon. For å benytte en slik metode må derfor prøveflater samles inn separat for dette formålet, noe som vil føre til ekstra kostnader. Prosjektet anbefaler derfor ikke å benytte en slik arealbasert metode direkte eller alene.

For å komme rundt utfordringene med begrensede referansedata, evaluerte prosjektet en trebasert tilnærming (Delmål 1, 2, 3 og 5). Vi gjennomførte identifisering av treetopper, dvs. dominerende trær, i FLS data. Videre etablerte vi diameter i brysthøyde basert på en lokal kalibrert diameter-høyde modell. På denne måten kunne grunnflaten til dominerende trær bestemmes. Videre bestemte vi om trærne var døde eller levende basert på en hyperspektral vegetasjonsindeks. Også her benyttet vi grunnflaten som parameter i etablering av områdene. Fordelen med denne metoden framfor den arealbasert, var at også områder med mindre ansamlinger av død ved ble detektert. For en praktisk bruk i framstilling av forhåndsinformasjon anbefaler vi derfor denne tilnærmingen og kombinasjonen av prøveflatemålinger og tredeksjon (Jutras-Perreault et al., innsendt manuskript).

Den tre basert metodikken ble videre tilpasset inngangsverdiene direkte mhp. avstand og brysthøydiameter (Delmål 3, 4 og 5). Tretopper ble identifisert og klassifisert etter treslag og om de var døde med et fototolket sett med tretopper. Brysthøydiameter ble beregnet fra tilgjengelige prøvetrær og til slutt ble avstand mellom trær som tilfredstilte kravet til diameter beregnet (Figur 3). På denne måten kan antall stående døde trær innenfor et livsmiljø beregnes (Figur 4). Det er også aktuelt at informasjonen benyttes som forhåndsinformasjon ved feltkartleggingen. Vi evaluerte også ulike fjernmålte datakilder i denne metodikken slik som ordinære flybilder og satellittdata (Jutras-Perreault et al., manuskript under arbeid) (Delmål 1, 2, 3, 4 og 5).



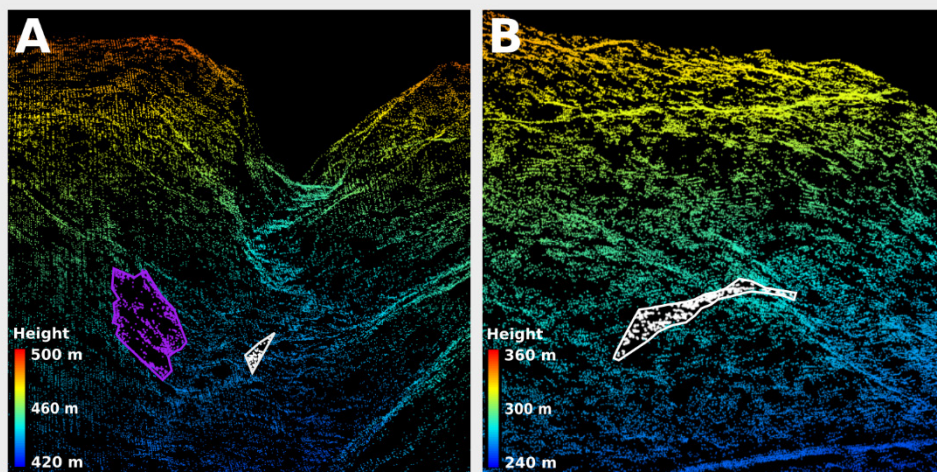
*Figur 3. Livsmiljøer med stående død ved (gult) og identifiserte døde trær med en diameter i brysthøyde > 30 cm og som har en innbyrdes minimumavstand på 25 m (svarte punkt).*



Figur 4. Livsmiljøer med stående død ved og antall døde trær registrert i felt og med fjernmåling. For livsmiljø 1 og 11 er feltverdien korrigert for feil, vi antar også at livsmiljø 36 er en feilregistrering i felt, men har ingen holdepunkter for å gjøre endringer.

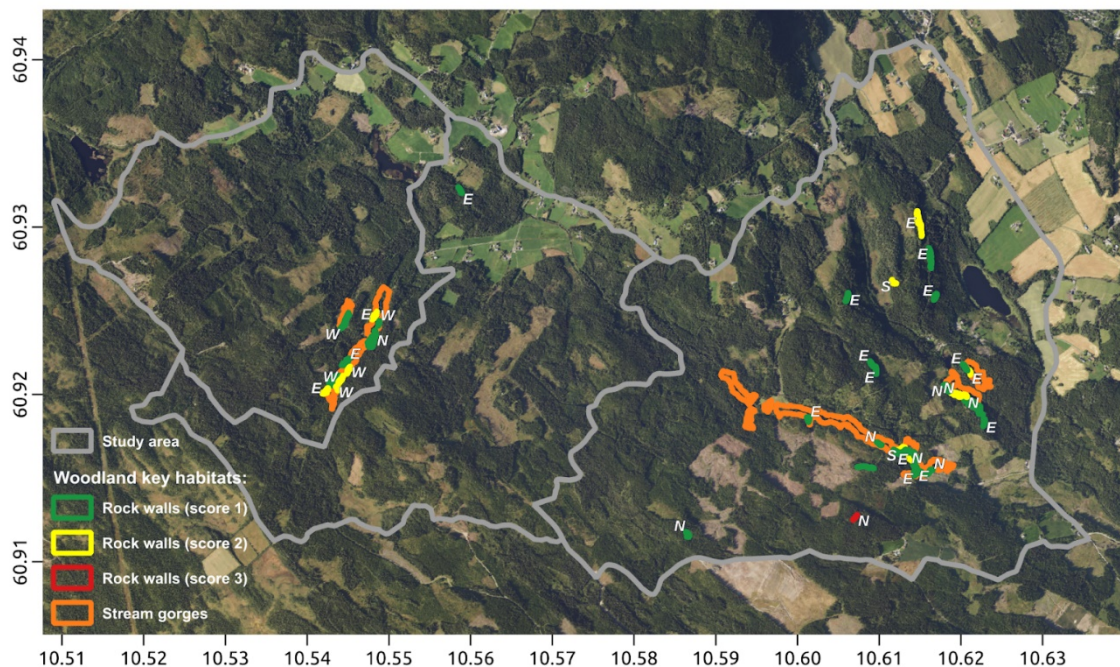
Livsmiljøer knyttet til ulike landformer har et høyt potensial for identifisering ved hjelp av fjernmåling. Gjenkjenning av livsmiljøer knyttet til landform bør være enkelt å få til i praksis da det finnes tilgjengelige FLS data for store deler av det skogdekte Norge som beskriver terrenget godt. I prosjektet utviklet vi automatiserte metoder som bruker FLS data for å avgrense livsmiljøer knyttet til landform, dvs. bergvegger og bekkekløfter (Ørka m.fl. 2022). Metodene ble sammenlignet med feltmålingen i studieområdet (Delmål 1, 3 og 5). For livsmiljøer knyttet til bergvegger og bekkekløfter så vi store forskjeller mellom de to kartleggingsfirmaene. Det var også tydelig at det fantes ulike feilregistreringer og at det er stor grad av subjektivitet og unøyaktighet knyttet til registreringen som gjøres i felt (Figur 5) (Ørka m.fl. 2022). Dette kan f.eks. knyttes til dårligere GPS-dekning i områder der bergvegger og bekkekløfter forekommer. Fjernmåling bidrar til å produsere forhåndsinformasjon som kan redusere feil knyttet til lokalisering og minimere subjektivitet. FLS-data kan redusere denne feilen på en kostnadseffektiv måte. Livsmiljøene vi fant automatisk, viser høye deteksjonsrater, dvs. at nær alle livsmiljøene som er registrert i felt finnes vha. fjernmåling. Men vi finner også mange lokaliteter som ikke er identifisert i felt, dvs. falske positive. Dette er lokaliteter vår metode mener det kan være aktuelt livsmiljø. Det kan være flere årsaker til slike avvik, men det er vanskelig å gi dette en mer presis vurdering grunnet det store avviket som allerede er til stede mellom de to firmaene. Et viktig punkt kan være at man i felt gjør andre vurderinger av skogforholdene i tillegg til kriteriene vi har benyttet i den automatiske deteksjonen. Det ble også påvist at det mangler et krav til lengde i definisjonen av livsmiljøet bergvegg i registeringsveilederen. Tydelige kriterier er viktig for å gjennomføre automatisk gjenkjenning av livsmiljøer. I studien

oppnådde vi en deteksjonsrate på 100% (dvs. alt livsmiljø ble funnet), men en andel falske positive på 25%.



Figur 5. Eksempel på feil i feltregistreringene av bergvegger. Feltregistreringer er vist i hvitt, mens automatisk deteksjon er vist i lilla. Andre farger representerer høyde over havet. A: feillokalisering av feltregistrering med 15 – 20 m. B: et område uten tilfredsstillende terrengform for bergvegg.

Prosjektet utviklet metoder for å inkludere registreringsvariabelen helningsretning (Delmål 3 og 4). Sammenlignet med feltregistreringen antydte resultatene at metodikken fungerte godt, men det var noe avvik som kan skyldes at kartleggeren i felt gjorde andre vurderinger av skala og omgivelser enn de som direkte var knyttet til innsamlede FLS-data. Basert på den samlede informasjonen, kan vi lage kart med forhåndsinformasjon som kan tas med i felt på nettbrett eller liknende (Figur 6). I felt kan foreslåtte polygoner aksepteres, slettes eller redigeres.



Figur 6. Eksempel på forhåndsinformasjon for livsmiljøene bergvegger og bekkekløfter.

### Konklusjon - prosjektets hovedfunn

Prosjektet har utviklet demonstrert og testet forhåndsinformasjon for utvalgte MiS figurer; stående død ved, bekkekløfter og bergvegger, samt registreringsvariablene antall døde trær og

helningsretning. Hovedutfordringen i analysen har vært svært dårlige feltdata. Kartleggingen i felt gjennomført av to ulike firma viser store forskjeller, og en objektiv validering av nøyaktigheten blir derfor begrenset og omfanget av nytten ved bruk av fjernmåling blir vanskelig å vurdere.. Likevel viser de store forskjellene at det er et stort behov for metoder og verktøy som gjør arbeidet mindre subjektivt og mer presist. Metodene som er utviklet, er ikke spesielt avanserte og bør kunne gjennomføres relativt enkelt i operasjonell MiS-kartlegging. Således kan disse metodene bidra til å overkomme noen av de begrensningene som er knyttet til dagens felt-baserte praksis.

**Referanseliste - Publikasjoner fra prosjektet** – (Kursiv er relaterte publikasjoner)

Jutras-Perreault M.-C., Næsset E., Gobakken T., Ørka, H.O. (sendt inn til Scandinavian Journal of Forest Research). Detecting the presence of deadwood using remotely sensed data.

Jutras-Perreault M.-C., Gobakken T., Dalponte, M., Næsset E., Ørka, H.O. (manuskript under arbeid). Tree-based approach to detect the presence of deadwood using remotely sensed data.

Lindsköld, G., 2019. Luftburen laserskanning för identifiering av ansamlingar med grov död ved. Master thesis, Norwegian University of Life Sciences, Ås. <http://hdl.handle.net/11250/2607917>

Ørka, H.O., Jutras-Perreault, M.-C., Candelas-Bielza, J., Gobakken, T., 2022. Delineation of Geomorphological Woodland Key Habitats Using Airborne Laser Scanning. Remote Sensing 14, 1184. <https://doi.org/10.3390/rs14051184>

Pedersen, J.H., 2019. Mapping forest key habitats using machine learning and remote sensing data. Master thesis, Norwegian University of Life Sciences, Ås. <http://hdl.handle.net/11250/2605999>

Skeie, M.F., 2019. Er skogkartlegging med flybåren laser en mer hensiktsmessig måte for å finne områder med naturskog, enn Natur i Norge (NiN)'s naturskogkriterier? : en gjennomgang av to metoder for å skille gammel plukkhogd skog fra gammel flatehogd skog. Master thesis, Norwegian University of Life Sciences, Ås. <http://hdl.handle.net/11250/2625374>