

743 Arealrepresentativ overvåking basert på fjernanalyse

NINA Rapport

Flyfototolkning i fjell og myrnatur

Lars Erikstad
Geir-Harald Strand
Frode Bentzen
Arnt-Børre Salberg



NINAs publikasjoner

NINA Rapport

Dette er en elektronisk serie fra 2005 som erstatter de tidligere seriene NINA Fagrapport, NINA Oppdragsmelding og NINA Project Report. Normalt er dette NINAs rapportering til oppdragsgiver etter gjennomført forsknings-, overvåkings- eller utredningsarbeid. I tillegg vil serien favne mye av instituttets øvrige rapportering, for eksempel fra seminarer og konferanser, resultater av eget forsknings- og utredningsarbeid og litteraturstudier. NINA Rapport kan også utgis på annet språk når det er hensiktsmessig.

NINA Temahefte

Som navnet angir behandler temaheftene spesielle emner. Heftene utarbeides etter behov og serien favner svært vidt; fra systematiske bestemmelsesnøkler til informasjon om viktige problemstillinger i samfunnet. NINA Temahefte gis vanligvis en populærvitenskapelig form med mer vekt på illustrasjoner enn NINA Rapport.

NINA Fakta

Faktaarkene har som mål å gjøre NINAs forskningsresultater raskt og enkelt tilgjengelig for et større publikum. De sendes til presse, ideelle organisasjoner, naturforvaltningen på ulike nivå, politikere og andre spesielt interesserte. Faktaarkene gir en kort framstilling av noen av våre viktigste forskningstema.

Annen publisering

I tillegg til rapporteringen i NINAs egne serier publiserer instituttets ansatte en stor del av sine vitenskapelige resultater i internasjonale journaler, populærfaglige bøker og tidsskrifter.

743 Arealrepresentativ overvåking basert på fjernanalyse

Flyfototolkning i fjell og myrnatur

Lars Erikstad
Geir-Harald Strand
Frode Bentzen
Arnt-Børre Salberg



skog+
landskap

NORSK INSTITUTT FOR
SKOG OG LANDSKAP



Erikstad, L., Strand, G.H., Bentzen, F. & Salberg, A-B. 2011.
Arealrepresentativ overvåking basert på fjernanalyse. Flyfoto-
tolkning i fjell og myrnatur - NINA Rapport 743. 44 s.

Oslo, november 2011

ISSN: 1504-3312

ISBN: 978-82-426-2332-4

RETTIGHETSHAVER

© Norsk institutt for naturforskning

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

TILGJENGELIGHET

Åpen

PUBLISERINGSTYPE

Digitalt dokument (pdf)

REDAKSJON

Lars Erikstad

KVALITETSSIKRET AV

Frank Ole Hanssen

ANSVARLIG SIGNATUR

Erik Framstad (sign.)

OPPDRAGSGIVER(E)

Direktoratet for Naturforvaltning

KONTAKTPERSON(ER) HOS OPPDRAGSGIVER

Knut Simensen

FORSIDEBILDE

Myrlandskap, Lindseta, Nord-Trøndelag. Foto: Lars Erikstad

NØKKEWORD

Jordobservasjon, Flybilder, Overvåking, Arealrepresentativt utvalg

KEY WORDS

Earth observation, Aerial photographs, Monitoring, area frame survey

KONTAKTOPPLYSNINGER

NINA hovedkontor

Postboks 5685 Sluppen
7485 Trondheim
Telefon: 73 80 14 00
Telefaks: 73 80 14 01

NINA Oslo

Gaustadalléen 21
0349 Oslo
Telefon: 73 80 14 00
Telefaks: 22 60 04 24

NINA Tromsø

Framsenteret
9296 Tromsø
Telefon: 77 75 04 00
Telefaks: 77 75 04 01

NINA Lillehammer

Fakkeltgården
2624 Lillehammer
Telefon: 73 80 14 00
Telefaks: 61 22 22 15

www.nina.no

Sammendrag

Erikstad, L., Strand, G.H., Bentzen, F. & Salberg, A-B. 2011. Arealrepresentativ overvåking basert på fjernanalyse. Flyfototolkning i fjell og myrnaturland - NINA Rapport 743. 44 s.

Metoden som tradisjonelt brukes i fjernanalyse er stereotolkning av flyfoto. Manuell tolkning for å registrere ulike egenskaper ved landoverflaten er også nyttig i overvåkingssammenheng. I Norge er hele landet dekket av flyfoto som dels er tilgjengelig som orthofoto (målestokk-konstante flyfotomosaikker) og dels kan bestilles for stereoskopisk (3D) analyse med dertil egnet programvare. Norge har omløpsfotografering med 5-10 års mellomrom så dette flyfotomaterialet er svært godt egnet med tanke på framtidig overvåking.

Manuell flyfototolkning er ikke så tidkrevende som manuell tolkning i felt, men det er allikevel et omfattende arbeid å tolke flyfoto for å bygge opp et overvåkingsrelevant datasett. Det er også begrenset hvilke fenomener eller karakteristika ved fenomener som kan tolkes med akseptabel nøyaktighet fra flybilder. En arealdekkende analyse av store arealer er også urealistisk omfattende og kostbart. Det er derfor rimelig å benytte seg av arealrepresentative utvalgsteknikker. I denne rapporten har vi benyttet et fast rutenett AR18X18 flater. Vi har valgt ut 10 områder som på forhånd allerede var feltkartlagt for å se om en del viktige indikatorer for fjellområder og myrområder lar seg registrere på flyfoto. Disse indikatorene knytter seg til dekningsgrad av feltbusk- og tresjikt, samt inngrepsindikatorer som grøfter, veier, stier og bygninger. Vi har også sett på om bruk av IR-kanalen i omløpsfotograferingen gir betydelig bedre tolkningskvalitet enn bare å benytte seg av de tre normale fargebåndene (RGB).

Vi ser at de fleste av de aktuelle indikatorene lar seg registrere ved manuell flyfototolkning. For de fleste av indikatorene er det ikke en entydig og omfattende forbedring i tolkningsresultatet ved bruk av IR-bilder. Slike bilder er trolig av større betydning knyttet til mer spesielle kartleggings og overvåkningsformål. Arealrepresentativ overvåking er best egnet for generelle problemstillinger i vanlige naturtyper. Overvåking av mindre områder (som for eksempel verneområder) og spesielle naturtyper (som for eksempel kilder) krever en annen overvåkingsstrategi der man tar utgangspunkt i hvor disse områdene faktisk finnes eventuelt der det er stor sannsynlighet for å finne dem.

Indikatorene som er testet i dette prosjektet er registrert som punkt- eller linjeinformasjon innen hver enkelt AR18X18-flate. Ved å bruke AR18X18 er det også tilgjengelig feltinventerte arealdata som er nyttige i analysen. Prosjektet har også klassifisert arealer (åpen mark, dvs. fjell og myr). Det er også gjort tester for automatisk arealsegmentering (arealinndeling) og klassifisering. Det ser ut til at tresatt areal lar seg identifisere med rimelig grad av konsistens ved slike metoder. Generelt bør man imidlertid være forsiktig med arealklassifisering som ikke baserer seg på feltarbeid. Dette gjelder i særlig grad til overvåkningsformål. Forskjellen mellom to registreringer kan fort vise endring i registreringsmetodikk fremfor reell naturendring. Dette er også en viktig feilkilde selv om arealklassifiseringen gjøres i felt. Punktregistreringer som vi har benyttet i denne rapporten er i denne sammenheng mer robuste.

Lars Erikstad, NINA, Gaustadalléen 21, 0349 Oslo
Geir Harald Strand og Frode Bentzen, Norsk institutt for skog og landskap, Pb 115, 1431 Ås.
Arnt-Børre Salberg, Norsk Regnesentral, Pb 114 Blindern 0314 Oslo.

Abstract

Erikstad, L., Strand, G.H., Bentzen, F. & Salberg, A-B. 2011. Area frame methods for monitoring based on remote sensing. Aerial photo interpretation of mountain and mire environments. - NINA Rapport 743. 44p.

A traditional method in the use of earth observation is stereo interpretation of aerial photos. Manual interpretation to record attributes of land cover is also useful for monitoring. All Norway is covered by orthophotos and original photos for stereographic interpretation can be ordered. The interval between new photo coverage is estimated to be 5-10 years and this material is suitable for monitoring purposes.

Manual interpretation of aerial photos is less time consuming than manual interpretation in the field, but it is never the less an extensive task to interpret aerial photos for large areas to build a relevant dataset for monitoring. The number of land cover attributes that can be interpreted with required accuracy from aerial photos are also limited. A survey covering all the land area is unrealistic with respect to available resources. It is therefore reasonable to establish some sort of area frame survey. In this report we have focused on a regular net of observation areas (AR18X18). 10 areas already field mapped have been selected for the analysis. We have mapped indicators like the coverage of field, shrub and tree layer, as well as indicators of human activities like ditches, roads, paths and buildings. We have also assessed if IR-data yield significant improvements for this purpose.

Most of the relevant indicators were possible to interpret from aerial photos. For most of these the improvement of including the IR-band in the interpretation was limited. This was most likely due to the general purpose of the interpretation with relatively simple indicators. Area frame survey is best suitable for general questions for common land cover classes. Monitoring of small areas and special nature types such as springs need other methods and strategies, where the need to know where they exist or at least have a large likelihood to be found is crucial.

The indicators used in this project are recorded as points or lines. Polygons representing non-forested areas and mires have also been classified. We have tested some methods of automatic segmentation and classification as a supplement to manual interpretation. The border between forested and non-forested areas seems to be possible to detect automatically with reasonable consistency. General caution should however be made using automatic methods without good support by field work. This is especially important for monitoring purposes. Differences detected may easily be methodological artefacts. This is also a possibility for manual methods, especially when comparing thematic interpretation of areas from different points in time. Problems in consistent recording and generalisation are large. Recording of points is more robust.

Lars Erikstad, NINA, Gaustadalléen 21, 0349 Oslo
Geir Harald Strand og Frode Bentzen, Norsk institutt for skog og landskap, Pb 115, 1431 Ås.
Arnt-Børre Salberg, Norsk Regnesentral, Pb 114 Blindern 0314 Oslo.

Innhold

Sammendrag	3
Abstract	4
Innhold	5
Forord	6
1 Innledning.....	7
2 Metode	8
2.1 Utvalg og beskrivelse av testområder	8
2.2 Manuell kartlegging og registrering av arealer og indikatorer	10
2.3 Automatiske kartleggings- og registreringsrutiner.....	13
3 Resultater	14
3.1 Manuell kartlegging av arealer og indikatorer	14
3.2 Etterkontroll utført av NINA.....	18
3.3 Automatisk arealsegmentering	18
3.4 Automatisk registrering av indikatorer	24
3.4.1 Rutepunkt – dekningsgrad.....	24
3.4.2 Linjer og punkter	24
4 Diskusjon og vurderinger.....	27
4.1 Arealrepresentativt utvalg. Hva fanges opp og hva fanges ikke opp?.....	27
4.2 Manuell kartlegging av arealer og indikatorer	28
4.3 Betydningen av IR	33
4.4 Automatiske metoder, muligheter og begrensinger	36
4.5 Supplerende datakilder, inklusive LIDAR og tidsserier.	37
5 Arealrepresentativ overvåking som ledd i en fremtidig overvåking av naturmiljø.....	39
6 Referanser	44

Forord

Prosjektet som rapporteres med denne rapporten har vært et pilotprosjekt for arealrepresentativ overvåking av utvalgte arealtyper basert på fjernanalyse med hovedvekt på bruk av flyfoto. Prosjektet omfatter en test av metode for registrering av informasjon som er relevant for overvåking samt forslag til design og vurdering av ressursbehov for gjennomføring av et nasjonalt overvåkingsprogram med utgangspunkt i metoden.

Prosjektet har vært et samarbeidsprosjekt mellom *NINA*, *Norsk Regnesentral* og *Norsk institutt for Skog og Landskap* (Skog og Landskap). NINA har vært oppdragstaker og hovedkontakt for DN, mens Skog og landskap og Norsk Regnesentral kontraktsmessig har fungert som underleverandør. Hoveddelen av arbeidet er gjort ved Skog og landskap i forbindelse med manuell stereografisk tolkning av flybilder i ti utvalgte områder i Sør-Norge. Flybildetolkningen ved Skog og Landskap er utført av avdelingsingeniør Frode Bentzen. Tatjana Bodmer, Stefan Blumenrath og Svein-Erik Storeid har hjulpet til med behandling av flyfoto og GIS-analyser i NINA og Hanne Gro Wallin har deltatt aktivt i prosjektet ved Skog og Landskap. Alle takkes for god hjelp.

Rapporten er laget med tanke på digital lesning. En del figurer leses derfor bedre på skjerm enn i et dokument som er skrevet ut på vanlig kontorskriver.

14 november 2011

Lars Erikstad

Prosjektleder

1 Innledning

Det finnes mange metoder for registrering av egenskaper i naturen ved hjelp av fjernmåling. De senere årene har det særlig pågått arbeid med å utvikle metoder for å bruke satellittdata til denne type registreringer. Tradisjonelt er imidlertid bruk av flyfoto en metode som lenge har vært operativ og som fortsatt er i daglig bruk (se for eksempel Enander & Minell 1993, Paine & Kiser 2003). Samtidig er det i Norge iverksatt et nasjonalt program som sikrer landsdekning av gode flyfoto med omløpsfotografering (www.statkart.no). Dette gir en forutsigbar tilgang på nye flyfoto til bruk i langsiktige overvåkingsprogram.

Bruk av flyfoto til overvåking reiser en rekke spørsmål knyttet til hva som skal registreres (overvåkes), hvor vanskelig eller lett det som skal registreres er å tolke fra bildematerialet, og ikke minst hvor stabil tolkningsprosedyren og tolkningsresultatene er. I tillegg er det viktig å ta hensyn til hvilken frekvens og fordeling av de aktuelle naturtypene og indikatorene man ønsker å registrere. Generelt vil arealrepresentativ overvåking være best egnet til naturtyper og fenomener som er "vanlige" i den forstand at de opptrer regelmessig, selv om forekomstene kan være små. Arealrepresentativ overvåking er mindre egnet for fenomener som kun forekommer sporadisk, spesielt hvis fenomenet også er sterkt autokorrelet (dvs at de geografisk sett opptrer i klynger og ikke spredt utover kartet).

Prosjektet er knyttet til to arealtyper, "areal over skoggrensa" og "myr" (både over og under skoggrensa). Oppdragsgiver ønsket i utlysningen å inkludere naturtypen "kilde" i oppdraget, men dette inngikk ikke i vårt prosjektilbud fordi kilder er spredte og sjeldne naturtyper med liten arealmessig utstrekning. Slike naturtyper er ikke egnet for arealrepresentativ overvåking.

Oppdraget gikk ut på å registrere et sett med indikatorer som kan knyttes til tilstanden i de områdene som overvåkes. Disse indikatorene omfattet:

- Dekningsgrad naturlig tresjikt
- Dekningsgrad naturlig busksjikt (uten tresjikt)
- Dekningsgrad naturlig feltsjikt (uten busk- eller tresjikt)
- Dekningsgrad naturlig fastmark uten vegetasjon
- Dekningsgrad åpent vann
- Dekningsgrad bebygd og opparbeidet areal (dvs areal med vesentlig endret markstruktur (pløyd eller overflatedyrka areal, grustak, planerte areal, deponi, steintipp el.l, men uten at det skilles mellom de ulike kategoriene).
- Bygninger (antall)
- Lengde (senterlinje) kjørbare vei fordelt på asfaltert vei og grusvei
- Lengde tydelig grøft
- Lengde tydelige kjørespor
- Lengde tydelig sti

Registreringene skulle utføres både med infrarøde bilder (IR bilder) og ordinære fargebilder (RGB bilder) med sikte på en vurdering av hvilken sensor som er best egnet til denne typen overvåking.

Målet med prosjektet har vært å se om disse indikatorene kan la seg registrere ved hjelp av flyfoto, hvor kostbar en overvåkingsmetodikk basert på flyfototolkning vil være og i hvilken grad infrarøde flyfoto er viktig for denne type flyfototolkning. Det er lagt vekt på manuell flyfototolkning, men vi har også testet noen automatiske analysemetoder for å se i hvilken grad slike kan bidra til formålet.

2 Metode

2.1 Utvalg og beskrivelse av testområder

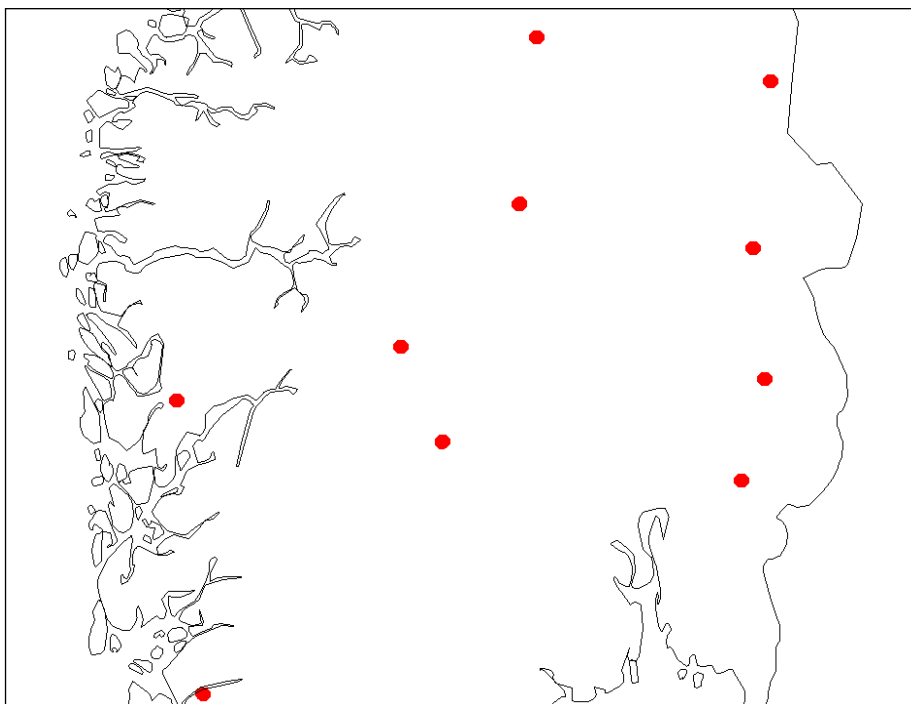
Utvalg av undersøkte arealer

Undersøkelsen av flybilder er gjennomført på et utvalg av flatene som inngår i Skog og landskap sin nasjonale arealstatistikk Arealregnskap for utmark (AR18X18) (Strand & Rekdal 2006). AR18X18 er en statistisk representativ undersøkelse av arealdekket i Norge, med størst detaljeringsgrad innenfor utmarksarealene. En nærmere beskrivelse er gitt nedenfor.

De flatene som inngår i denne undersøkelsen av flybilder er subjektivt valgt blant de tilgjengelige AR18X18 flatene. Det subjektive utvalget er begrunnet i flybildeundersøkelsens formål, som ikke er å framskaffe arealstatistikk, men å sammenligne egnetheten av to ulike typer flybilder (RGB-bilder og IR-bilder) for spesifikke overvåkingsformål.

AR18X18 flatene er brukt i undersøkelsen av flybilder fordi de er feltinventert. Det foreligger dermed en "fasit" for arealkartleggingen på disse flatene, noe som ble vurdert som en styrke for prosjektet. Flybildeprosjektet selv hadde ikke ressurser til å hente inn slik bakkesannhet. Tilgjengelige ressurser tillot også bare bruk av ti flater i undersøkelsen av flybilder. Disse ti flatene ble valgt ut for å sikre en dekning av myrområder både under og over skoggrensa, samt dekning av åpent areal over skoggrensa. I tillegg ble det lagt vekt på at flatene skulle inneholde spor av menneskelige inngrep både i myrområdene og i snauarealene. Begrunnelsen for dette ligger i prosjektets overordnede mål: Å undersøke om ulike bildetyper gir ulik mulighet for å avdekke menneskelige inngrep i myr (både under og over skoggrensa) og i snaumark over skoggrensa.

De ti AR18X18 flatene som er benyttet i undersøkelsen av flybilder er spredt over hele Sør-Norge, fra Hjerlinn og Femunden i nord og øst til Ryfylke i sør-vest (**Figur 1, Tabell 1**).



Figur 1. Lokalisering av de ti AR18X18 flatene som er benyttet i undersøkelsen av flybilder.

Tabell 1. De ti AR18X18-rutene som er brukt i undersøkelsen med referanse til det brukte fotomaterialet.

PSU	KOM	Navn	Flyoppgave-stripe-bilde	Fotodato	Digitalkamera
507	1129	Forsand	06058, 13, 385-386	20060714	UCD-39_r1
516	1242	Samnanger	13601, 10, 4-6	20080907	UCX-70717171_r3
1217	620	Hol	06057, 18, 1533-1534	20060715	UCD-39_r1
1314	633	Nore	13605, 6, 58-60	20080710	UCX-70717171_r3
1621	516	Nord-Fron	08006, 2, 13-15	20080924	UCX-70418123_r3
1726	511	Dovre	090002, 13, 520-522	20090915	UCD-SU-2-0012_r11
2315	425	Åsnes	13607, 24, 28-29	20080530	UCX-70717171_r3
2319	427	Elverum	13607, 8, 35-37	20080625	UCX-70717171_r3
2424	434	Engerdal	090002, 53, 19959-19960	20090910	UCD-SU-1-0039_r6
2212	236	Nes	13604, 19, 31-33	20080528	UCX-70717171_r3

Fotografert av *Blom ASA*Fotografert av *Terratec***Kort om Arealregnskap for utmark: AR18X18**

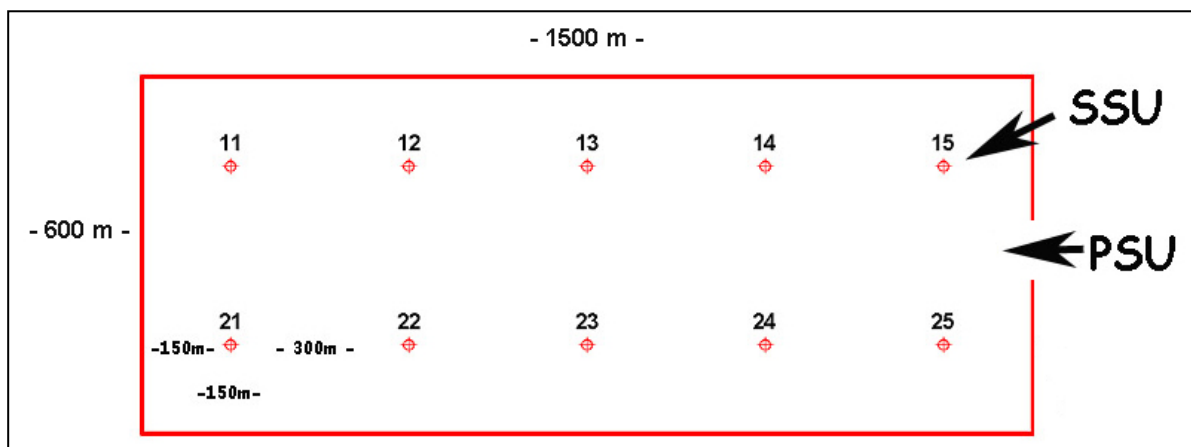
Arealregnskap for utmark (AR18X18) er en nasjonal arealstatistisk undersøkelse som gjennomføres av Skog og landskap (Strand & Rekdal 2005, 2006). Metoden er nært knyttet opp mot første generasjon av Lucas (Land Use/Cover Area frame statistical Survey) (Eurostat 2003). Lucas er en statistisk utvalgsundersøkelse iverksatt av Eurostat som gjennomføres i EUs medlemsland (men ikke i Norge). Metoden er en ren punktundersøkelse. Første generasjon av Lucas (fra 2003) var basert på et nettverk av punkter med 18 kilometers mellomrom. Hvert punkt i dette nettet er sentrum i en Primary Statistical Unit (PSU). PSU utgjør en flate på 1500×600 meter ($0,9 \text{ km}^2$). Inne i PSU er det lagt ut ti punkter. Disse kalles Secondary Statistical Units (SSU). Fem av disse ligger nord for sentrum og er nummerert 11-15. De øvrige ligger syd for sentrum og er nummerert 21-25 (**figur 2**). I Lucas-undersøkelsen gjøres det registreringer på om lag 7 m^2 rundt hvert SSU-punkt samt langs en linje gjennom SSU-punktene 11-15.

AR18X18 bygger på *Lucas'* utvalg av PSU-flater. Flatene ligger i forband på 18×18 kilometer. Dette gir om lag 1070 flater jevnt fordelt over hele landet. På flatene gjennomføres punktmålinger på SSU-punktene samt en fullstendig kartlegging av arealet over hele flata. Dette gir en bedre arealdekning enn registreringer utført på SSU-punktene alene. Spesielt vil sjeldne forekomster i større grad fanges opp ved undersøkelse av hele feltflater. Bruk av flater istedenfor enkeltpunkter gir i tillegg til arealstatistikken en helhetlig miljøbeskrivelse. Metoden fanger opp samspillet mellom ulike arealklasser og vegetasjonstyper innenfor hver lokalitet.

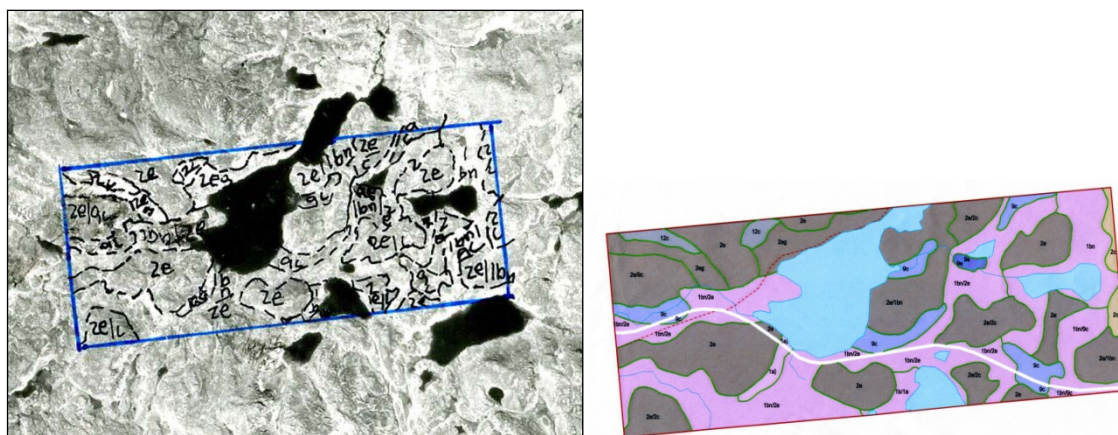
På SSU-punktene utfører *Skog og landskap* et utvalg av de registreringene som er beskrevet i Eurostats instruks for *Lucas*-programmet. Utvalget er gjort i nært samarbeid med SSB. Data som like gjerne, og kanskje med høyere presisjon, kan hentes fra registre eller andre kilder blir ikke registrert. På SSU-punktene blir det også registrert vegetasjonstyper i henhold til klassifikasjonssystemet som er beskrevet hos Fremstad (1997). I tillegg til registreringene på SSU-punktene utfører *Skog og landskap* vegetasjonskartlegging av hele PSU-arealet. Kartleggingen skjer i henhold til *Skog og landskap* sitt system for vegetasjonskartlegging på oversiktsnivå (Rekdal & Larsson 2005). Dette systemet er gjennomprøvd, ressursforbruket akseptabelt og resultatene har mange anvendelser innen kvantifisering og vurdering av arealressurser og naturmiljø.

Vegetasjonskartlegging etter *Skog og landskap* sitt system utføres ved feltbefaring. Kartleggeren benytter flyfoto (stereopar) i målestokk omkring 1:40 000. I hovedsak vil dette være svart/hvite foto eller fargefoto, men IR-foto benyttes der slike er tilgjengelige. Feltregistreringene

ne tegnes inn på bildene og digitaliseres senere fra disse (**figur 3**). Minste figurstørrelse ved kartlegging er vanligvis 10 dekar, men i AR18x18 registreres mindre areal (2-5 dekar) når det er mulig og hensiktsmessig innenfor de begrensningene flybildene setter. Arealberegninger utføres deretter med GIS-programvare.



Figur 2. Ei flate består av en "Primary Statistical Unit" (PSU) formet som et rektangel på 1500 x 600 meter. Ti "Secondary Statistical Units" (SSU) er lokalisert innenfor PSU. Avstanden mellom SSU-punktene er 300 meter.



Figur 3. Feltinventering av AR18X18 flatene skjer ved hjelp av flybilder (venstre) og gir en arealfordeling (høyre) som legges til grunn for arealstatistikk. Arealfordelingen er benyttet som referanse ("bakkessannhet") i vår undersøkelse av flybildetolkning.

2.2 Manuell kartlegging og registrering av arealer og indikatorer

Tolkningen av billedmaterialet er gjort manuelt på digital fotogrammetrisk arbeidsstasjon (DFA) med Summit Evolution og Microstation Geographics programvare (Tecnocad). Redigering av data er gjort på FYSAK programvare (Statens Kartverk) og ortofotoproduksjon på Intergraph/GeoMedia/Orthophro. For kontroll av stedfesting blir koordinater for 2-3 godt synlige terrengdetaljer (f.eks. lyse steiner) i stereomodellen sammenliknet med koordinatene man får når man knytter kartgrunnlaget opp mot Norge i bilder (wms-tjeneste) i FYSAK.

Denne prosedyren er imidlertid ikke fulgt ved en etterevaluering av 160 tilfeldige punkter som er utført av NINA.

Det ble registrert en rekke egenskaper knyttet til arealer, dekningsgrad av vegetasjon og en del punkt og linjeegenskaper i bildene. Disse registreringene er i henhold til ønskemål fra oppdragsgiver og er summert opp i **tabell 2**.

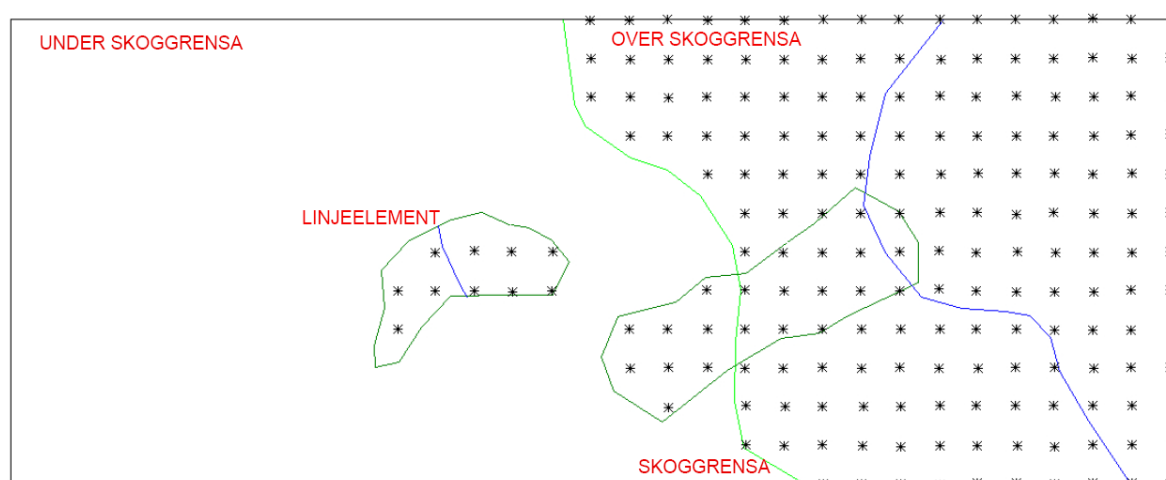
Det ble utarbeidet en egen prosedyre for registreringene for å sikre en mest mulig konstant tolkningskvalitet gjennom prosjektet. Det ble også ført dagbok løpende gjennom hele registreringsprosessen for å gjøre det mulig å gå tilbake og sjekke prosedyren og eventuelt etterkontrollere resultatene. Områdene ble først tolket på normale fargebilder (RGB). Når dette arbeidet var utført for alle flater, ble flatene tolket på nytt ved hjelp av infrarøde bilder. Det ble også laget ortofoto av de modellene som er brukt. Tolkere tok kontinuerlig notater for å dokumentere hva slags fordeler og eventuelle ulemper IR-bildene har i forhold til RGB-fargebilder.

Tolkningsprosedyren besto av følgende trinn (**figur 4**):

1. Inntegning av skoggrense.
2. Tolkning av myr (alle hjelpemiddel med nasjonal dekning, f.eks. N50, kunne benyttes)
3. Tolkning av vann (under skoggrensa bare i myr) større enn 1 da (1000 m²)
4. Figurer som går ut over rammen registreres (innenfor rammen) dersom de i totalareal (inkludert areal utenfor rammen) er store nok.
5. Tolkning av linje- og punktobjekter (under tregrensa: Kun i myrfigur).
6. Registrert dekning på alle rutepunkter (under skoggrensa: Kun i myrfigur)

Punktene 1 – 4 etablerte støtteinformasjon for tolkningen, mens punktene 5 – 6 utgjorde de sentrale elementene i undersøkelsen.

Det ble gjort en egen etterevaluering av den manuelle registreringen. Dette omfattet både en generell gjennomgang av bildematerialet inkludert sjekk mot forenklede tolkningskart for de aktuelle AR18x18-rutene og i tillegg en analyse utført på et selvstendig bearbeidet stereografisk flyfotosett i programvaren ERDAS Imagine/LPS Photogrammetric Suite og Stereo Analyst. Evalueringen har lagt mindre vekt på forskjellen mellom RGB-bilder og IR-bilder og vil dermed inkludere feilkilder som er knyttet til ulikheter mellom disse datasettene. Det er dels gjort en gjennomgang for en subjektiv evaluering av tolkningene, dels er det tatt ut 160 av punktregistreringsposisjonene og gjort en egen registrering av disse. Det er samtidig slått en ring med ti meters radius rundt hvert av punktene og innen dette arealet er forekomst av andre registreringsklasser notert (**figur 5**).



Figur 4. Prinsippskisse som illustrerer den manuelle kartleggings- og registreringsprosedyren.

Tabell 2: Beskrivelse av hva som er registrert med de kodene som er anvendt.

		Egenskap	Kode
Arealtyper	1 Myr under skoggrensa	dn_atype	M_U
	2 Myr over skoggrensa		M_O
	3 Annet areal over skoggrensa		RIS
	4 Skog		SKOG
	5 Tjern og vann		TJN
	6 Elv og større bekker		ELV
Rutepunkt - Dekningsgrad	1 Naturlig tresjikt	Streng	Tre
	2 Naturlig busksjikt		Busk
	3 Naturlig feltsjikt		Felt
	4 Naturlig lavdekt		Lav
	5 Naturlig fastmark uten vegetasjon		Fast
	6 Åpent vann		Vann
	7 Bebygd eller opparbeidet areal		Beby
	8 Jordbruk		Jordb
Punkt	Bygninger over tregrense	dn_ptype	PBY
	Bygningsruin over tregrense		PBR
Linjer	Tregrense	dn_ltype	TRE
	Senterlinje kjørbare asfaltvei		ASV
	Senterlinje kjørbare grusvei		GRV
	Senterlinje traktorvei		TRV
	Senterlinje jernbane		JBN
	Tydelig grøft		LGR
	Tydelige kjørespor		KJS
	Tydelig sti		STI
	Høyspentlinje		LLE



Figur 5. To registreringspunkter fra området ved Samnanger med angivelse av et areal rundt punktene (røde sirkler) der ulike registreringsenhetene ble registrert.

2.3 Automatiske kartleggings- og registreringsrutiner

Det er gjort to uavhengige forsøk med automatisk registrering av egenskaper i flyfotoene. Disse er gjort med bakgrunn i målestokk-konstante bilder (ortofoto). Det første forsøket er gjort med programvarepakken Definiens, er praktisk orientert og er utført for ett delområde (Dovre). Det andre forsøket er mer grunnleggende teoretisk lagt opp og er utført i tre delområder (Dovre, Nord-Fron og Åsnes).

I høyoppløselige bilder som flyfoto er tekstur en ofte benyttet egenskap til å skille mellom forskjellige areal- og naturtyper. Tekstur inneholder implisitt informasjon om den romlige fordelingen av pikselverdier omkring en gitt lokasjon. En slik romlig komponent er viktig for høyoppløselige bilder da piksel-intensitetsvariasjonen er stor for noen areal- og naturtypeklasser.

Det første forsøket er gjort med utgangspunkt i algoritmene for automatisk segmentering basert på ulike lag av billedinformasjon. Den enkleste varianten er bruk av de tre fargebåndene RGB i vanlige ortofoto. Det er også gjort tester ved bruk av det nærinfrarøde båndet sammen med RGB fargebåndene samt en test der indeksen NDVI er brukt sammen med en strukturparameter GLCM (Grey Level Co-occurrence Matrix) som måler graden av tekstur rundt et gitt piksel. Testen er utført i ruten på Dovre og omfatter fjellvegetasjon i og nær skogrensa, men med et betydelig innslag av antropogene strukturer (vei, jernbane, gruvetipper etc.). Programmet ble kjørt med "multiresolution segmentation" med vekt på farge framfor form. Segmenteringen kan utføres med forskjellig detaljeringsgrad (skala), som angis som en skalaverdi. Valgt skalaverdi i denne testen var 125. Det ble utført tester med følgende kombinasjon av datainput: **RGB, RGB-IR, RGB-IR-NDVI-GLCM**. Resultatet av segmenteringen ble overført til ArcGIS for analyse. 60 polygoner (områder) ble valgt ut og ble evaluert manuelt mot flyfoto med tanke på kvalitet på segmenteringsgrensen. Kvaliteten ble angitt i en skala fra 1-8 avhengig av om grensen til polygonet ble vurdert å stemme i åtte sektorer som til sammen formet en sirkel rundt polygonet.

Det ble ikke gjort en klassifikasjon til arealtype basert på dette materialet, men vi gjorde en generell test av i hvilken grad polygongrensene falt sammen med polygongrensene registrert ved den manuelle kartleggingen. Dette ble utført ved å måle avstand fra de manuelt kartlagte grensene til de automatisk genererte grensene. Lave verdier er brukt som en indikator på at det er stor overensstemmelse mellom automatisk og manuell grensedragning.

I det andre forsøket ble linjeindikatorer detektert ved hjelp av såkalte retningsfiltre. Bildet ble filtrert av et sett med lineære retningsfiltre som fremhever forskjellige romlige egenskaper (Varma & Zisserman, 2005). Siden vi blant annet er interessert i å oppdage forskjellige linjeindikatorer, benyttes retningsfiltre som har form som "kanter" og "staver". Vi har konstruert 14 forskjellige filtre (3 kantfiltre, 3 stavfiltre med forskjellig glatthetsskala og 8 isotopiske filtre, 2 for hvert de spektrale båndene IR, R, G og B). For hver piksel får vi da en 14-dimensjonal egenkapsvektor som beskriver pikselets spektrale og romlige karakteristikk. Et tematisk kart kan da lages ved å sammenligne (klassifisere) hver 14-dimensjonale vektor (en for hver piksel) med maler for hver av indikatorklassene (for eksempel asfaltvei, grusvei, jernbane, etc.) og med en mal for en bakgrunnsklasse (ikke indikator).

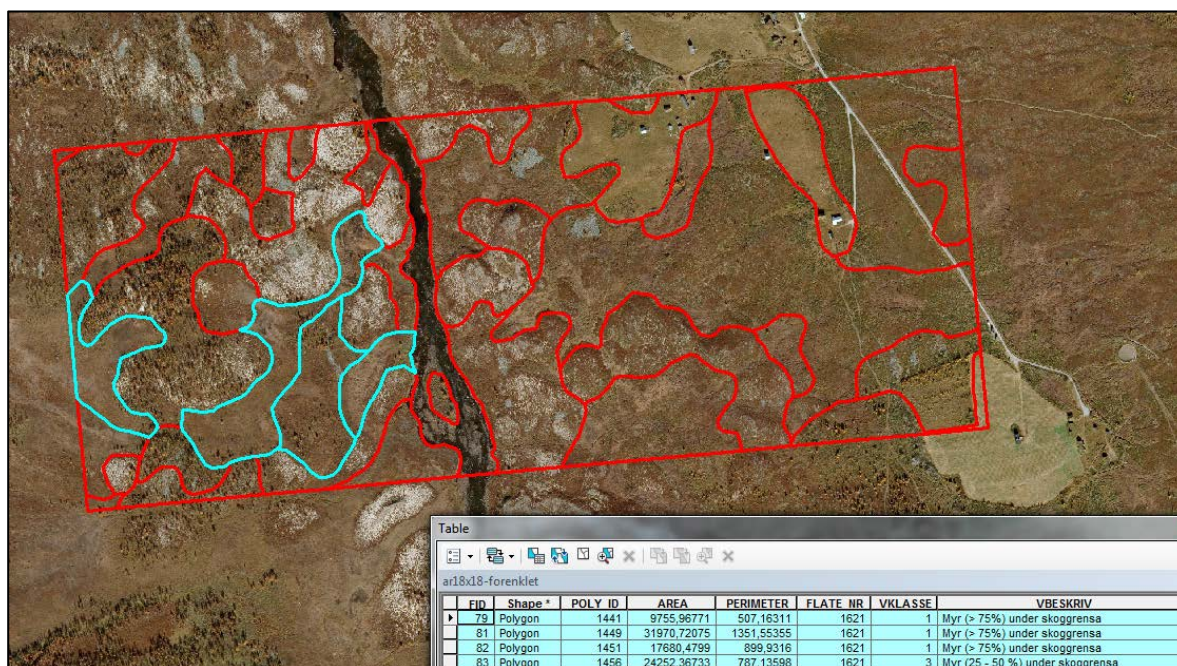
For estimering av dekningsgrad blir teksturinformasjon nyttiggjort ved å studere et piksel-naboskap (for eksempel 3x3 eller 5x5 piksler) rundt alle aktuelle punkter. Fra et slikt naboskap beregnes målene middelerdi, differanse mellom maksimum og minimum intensitet, og et kontrast og homogenitetsmål (Solberg & Jain, 1997) for hvert bånd. En mengde slike mål for romlig homogenitet og kontrast kan defineres, og bør utprøves for forbedret ytelse. I denne studien ble deteksjon av indikatorene utført ved hjelp av en klassifiseringsstrategi, og vi klassifiserer hvert piksel i testbildet til en gitt indikatorklasse ved hjelp av en "*support vector machine*" (SVM). Dette er en ikke-lineær klassifiseringsmetodikk som har vist seg å være robust med høy ytelse i mange mønstergjenkjenningssapplikasjoner. Opptreningen av SVM'en er utført ved å benytte de manuelle tolkningene av RGB-bildene som bakkesannhet.

3 Resultater

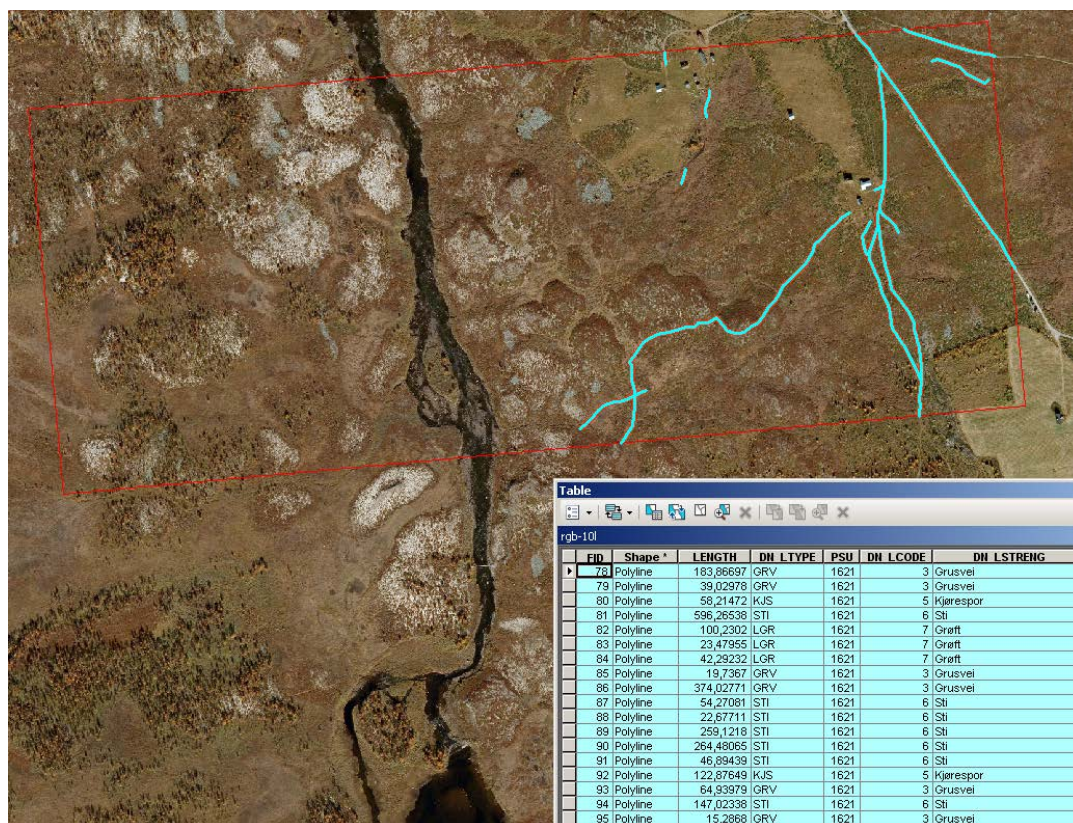
3.1 Manuell kartlegging av arealer og indikatorer

Prosedyren ved manuell kartlegging av arealer omfatter mange operasjoner som til dels kan være tid- og dermed kostnadskrevende. For eksempel er en av erfaringene fra dette prosjektet at kartfirmaene ikke leverer orienteringsdataene for digitale flyfoto på ensartet format. Flere tekniske detaljer er dårlig dokumentert fra firmaenes side og derfor tidkrevende å finne ut av. Når slike metadata er klare går imidlertid orienteringen av bildene raskt. Denne problemstillingen er på generelt grunnlag tatt opp med firmaene og med Statens kartverk (som koordinerer den nasjonale omløpsfotograferingen).

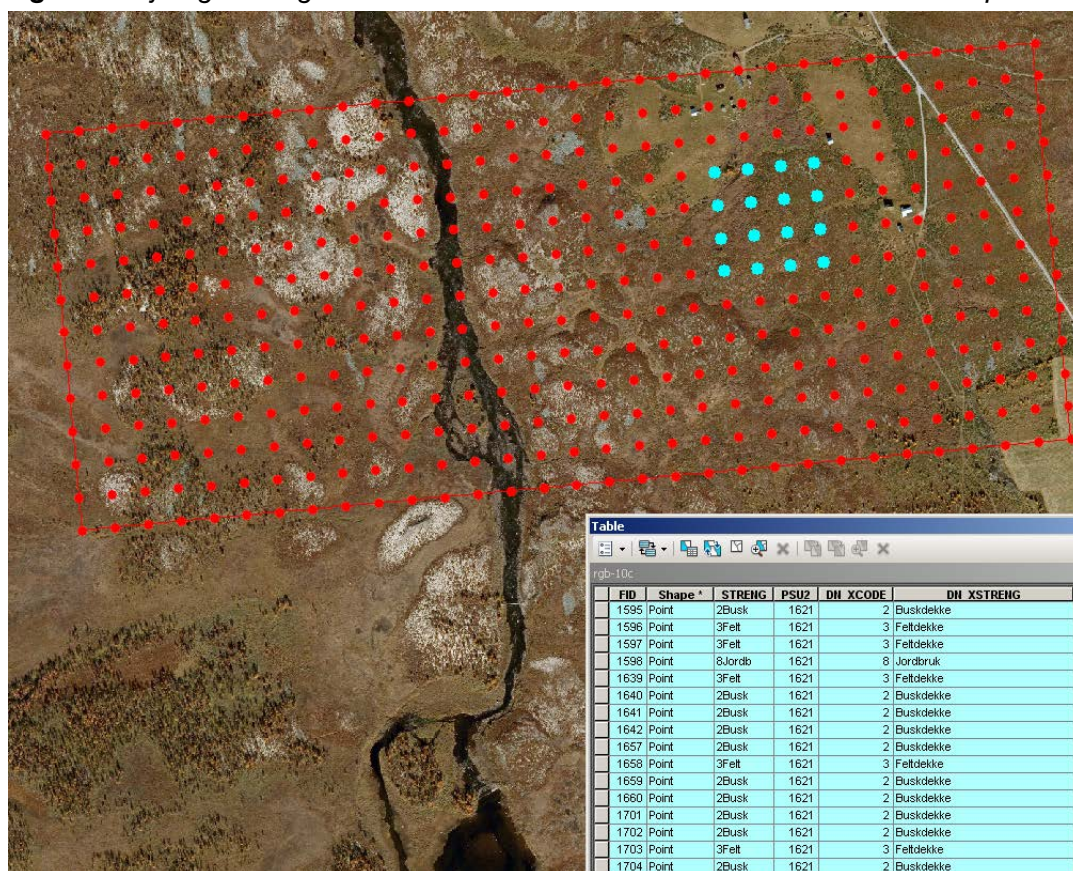
Bildene er tolket både med og uten bruk av det infrarøde båndet. Polygondata og punktregistreringer er samlet i egne filer. Eksempler på resultatene er vist i **figur 6-8**.



Figur 6. Arealregistreringen for Nord-Fron basert på feltundersøkelse. Registreringen gir et bilde av detaljeringsgraden av det feltarbeidet som ligger bak og som vil være et nyttig kalibreringsmateriale ved både manuell og automatisk analyse av flyfoto. De 4 polygonene som er markert i figuren er vist med sitt datainnhold i tabellen.



Figur 7. Linjeregistreringen med tilhørende attributt-tabell for Nord-Fron basert på RGB-bilder.



Figur 8. Punktegristreringen for Nord-Fron basert på RGB-bilder. De 16 punktene som er markert i figuren er vist med sitt datainnhold i tabellen.

Rutepunkt – dekningsgrad

Dekningsgradindikator ble registrert på 2538 punkter i både IR bildene og RGB bildene (**figur 8**). Det enkelte punkt kan være tolket ulikt i de to bildene, uten at det er mulig å fastslå om dette skyldes faktiske forskjeller mellom bildene, ulik vurdering av punktets beliggenhet (dvs om et punkt treffer kanten av en trekrone eller bakken ved siden av trekrone) eller geometriske forskjinger mellom bildene. I et stort materiale vil imidlertid de to siste feilkildene slå begge veier og ikke føre til systematiske avvik. I totaltallene vil forskjeller skyldes systematiske ulikheter ved bildene, for eksempel at en dekningsstype avdekkes bedre i en type bilder enn i en annen når RGB bilder stilles opp mot IR bilder.

Tabell 3 viser dekningsstype registrert på 2538 tilfeldige punkter (i myr og fjell) på både RGB og IR bilder. Den største forskjellen er i anslaget for dekningsgrad av buskskikt som er om lag 1,5 % høyere når det benyttes RGB bilder, mens anslaget for fastmark ligger 0,8 % lavere når det benyttes RGB bilder. Det kan synes som om tolker har lettere for å tolke et område som vegetasjonsløst i IR bilder, mens buskskikt muligens brukes som en middelværdi når tolkningen blir vanskelig i RGB bilder. Hovedinntrykket er at forskjellene er små og at begge bildetyper gir tilnærmet samme statistiske konklusjon. Begge bildetyper er derfor egnet til overvåking av dekningsgrad, men IR bildene kan være marginalt enklere å tolke i tvilsituasjoner.

Tabell 3: Dekningstype registrert på 2538 tilfeldige punkter (i myr og fjell) på både RGB og IR bilder.

		Antall		Andel (%)	
		RGB	IR	RGB	IR
1	Treskikt	60	64	2,36	2,52
2	Buskskikt	704	664	27,74	26,16
3	Feltskikt	1331	1329	52,44	52,36
4	Lav	87	90	3,43	3,55
5	Fastmark	179	199	7,05	7,84
6	Vann	117	123	4,61	4,85
7	Bebygde	39	49	1,54	1,93
8	Jordbruk	21	20	0,83	0,79
Sum		2538	2538	100,00	100,00

Høgspenlinje og kabel

Registreringene av høgspenlinjer og kabler er i hovedsak identiske i RGB og IR bildene. Forskjellen i total lengde høgspenlinje er 0,7 %. Det er registrert 4986 meter høgspenlinje i RGB bildene mot 4953 meter i IR bildene. Det er svært liten – i praksis ubetydelig – forskjell på registrering av inngrepet ”høgspenlinje” i RGB og IR bildene.

Vei og jernbane

Det er ingen forskjell på registrering av inngrepet ”jernbane” i RGB og IR bildene.

Det er registrert veier på fire flater. Veiene er i hovedsak registrert identisk i RGB og IR bildene. Forskjellen i total veilengde er kun 0,2 %. En rasteplass ved E6 på Dovre er registrert som grusvei i IR bildet og asfaltert i RGB bildet. I tillegg er det registrert en kort grusvei i samme IR bilde som mangler i tolkningen av RGB bildet. Det er svært liten – i praksis ubetydelig – forskjell på registrering av inngrepet ”vei” i RGB og IR bildene (**tabell 4**).

Tabell 4: Lengde vei tolket i hhv RGB og IR bilder

	Veilengde (meter)	
	RGB	IR
Asfaltert	901	741
Grusvei	5344	5519
Sum	6245	6260

Kjørespor

Det er registrert kjørespor på åtte flater. Det er registrert 334 meter (17,6 %) mer kjørespor i IR bildene enn i RGB bildene. Dette er imidlertid nettoforskjeller (**tabell 5**). Drøyt 500 meter kjørespor er registrert i IR bildene uten å være registrert i RGB bildene, mens snaut 200 meter kjørespor er registrert i RGB bildene uten å være registrert i IR bildene. Det er forskjell på registrering av inngrepet "kjørespor" i RGB og IR bildene og som oftest registreres flere observasjoner som kjørespor i IR bildene enn i RGB bildene. Det er ingen systematikk i forskjellene mellom bildene med hensyn til registrering av kjørespor på ulike areal typer (myr eller snaumark).

Tabell 5: Registrering av kjørespor i hhv RGB og IR bilder. Antallet meter er av tekniske årsaker avrundet til nærmeste 100 meter.

	Kjørespor	
	meter	%
Bare registret i IR bildene	500	21
Registrert i begge bildesett	1700	71
Bare registrert i RGB bildene	200	8
Totalt	2400	100

Stier og traktorveier

Det er også registrert stier og traktorveier på åtte flater. Det er registrert 420 meter (6,6 %) mer sti og traktorvei i IR bildene enn i RGB bildene. Dette imidlertid nettoforskjeller. Omlag 350 meter sti og traktorvei er registrert i RGB bildene uten å være registrert i IR bildene, mens omlag 750 meter sti og traktorvei er registrert i IR bildene uten å være registrert i RGB bildene (**tabell 6**). Det er imidlertid ikke stor forskjell på registrering av inngrepet "sti og traktorvei" i RGB og IR bildene.

Tabell 6: Registrering av stier og traktorveier i hhv RGB og IR bilder. Antallet meter er av tekniske årsaker avrundet til nærmeste 50 meter.

	Sti	
	meter	%
Bare registret i IR bildene	750	10
Registrert i begge bildesett	6000	85
Bare registrert i RGB bildene	350	5
Totalt	7100	100

Grøfter

Det er registrert grøfter på fem flater. Det er registrert 243 meter (13 %) mer grøft i IR bildene enn i RGB bildene. Forskjellen skyldes i all hovedsak registrering av flere grøfter i IR bildene, men det er også enkelte eksempler på grøfter som kun er registrert i RGB bildene. Totalt er det registrert 2096 meter grøft i IR bildene mot 1853 meter i RGB bildene.

Bygninger

Det er registrert bygninger på fire flater. Alle bygninger som ble registrert i RGB bildene (45) ble også registrert i IR bildene. Det er i tillegg registrert ytterligere tre bygninger i IR bildene, men dette skyldes ulik tolkning av om uthus er bygget inntil eksisterende hytter eller er separate bygninger. Det ble funnet fire bygninger som ikke var registrert i GAB i 2006. GAB i 2006 inneholdt ytterligere tre bygninger som ikke ble identifisert på noen av flybildene. Ett av disse er et uthus som kan tolkes som sammenhengende med en hytte som ble registrert. De to siste bygningene i GAB (også registrert som uthus) lar seg ikke identifisere i flybildene ved etterkontroll og kan være fjernet. Det er ingen praktisk forskjell på IR og RGB bildene med hensyn på å kunne identifisere bygninger.

3.2 Etterkontroll utført av NINA

En sammenligning av registrerte arealtyper og innholdet i AR18x18-registreringene viser i stor grad sammenfall når det gjelder landskapsstruktur (**figur 9** og **10**), men stedvis med avvik som i hovedsak kan grupperes i to ulike hovedtyper:

- Områder registrert i AR18x18 som ikke er tolket inn i vår registrering. Dette skyldes bla. A. at våre registreringer er knyttet til et utvalg arealtyper.
- Registreringer som er gjort i vår registrering, som ikke gjenfinnes i AR18x18. Dette kan skyldes både registreringsulikheter og ulik generaliseringsgrad.

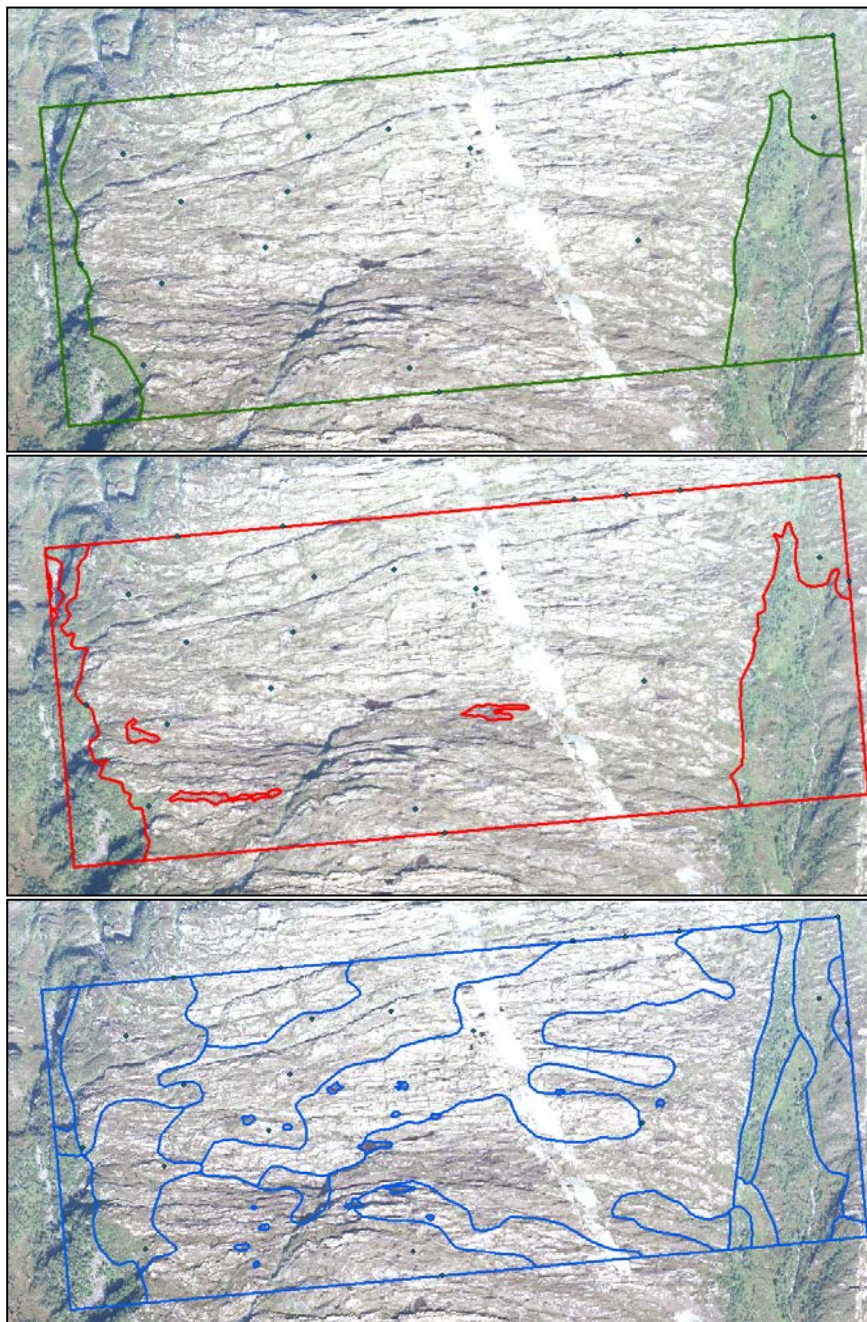
I evalueringstesten av 160 tilfeldig valgte punkter fra alle testområdene, var det et sammenfall i registreringene for 89 punkter, 49 hadde avvikende registrering, men sammenfall mellom registrering og tilstedeværelse av klassen i nabolaget til punktet, mens 32 punkter hadde helt avvikende registrering. Av disse 32 punktene var 2 tilknyttet busksjikt, 3 fastmark uten vegetasjon, 23 tilknyttet feltsjikt, 2 lavhei og 1 vann. 19 av punktene var i myr (6 over skoggrensa), 8 på fastmark og ingen i skog.

3.3 Automatisk arealsegmentering

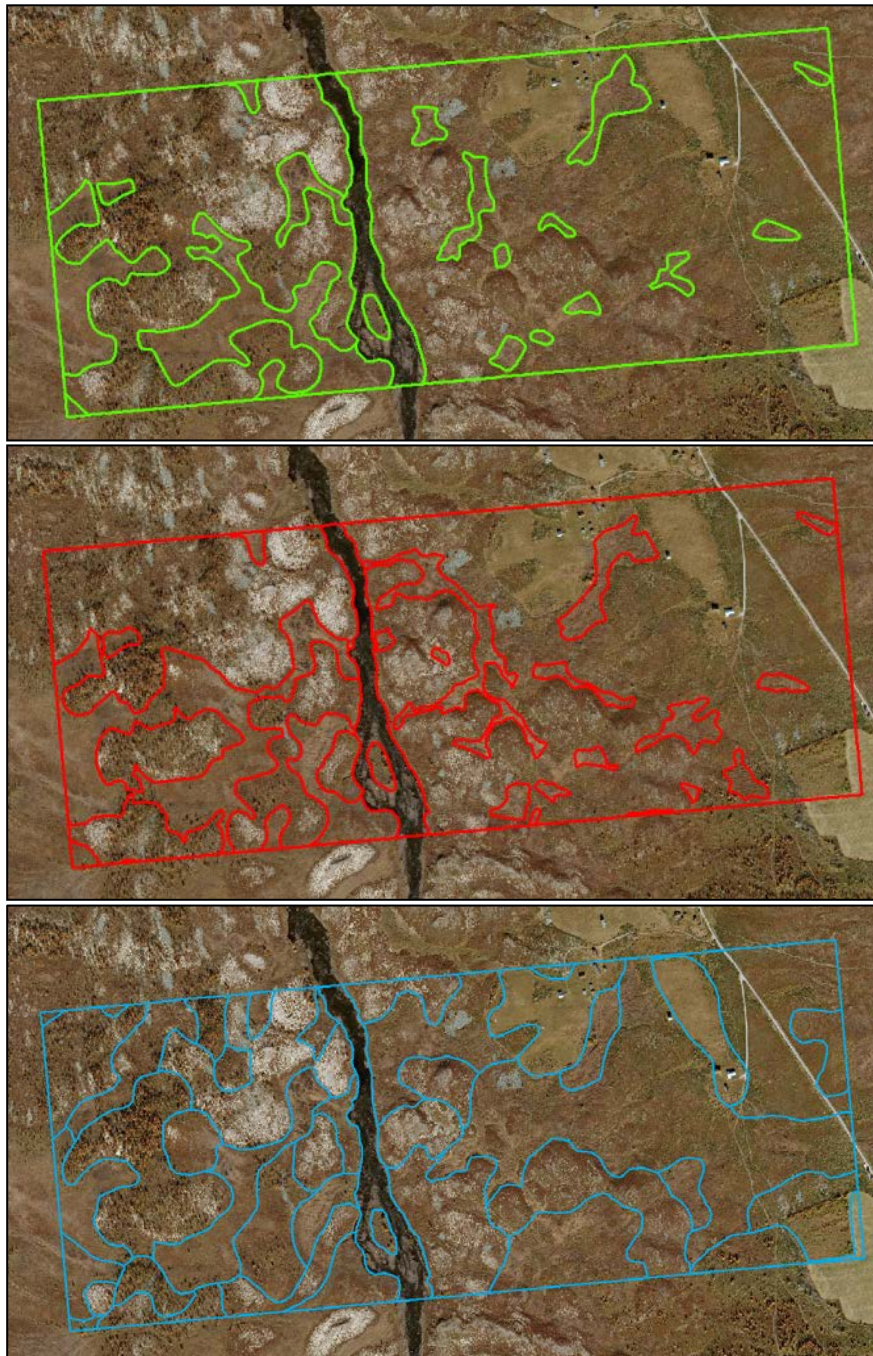
Ved den automatiske segmenteringen i programvarepakken Definiens ble det ikke gjort en påfølgende klassifisering med etterfølgende sammenslåing av nabopolygoner som tilordnes samme arealklasse. En viktig innstilling i den anvendte prosedyren er en innstilling av en skala-parameter som begrenser størrelsen på de segmenterte områdene. Det betyr at store relativt enhetlige områder automatisk vil bli inndelt i flere mindre polygoner. Polygonmønsteret som oppstår blir ytterligere komplisert fordi den detaljeringen som kommer fram i flyfoto, inneholder en representasjon helt ned på enkeltindivid av busk og tre inkludert solrefleksjon og skyggepartier av ulik mørkehetsgrad. Særlig i skog gir dette et komplisert mønster (**figur 11**). På den andre siden er dette kompliserte mønsteret en segmenteringsegenskap i skog som det går an å utnytte ved klassifisering av polygonene i arealklasser, selv om vi ikke har gjort dette her.

En analyse av i hvilken grad grensene til de manuelt tolkede arealklassene sammenfaller med grenser i de automatisk segmenterte polygonene er vist som en fordeling av avstand i **figur 12**. Det er et generelt stort sammenfall mellom automatisk og manuelt genererte grenser. Det var

liten forskjell mellom ulike segmenteringene. I en uavhengig vurdering av i hvilken grad seksti tilfeldig utvalgte segmenterte polygoner hadde grenser som manuelt kunne gjenkjennes i flyfotomaterialet (**figur 13**), ser vi at noe over halvdelen av polygonene hadde en rimelig klar og manuelt vurdert riktig avgrensing (verdi 6 og høyere). I de tilfellene kvaliteten ble vurdert lavere enn dette, representerer IR og de øvrige parameterne en forbedring, men det synes ikke som en økning i antall parameter medfører en konsekvent økning i kvaliteten.



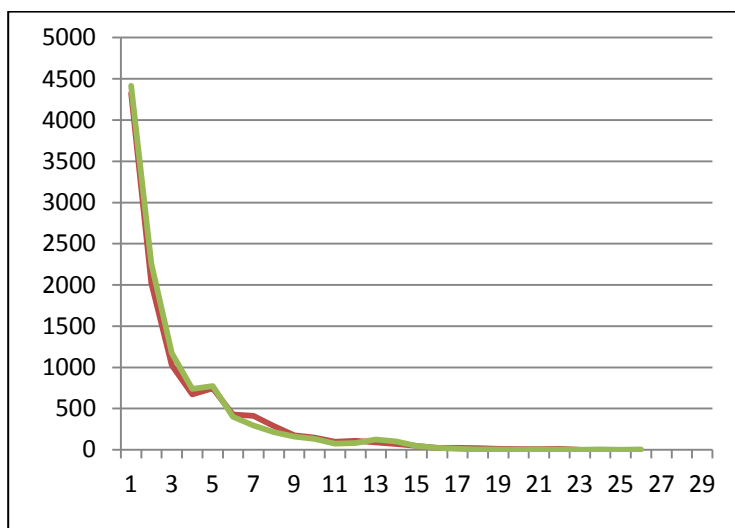
Figur 9. Undersøkellesområdet Samnanger. Øverst manuelle arealtolkninger basert på stereotolkning av RGB-bilder, I midten manuelle arealtolkninger basert på stereotolkning av IR-bilder og underst AR18x18. Legg merke til at større detaljeringsgrad i AR18x18 i hovedsak er knyttet til en større detaljering av arealtyper samt en serie små polygoner (små vann) som ikke er tatt med i vår registrering fordi disse var for små (< 1 daa) til å bli kartlagt i henhold til den instruksjonen vi benyttet.



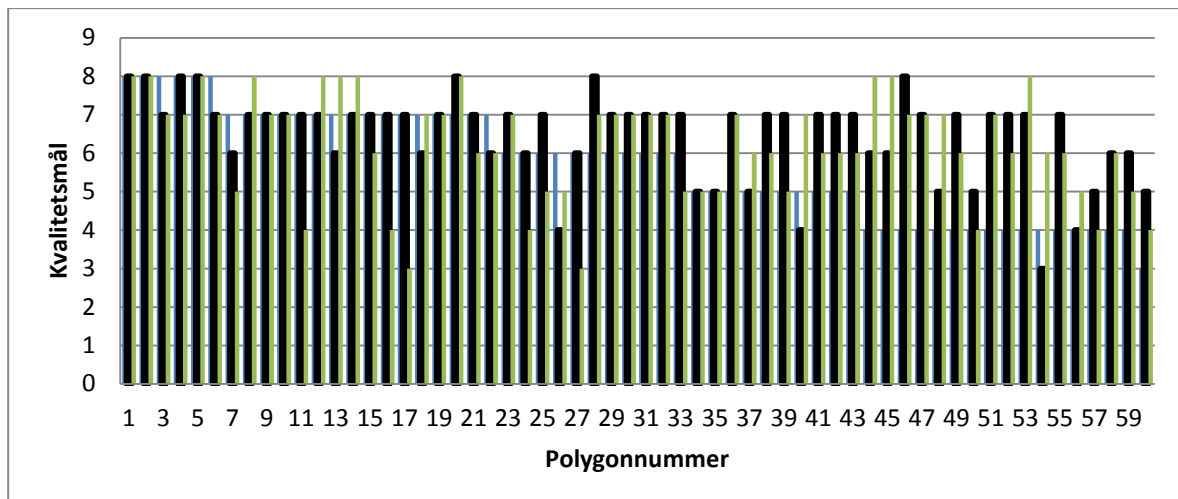
Figur 10. Undersøkellesområdet Nord-Fron. Øverst manuelle arealtolkninger basert på stereotolkning av RGB-bilder, I midten manuelle arealtolkninger basert på stereotolkning av IR-bilder og underst AR18x18. Legg merke til at den samme effekten av at våre registreringer omfatter et utvalg av arealtyper også gjør seg gjeldende her, men at flere små polygoner i vår registrering ikke gjenfinnes, eller har avvikende grenser i forhold til AR18x18. AR 18X18 har et mer generalisert bilde av arealfordelingen (som skyldes bruken av mosaikkfigurer), mens registreringene basert på IR har det mest detaljerte og komplekse bildet. En del av de tolkede myrene er i AR18X18 registrert som høgstaudeenger eller hei med stort innslag av vierkratt.



Figur 11. Segmentering rundt et skogområde på Dovre. Den tykke grønne streken viser den manuelle flyfototolkningen, mens de tynne strekene viser resultatet av segmenteringen. Legg merke til det kompliserte mønsteret til polygonene i skogen og at grensene for skogområdet ser ut til å sammenfalle med den manuelle segmenteringen.

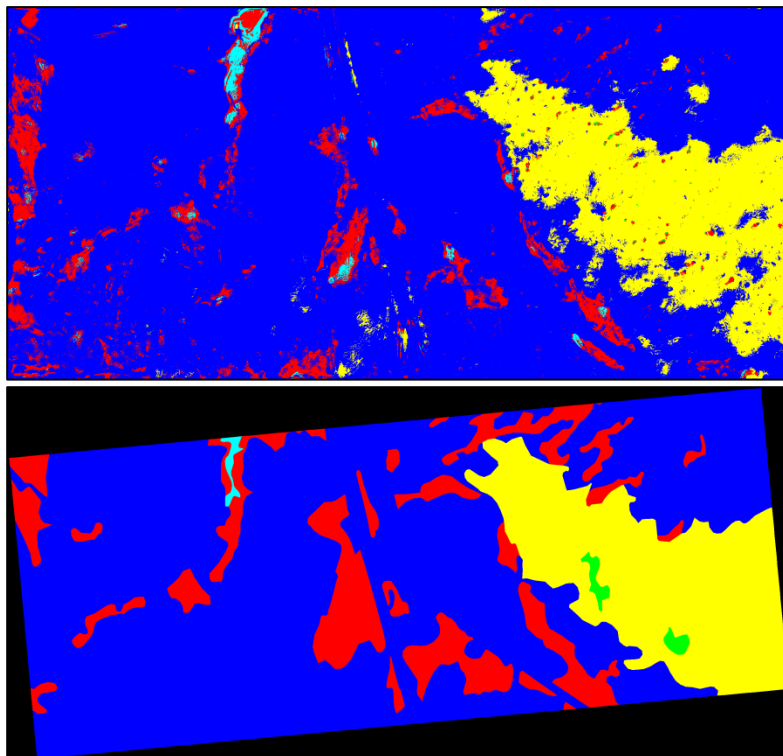


Figur 12. Antall meter grenselinje i den manuelle tolkningen av arealer i Dovreområdet er plottet langs y-aksen mot avstand i meter til nærmeste grenselinjepunkt i den automatiske segmenteringen (rødbrun farge basert på RGB-data og grønn linje RGB,IR, NDVI og strukturinformasjon). Det er liten forskjell mellom de to segmenteringene.

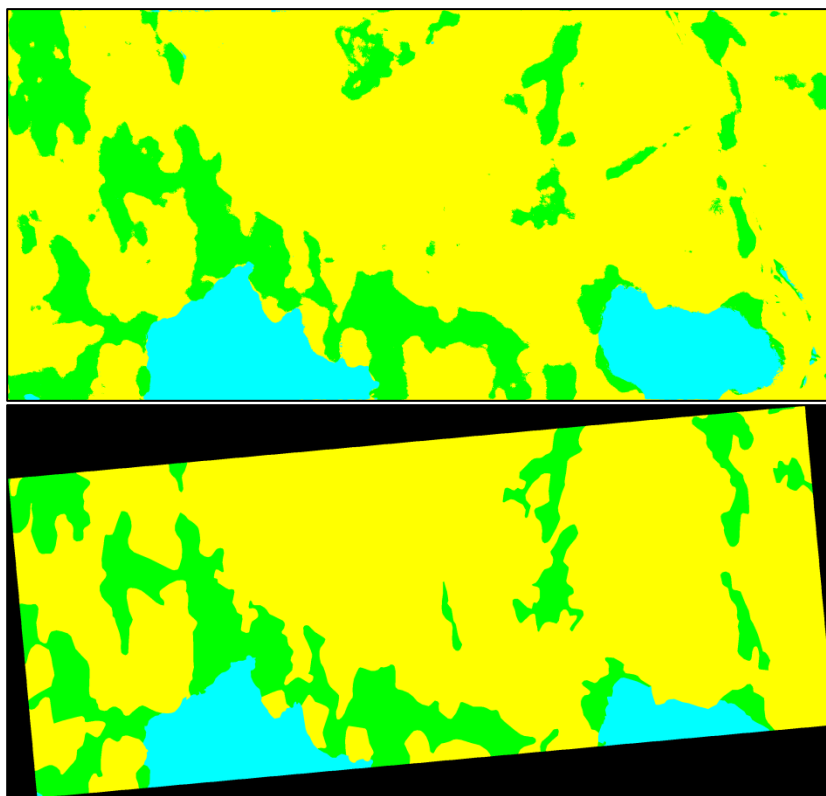


Figur 13. Kvaliteten på grensene i 60 tilfeldig utvalgte polygoner målt i åtte sektorer i en sirkel plassert over polygonet. 8 betyr at kvaliteten er vurdert god i samtlige åtte sektorer. Resultatene er sortert fra best (verdi 8) til dårligst (verdi 3) for den enkleste segmenteringen som er basert på RGB (blå farge i figuren). Røde kolonner viser segmenteringen der også IR-dataene er inkludert og grønn farge både IR, NDVI og strukturparametre.

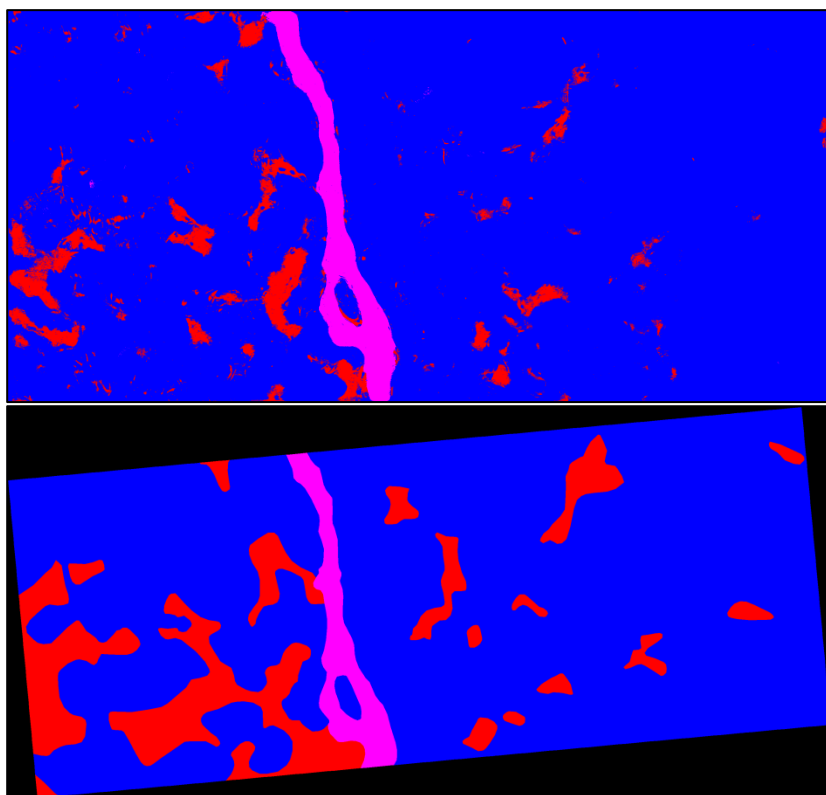
Et innledende forsøk med automatisk klassifisering av arealtypene på områdene Dovre, Åsnes og Nord-Fron viste seg å være vellykket når man visuelt sammenligner med den manuelle tolkningen (**figur 14-16**), og man ser bort fra mulig forvirring mellom klassene “Myr over skoggrensa” og “Myr under skoggrensa” (**figur 14**). Skogområder skiller seg spektralt fra andre arealklasser og er derfor spesielt egnet for automatisk analyse. I **figur 14** og **16** ser vi at noen myr-områder er klassifisert til fastmark.



Figur 14. Arealsegmentering Dovre. Øverst automatisk metodikk, nederst manuell tolkning. Rød: Myr over skoggrensa. Grønn: Myr under skoggrensa. Blå: Fastmark over skoggrensa. Gul: Skog og åpen fastmark under skoggrensa. Lys blå: Tjern.



Figur 15. Arealsegmentering Åsnes. Øverst automatisk metodikk, nederst manuell tolkning. Grønn: Myr under skoggrensa: Gul: Skog og åpen fastmark under skoggrensa: Lys blå: Tjern.



Figur 16. Arealsegmentering Nord-Fron. Øverst automatisk metodikk, nederst manuell tolkning. Rød: Myr over skoggrensa. Blå: Fastmark over skoggrensa. Lilla: Elv.

3.4 Automatisk registrering av indikatorer

3.4.1 Rutepunkt – dekningsgrad

Estimering av dekningsgradindikatorerne er noe mer utfordrende enn arealsegmenteringen siden det spektrale innholdet i klassene har stor spektral variasjon. Dette gjenspeiler seg i forvirringsmatrisene (**tabell 7- tabell 8**). For Dovre er ytelsen akseptabel for Feltdekke og Lavdekke mens bare 37 % av Buskdekke blir korrekt klassifisert. For Nord-Fron er ytelsen akseptabel for Feltdekke, mens bare halvparten av Buskdekke blir korrekt registrert. Her er klasser med mindre enn 25 observasjoner ikke tatt med.

Tabell 7. Forvirringsmatrise dekningsgradsestimering Dovre.

Klasse	Buskdekke	Feltdekke	Lavdekke	Total
Buskdekke	37,2 %	15,5 %	7,12 %	20,9 %
Feltdekke	57,0 %	80,9 %	17,9 %	68,8 %
Lavdekke	3,8 %	3,6 %	75,0 %	10,3 %
Total	100 %	100 %	100 %	100 %

Tabell 8. Forvirringsmatrise dekningsgradsestimering Nord-Fron.

Klasse	Buskdekke	Feltdekke	Total
Buskdekke	51,0 %	22,7 %	35,7 %
Feltdekke	49,0 %	77,3 %	64,3 %
Total	100 %	100 %	100 %

3.4.2 Linjer og punkter

Skoggrense: For å finne skoggrensa ble resultatet fra arealsegmenteringen benyttet. Segmentering av skog viste seg å være godt mulig, og skoggrensa kan da hentes ut fra skog-silhuetten (**figur 17-18**). Noen kontekstbaserte regler må konstrueres for hvordan en skal håndtere små åpne områder i skog.

Senterlinje kjørbare asfaltvei og jernbane: Deteksjon av asfaltert vei og jernbane egner seg godt for automatisk analyse. I hovedsaken er det den spektrale signaturen til asfalt og jernbane som skiller seg fra andre objekter i bildet, og dermed muliggjør en slik deteksjon.

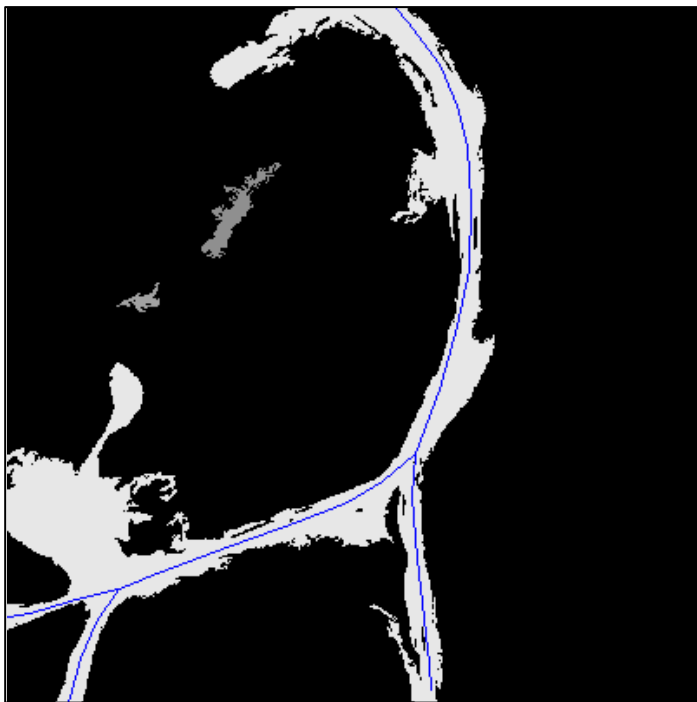
Senterlinje kjørbare grusvei: Deteksjon av grusvei egner seg godt for automatisk analyse (**figur 19**). Merk at også andre grusveilignende objekter som for eksempel snuplasser og møteplasser også har stor sannsynlighet for å bli oppdaget. Andre grusveiobjekter som også blir registrert er veiskuldre til asfaltert vei.



Figur 17. Registrering av tresatt areal, Dovre. Rød er automatisk registrert grense, mens hvit er manuelt tolket. Se også figur 11 og 14.



Figur 18. Registrering av tresatt areal, Nord-Fron. Rød er automatisk registrert grense, mens hvit er manuelt tolket.

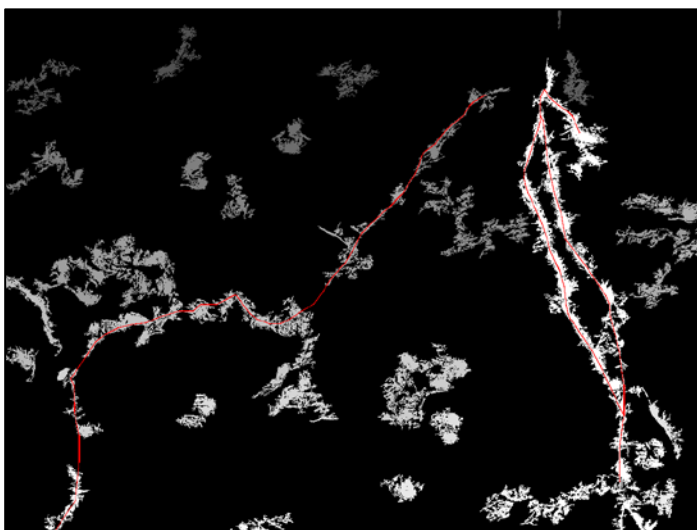


Figur 19. Deteksjon av grusvei, Dovre. Manuelt tolket grusvei er angitt som blå linje. Andre objekter er automatisk segmentert grusvei.

Høyspentlinje: Deteksjon av høyspentlinje er *ikke* egnet for automatisk bildeanalyse. Høyspentlinjer kan imidlertid hentes fra FKB-data, f.eks Kartverkets landsdekkende M711-serie.

Tydelig grøft, sti og kjørespor: Nøyaktig deteksjon av disse indikatorene i bildet er meget utfordrende siden variasjonen innen hver av disse klassene er meget stor (**figur 20**). Ofte blir det en oversegentering av disse områdene.

Det er ikke gjort forsøk på å skille bygningsruiner fra andre bygninger. Dette er utfordrende å få til automatisk, men en mulig vei kan være å detektere hjørnepunkter og linjesegmenter.



Figur 20. Deteksjon av sti, Nord-Fron. Manuelt tolket sti er angitt som rød linje. Andre objekter er automatisk segmentert sti.

4 Diskusjon og vurderinger

4.1 Arealrepresentativt utvalg. Hva fanges opp og hva fanges ikke opp?

For å registrere egenskaper i naturen presist med tanke på endringer er det alltid best med en nøyaktig registrering som inkluderer feltarbeid. Dette er imidlertid ikke mulig å gjennomføre hvis de arealene man ønsker å dekke er store. Ved overvåking, enten den skal gjennomføres for alt areal eller av verneområder spesielt, er det flere viktige momenter man må ta hensyn til for å finne fram til en registreringsmetodikk som er relevant for formålet:

- En god spesifisering av formålet og et utvalg av indikatorer som er relevant for dette.
- En kost-effektiv undersøkelsesdesign med tanke på bruk av fjernanalyse, registrerings-teknikker og feltkontroll som sikrer pålitelige data.
- Utvalgsteknikker hvis arealene er så vidt store at man må arbeide med utvalg i under-søkelsen.

Norske verneområder representerer et stort mangfold når det gjelder størrelse, naturinnhold og verneformål. Mange områder er små og har et definert avgrenset formål. Verneformålet vil være direkte relevant ved utvalg av overvåkingsregime for det enkelte verneområde. Prosessen med å systematisere forvaltningen og foreslå spesielle overvåkingstiltak i hvert enkelt område styres gjennom utarbeidelse av forvaltningsplaner (se for eksempel Erikstad m.fl. 2010). Etter hvert som det vil eksistere forvaltningsplaner for mange verneområder med tilhørende overvåkingsdata, er det viktig at disse samles slik at man fra dette materialet kan trekke ut aggregerte data og bruke disse i ulike nasjonale oversikter med stor grad av detaljering.

For de små verneområdene kan slik overvåking relativt lett skje ved jevnlig inspeksjoner i felt, eventuelt ved flyfotoanalyser på mer overordnet nivå for hvert omdrev i den nasjonale flyfoto-graferingen av landet. I slike områder vil det være rimelig å gjøre registreringene fra flyfoto arealdekkende. For bruk i generell nasjonal statistikk vil det være et poeng å utarbeide et sett med obligatoriske nasjonale indikatorer slik at man får et sammenlignbart datasett selv om de enkelte verneområdene er ulike.

For store verneområder vil en slik strategi bli for omfattende og for dyr. Problemet kan deles i to som krever hver sin strategi for å løses:

- Arealproblemet (heldekkende registrering tar for mye tid)
- Naturtypeproblemet (verneformålet har spesifikke krav som gjør at man bør følge med på utviklingen av naturtyper som er små, sjeldne eller der relevante indikatorer ikke lar seg registrere ved hjelp av flyfoto).

Arealproblemet er løsbart ved å bruke statistiske utvalg for å få fram data som er representative for hele området, evt. mange områder. Det er her viktig at dette er en løsning på problemet der resultatet er statistikk med definert usikkerhet. Med andre ord vil slik overvåking ikke kunne løse for eksempel juridiske problemer på et gitt sted, men skaffe en oversikt til forvaltningen slik at forvaltningsstrategien på overordnet nivå kan oppjusteres og forbedres løpende. Det er i denne sammenheng et poeng om overvåkingen kan knyttes til overvåking av noen tilsvarende indikatorer også utenfor verneområdene. Rent forvaltningsmessig er det viktig om en observert endring er generell eller avvikende innenfor verneområdene.

For generell arealovervåking av alle arealer er problemstillingen helt tilsvarende. Eneste forskjell er at totalarealet er enda større.

Denne rapporten er knyttet til et eksisterende regulært nettverk av undersøkelsesfelt (AR 18X18). Et slikt regulært nett er egnet for arealrepresentative registreringer over store områder

og med relativt generelle problemstillinger. Gode eksempler fra denne rapporten er endringer i skoggrensa og gjengroing og menneskelig påvirkning av myr. Et eksempel på naturtyper som ikke fanges opp er kilder og kildevegetasjon fordi naturtypen er for sjelden, spredt og ofte for liten, og fordi enkelte indikatorer som bør registreres, krever feltbesøk.

En annen form for statistisk utvalg er tilfeldig utvalg, eventuelt stratifisert tilfeldig utvalg. Dette er en utvalgsmetode som kan være mer egnet til naturtyper som for eksempel kilder. Forutsetningen er at man vet noe om hvor kildene er, enten helt konkret gjennom kartfestede registreringer, eller at man vet så mye om hvor kilder opptrer at det er mulig å benytte prediktiv modellering i prosessen. Ved å sørge for tilfeldig uttrekk av tilstrekkelig mange områder som inneholder kilder, eller der sannsynlighet for forekomster av kilder er stor, vil man kunne få fram et statistisk representativt overvåkingsmateriale. Skal man i hovedsak utføre overvåkingen ved hjelp av flyfoto, vil man for mange naturtyper være avhengige av en innledende registrering som identifiserer naturtypen. Så kan man benytte flyfoto for å registrere relevante endringer av typen som for eksempel beskrives i denne rapporten.

4.2 Manuell kartlegging av arealer og indikatorer

Prosedyren ved manuell kartlegging av arealer omfatter mange operasjoner som til dels kan være tid- og dermed kostnadskrevende. Distribusjonen av digitale flyfoto er i ferd med å finne sin form og i dette prosjektet erfarte vi at det var en viss manglende standardisering av nødvendig teknisk informasjon som fulgte bildene.

Ortofoto eller flyfoto-stereomodeller?

For å tolke og registrere de arealene og indikatorene vi ønsker, er det en stor fordel å benytte seg av flyfotoenes egenskaper for tredimensjonal betraktning og tolkning (stereomodeller). Det å få en visuell innebygget representasjon av terrenget øker tolkningskraften i bildene sammenlignet med todimensjonal betraktning av for eksempel ortofoto. I en koordinatfestet stereomodel kan tolkeren se terrengets høydeforskjeller. Dette er en opplysning som er viktig ved for eksempel avgrensningen av en myr, eller for å kunne registrere en høyspentlinje med god stedfestingsnøyaktighet.

Et ortofoto er en mosaikk av flybilder som er korrigert for høydeforskjeller i terrenget, slik at det er blitt mål-holdig (det vil si ensartet målestokk over hele bildet). Wms-tjenesten "Norge i bilder" dekker hele Norge med ortofoto, og det er mulig å tolke og registrere arealer og indikatorer direkte på en vanlig PC-skjerm med egnet programvare. Den manglende høydeinformasjonen (ikke 3D) gjør tolkning fra ortofoto både vanskeligere og mer usikker på noen arealtyper (myrer og fuktige partier) og på noen indikatorer (busksjikt, feltsjikt, grøfter, høyspentlinjer, små bygninger), og vil trolig gi et produkt med dårligere fullstendighet og dårligere nøyaktighet, enn det en tolkning gjort på stereomodeller i et stereoinstrument vil gi.

Tolkning fra ortofoto er teknisk sett enklere og raskere for de fleste (krever ikke spesialutstyr i samme grad), men vil trolig uansett kunne bli mer tidkrevende på grunn større usikkerhet hos tolker.

Oppløsning/skarphet i bildene:

Med stadig bedre oppløsning på flykameraene kombinert med et vedtak om å beholde flyhøyden uendret for omløpsfotograferingen i Norge, får vi etter hvert høyere oppløsning/større skarphet i flybildene. De første omløpsfotograferingene med digitale kamera (ca 2006) hadde en oppløsning hvor hvert piksel i bildebrikken dekket et område på 0,5m x 0,5m på bakken, kalt "Ground Sample Distance" (GSD). GSD er med de nyeste kameraene/bildebrikkene nede på

ca 0,3m. Denne forbedringen er selvsagt et pluss i tolkningssammenheng, og særlig for synbarheten av de minste indikatorene som busk- og feltsjikt.

Kvalitetsforskjeller på bildene:

På noen bilder var det ikke mulig å få ut mer opplysninger ved å bruke "Histogram Equalisation" (en kontrast-manipulasjon av bildet der fordelingen av fargesignalene (histogrammet) spres på et størst mulig antall gråtoneverdier). Bildene ble helt hvite eller ble bare "støy". Dette skyldes trolig leverandørens innstillinger ved prosesseringen av bildene. Det er en del forskjeller i bildene knyttet til den tid på året de er tatt. Noen bilder er fra midtsommer med grønn og frodig vegetasjon, noen fra vårperioden hvor gress for eksempel ikke er godt utviklet i fjellet og noen fra høsten når løvverk har begynt å gulne. Slike forskjeller representerer en utfordring ved tolkning og understreker et behov for å bruke erfarne tolkere til slikt arbeid. Disse forskjellene i vegetasjonens utvikling gjennom året er ikke minst viktige ved IR-bilder, fordi IR-refleksene er sterkt knyttet opp mot vegetasjonens klorofyllinnhold.

Generelle erfaringer:

I høyfjellsterreng kan det være vanskelig å trekke areallinje for "skoggrense". I praksis blir det ofte å figurere ut skogfigurer som man synes "er store nok". Deler av en utvalgsflate kan være "over skoggrense" i de laveste områdene og skogsarealene ligger høyere opp(eks. 1621_Nord-Fron). Dette skyldes tidligere avskoging(husdyrhold, hogst etc.) og/eller lokale temperatur- og/eller grunnforhold som gjør at skogen kommer veldig sent tilbake eller aldri har vært der. I naturtypesammenheng er det koblet til begrepet boreal hei til skille fra fjellhei (Halvorsen m fl. 2010). Kompleksiteten i en så vidt enkel indikator som skoggrense (både med tanke på definisjon og praktisk registrering) illustrerer også en utfordring med tanke på at metodikken skal brukes til overvåking. Det er viktig å sikre konsistente registreringer og indikatorer slik at forskjellen som kommer fram ved registreringer på ulikt tidsrom ikke bare gjenspeiler metodisk usikkerhet.

For å sikre konsistens i et overvåkingsopplegg kan man legge skoggrenseproblematikken til side og isteden registrere dekningsgrad av vegetasjon i ulike sjikt innenfor fast avgrensede flater, slik det er gjort i denne undersøkelsen. Det vil gi en god statistikk om gjengroing i form av økende tredekning. Ei fast tregrense trukket ved undersøkelsens oppstart vil gi grunnlag for å gi statistikk for gjengroing over og under denne tregrensa. Ei slik tregrense vil ha et subjektivt tilsnitt (uansett om den trekkes manuelt eller automatisk). Det viktige er imidlertid å holde den fast over lengre tid, som referanseramme for dekningsstatistikken.

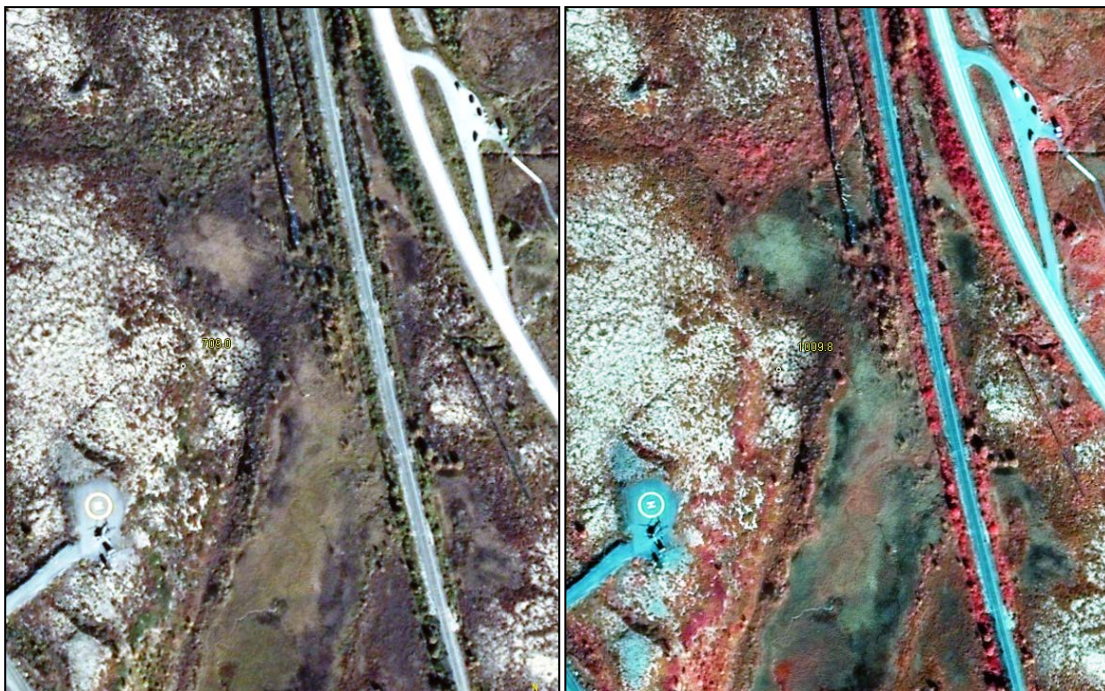
Det er viktig å merke seg at ved registreringer der det kommer inn et stort tolkningsskjønn vil faren for økt usikkerhet bli større ved gjentakregistreringer samt ved skifte av tolker. Det gjør at sammenligning av forskjeller med mange års mellomrom kan bli beheftet med relativt store feil. Dette problemet er illustrert av vår uavhengige gjentakstest der avvik ikke minst knyttet til feltsjikt/busksjikt trolig i hovedsak skyldes skifte av tolker med ulik erfaring og der resultatet ville kunne bli et falskt bilde av naturendring.

Vi har sett at det ligger en stor nytte i å kunne manipulere bildene med "Histogram Equalisation" og få ut mer informasjon av bildenes fargespekter og kontraster (**figur 21 og 22**). Denne prosedyren er brukt gjennom hele tolkningsarbeidet. Vi har også hatt stor nytte av enkelt å kunne veksle mellom visning med og visning uten kartdata i tolkningsskjermen i de tilfellene hvor kartdataene visuelt virker forstyrrende for tolkingen(hindrer innsyn i bildene). En vurdering av i hvilken grad ulike indikatorer lar seg registrere ved hjelp av flyfoto er gitt i **tabell 9**.

Tabell 9. Ulike indikatorer med en vurdering i hvilken grad disse kan tolkes fra flyfoto.

Indikator	Vurdering
Tresjikt-tetthet	Målbart i flybilder i form av <i>tre/ikke tre</i> på utlagt rutenett.
Tre-slag	<p>Avhengig av bildeoppløsning/flyhøyde kan det skilles mer eller mindre godt mellom ulike hovedgrupper av treslag. Ved bruk av bilder fra omløpsfotograferingen over Norge med en bakkepixelsoppløsning på ca 30 cm, kan det skilles mellom tilnærmet ren lauvskog, i noen grad blandingsskog (lauv + bar), og tilnærmet ren barskog. Blandingsskog bestående av lauvskog inneholdende mer kortvokste bartrær, for eksempel plantede grantrær, vil ofte bli tolket som ren lauvskog. Dette fordi barskog-innslaget er vanskelig å oppdage i slike tilfeller. Lauvskogen hindrer innsyn, dessuten er unge gran- og furuplanter så lyse i fargen at de lett kan lett tolkes som lauvskog. Store grantrær eller grupper med grantrær kan skilles ut i lauvskog</p> <p>For barskog kan det skilles mellom furu- og gran-skog. Fremmede treslag som for eksempel sitka og buskfuru er ikke mulig å tolke fra flybilder, og må eventuelt gjøres i felt. IR-bilder kan muligens ha et visst fortrinn ved tolkning av ulike skogtyper/treslag.</p>
Busksjikt-tetthet	Målbart i flybilder i form av <i>busk/ikke busk</i> på utlagt rutenett.
Busk-slag	<p>Arealer med vierkratt er ofte greie å tolke i omløpsfotograferingen på grunnlag av vierens lyse grønnfarge og sin biotop. Einerdominerte arealer kan trolig med en viss erfaring/opplæring, skilles fra dvergbjørkdominerte arealer, i høyfjellsterreng, men vil være forbundet med en del risiko for feiltolkning. Å si hva slags busk(er) som vokser på et bestemt punkt, er oftest umulig, og slike registreringer må eventuelt gjøres i felt.</p>
Feltsjikt	Lavmark er det eneste som kan tolkes med sikkerhet i feltsjiktet. Å skille mellom urter og gress er ikke mulig uansett bildetype og bildemålestokk.
Myr, kilder og fuktige områder	<p>Myrer og fuktige områder ses mer eller mindre godt avhengig av fuktighetsgrad, helning og form på terrenget. Små bekkelinjer, pytter og vierkratt indikerer også hvor det er fuktig i marka. IR-bilder synes å ha et lite fortrinn framfor RGB-bilder, da fuktige partier har en dårlig IR-refleksjon, og gjengis mørkt i IR-bilder. (Åpent vann er helt sort.) Kilder kan ikke tolkes fra flybilder, og må eventuelt oppsøkes og registreres i felt.</p>
Jordbruk	Jordbruk er greit å tolke på RGB-bilder. Mindre erfarne tolkere kan trolig forveksle dyrka areal med grasmyr på IR-bilder.
Vegetasjonsfrie områder	<p>Fjell i dagen og blokkmark ses godt. Større enkeltsteiner ses også godt hvis de ikke er dekket av busker eller trær. Områder med fjell eller grus i dagen kan med en uerfaren tolker forveksles med lavmark, men fjell og grusområder er mørkere grå i fargen enn lavmarksområder. Vegetasjonsfrie områder skiller seg godt ut på IR-bilder med sin blåfarge. (Enslige steiner lyser best opp på RGB-bilder som hvite eller lysegrå punkter.)</p>
Veier	Ulike typer veier er relativt greie å skille fra hverandre på omløpsfotograferingen. Det er enklest på IR-bilder, hvor særlig grusveiene får en tydelig blåfarge.

Kjørespor	Kjørespor etter traktorer eller ATV'er (firehjuls motorsykler) sees godt der disse har laget sår i vegetasjonen/jordsmonnet. Det er ikke mulig å skille mellom ulike kjøretøy i vesentlig grad. En traktor kan kanskje skilles fra en ATV på grunnlag av vesentlig forskjell i akselbredden.
Sti	Ses mer eller mindre godt. Lite brukte stier (f.eks. til enslig hytte) kan være vanskelig å se.
Krysningsanalyse ferdse:	Dette bør være mulig å lage, men tolker må bruke noe tid på å vise sammenhengen der det er brudd i synlige stier. <i>Skog og landskap</i> 's erfaringer med ferdseanalyse (flater på 1000x1000m ² i jordbrukslandskap), kan tyde på at et areal på 900x1500m ² (eller 1500x1500m ²) i skogs- eller høyfjellsterreng også er for lite areal til å få en skikkelig ferdseanalyse.
Høyspentlinje:	De minste høyspentlinjene kan fort bli oversett på bilder fra omløpsfotograferingen hvis man ikke har et kart å sjekke mot. Større høyspentlinjer ses godt. Linje til skitrekk kan også oppdages på grunnlag av endret markstruktur og master i skitrekke.
Telemaster	Disse sees godt på omløpsfotograferingen når de er over 10-15 meter høye.
Endret markstruktur	Utgravinger(fjell-, grus-, sand-, jord-) er greie å se så lenge disse ikke er gjengrodd med ny vegetasjon. Torv-uttak (på myr) er greie å se så lenge disse ikke er gjengrodd med ny vegetasjon.
Grøfter	Grøfter er greie å se så lenge disse ikke er overgrodd med ny vegetasjon. Helt nye grøfter skilles lett ut ved at det fremdeles ligger vegetasjonsfri uttaks masse ved siden av grøft. Eldre grøfter kjennetegnes ved at de er blitt mer "utvisket" i bildet og/eller at de er mer eller mindre overgrodd med busker og trær
Krysningsanalyse grøfter	Dette er vanligvis ikke noe problem å lage for nyere grøftesystemer. For eldre overgrodde grøftesystemer kan det være vanskelig å få registrert alle grøfter og alle forbindelser. Et annet problem kan være å forstå at grøfter er forbundet med rør under bakken (for eksempel under en vei).
Bygninger	<p>Å kartlegge bygninger som areal virker lite hensiktsmessig (arbeidskrevende). Her er det snakk om mindre bygninger som ikke dekker store arealer. Eventuell arealregistrering kan være klart opparbeidet hytte-tomt. Selve bygningene kan registreres som punktojekter. Det kan eventuelt skilles på ulike typer bygninger, f.eks. <i>mindre hytte/koie</i>(opp til ca 100m²), <i>uthus</i>, <i>større hytte</i> (for eksempel klart over 100m²), <i>leilighetskompleks/hotell</i>, <i>forretnings-/industribygg</i>.</p> <p>Det kan også registreres "tun-punkt" for hver hytte-enhet (beboelses-hus med tilhørende uthus). Ønskes det å vite hvilke bygninger som hører sammen kan det også eventuelt slås en egen "tun-grense" rundt bygningene eller hvert bygnings-punkt kan gis en "tuntilhørighetskode". Det kan settes en nedre grense for hvilke bygninger som skal registreres (f.eks. 4-5 m²). Da unngår man mange objekter som er vanskelig å tolke, som utedoer, brønnhus, vedstabler osv., men dette må avveies mot overvåkningsformålet. Punktregistrering av bygninger gir mulighet for å lage tetthetsanalyser. GAB registeret kan evt. tas i bruk.</p>



Figur 21. RGB-utsnitt og IR-utsnitt over samme område. "Histogram Equalisation" får fram fargene i bildene. Helikopterplass omgitt av åpne "sår" i vegetasjonen, store lyse områder med lavmark, store myrområder, jernbanelinje med grøft (og le-skjerm) Øverst til høyre asfaltert vei med rasteplass og stier/gangveier. (utsnitt fra 1726_Dovre)



Figur 22. Utsnitt fra RGB-bilde med og uten "Histogram Equalisation". Bildene viser godt hvordan "Histogram Equalisation" gir større kontraster og mer "smell" i fargene. Dette kan noen ganger være til hjelp i tolkningen av bl.a. busksjikt og myrer. (Utsnitt fra 1726_Dovre)

Erfaringer på spesielt areal typer/rutenettspunkter:

Det er vanskelig å skille mellom feltsjikt og sjikt med lave busker der buskene danner store sammenhengende tepper som for eksempel mark dominert av dvergbjørk. Den vanskeligheten er særlig stor på eldre bilder med relativt lav oppløsning fordi disse bildene framtrer som uklare (mindre skarpe).

Noen ganger treffer rutenettspunktet/målepunktet i et skille mellom to indikatortyper (eks. kant vann/busksjikt, kant fjell/feltsjikt, kant trekrone/feltsjikt osv). Dette forklarer trolig de fleste av forskjellene mellom RGB- og IR-punktregistreringene og er synlig også i resultatene fra den uavhengige punktevalueringen der et relativt stort antall punkter med avvikende registreringer hadde opprinnelig registrering tett på i sitt nabolag. Ved manuell registrering vil valgt registrering bli et skjønnsspørsmål. Den ene gangen (RGB) ble et gitt punkt registrert slik, neste gang (IR) kanskje annerledes. Med bedre innarbeidede arbeidsrutiner/mer erfaring vil disse tolkningene bli mer ensartet. For statistiske formål må man kunne forutsette at plaseringsfeilene kansellerer hverandre. Beregnet gjennomsnitt for to tidspunkter er dermed sammenlignbare, selv om endringene på enkeltpunktene ikke er det. Innfallsvinkelen med å beregne gjennomsnittsverdiene på to tidspunkter gir noe høyere usikkerhet i estimatene enn når man baserer seg på observert endring på enkeltpunkter. Dette er imidlertid neppe kritisk fordi punktmengden uansett bør være stor.

For å sikre best mulig geografisk nøyaktighet mellom ulike bildesett (fotograferinger) bør man registrere noen stabile terrengdetaljer (midtpunkt på større steiner, midtpunkt på mindre tak, takmøner osv.) ved 1. omdrevs tolkning for å kunne være sikker på å få samme innpassing på 2. omdrevs bilder og dermed være mer uavhengig av ytre orienterings-elementer. Dette ble ikke gjort i evalueringsundersøkelsen og vi ser på enkelte steder at dette påvirker resultatet. Forskjellen kan være liten i meter (1-2m for eks), men så lenge man utfører en punktregistrering kan tolkningsresultatet bli ulikt.

Ved manuell registrering av skog vil tolkers forståelse av grensen mellom skog og enkeltrær, samt hvor stor en treklynge bør være før den registreres som skog, være av betydning. For å unngå falske endringsregistreringer må kriteriene her defineres klart på forhånd. Dette gjelder også om skog velges å registreres automatisk.

4.3 Betydningen av IR

Det ble registrert til dels betydelige kvalitetsforskjeller i bildene fra begge leverandørene. Inn-syn i partier med skygge varierte mye fra fotografering til fotografering. IR-bildene for 0507_Forsand ga for eksempel veldig mye informasjon i skyggepartier, mer enn i RGB-bildene over samme område. Dette er motsatt av hva man tradisjonelt kunne forvente av IR-bilder. Generelt virket IR-bildene ofte noe diffuse. Dette skyldes trolig fotograferingsforholdene; stor fotograferingshøyde og dis i lufta. Bilder fotografert om høsten (mindre dis) er ofte klarere. På den annen side vil IR-bilder som er tatt sent om høsten, gjengi vegetasjonen mindre fargeintensitet på grunn av plantenes lavere klorofyllinnhold.

En nærmere kontakt mellom bildeprodusent/-bruker vil øke sjansene for at det kan leveres optimale billedprodukter til spesialiserte formål som for eksempel naturovervåking.

Er IR-bilder en fordel?

Internasjonal litteratur, ikke minst fra Sverige, understreker betydningen av IR-bilder ved tolkning av naturforhold (se for eksempel Sickel et al. 2004). Disse studiene er særlig knyttet til registreringer i gradient fulldyrket kunstmark, kulturmark og ut i naturmark med ulik grad av tilstandsvariasjon knyttet til for eksempel beite og slått. Våre innrykk ved bruk av IR-bilder i vår

undersøkelse er imidlertid ikke så entydige. Det kan her være at tolkning av IR-bilder krever en spesialisert kompetanse/erfaring som vi ikke har, men det kan også være at IR-signalet har ulik betydning i forhold til ulike naturtyper og ikke minst ulike indikatorer. Det er ikke en selvfølge at bruk av IR alltid vil gi et bedre tolkningsresultat eller en bedre automatisk segmentering, selv om slike muligheter er registrert både her og i andre undersøkelser.

En hypotese (som riktignok ikke er undersøkt) er at diskusjonen om RGB kontra IR bilder skyldes at man ikke skiller klart mellom oppgavene "tolkning" og "grensedraining". Vår erfaring er at RGB og IR bilder er tilnærmet like gode som grunnlag for tolkning (dvs at man ikke vet hva som befinner seg på bakken, men prøver å tolke dette fra bildene). Hvis man derimot har gjort seg godt kjent på bakken gjennom feltarbeid vil oppgaven ha karakter av å trekke grenser mellom forekomster er som man vet er tilstede og kjenner omtrentlig lokaliteten til. Da har oppgaven ikke lenger karakter av tolkning, men av grensetrekning. For grensetrekning (når tolkning allerede er utført) vil IR bilder som oftest være et bedre grunnlag enn RGB bilder.

Registrering av inngrep

RGB og IR bilder er like med hensyn på registrering av tyngre inngrep (jernbane, vei, bygninger). For enklere inngrep (kjørespor, traktorvei, sti og grøfter) registreres noe mer i IR bilder enn i RGB bilder. Forskjellen er imidlertid hverken stor eller entydig (idet det også registreres forekomster i RGB bildene som ikke er registrert i IR bildene). Det understrekes også at fasit ikke er kjent, slik at en ikke vet hvilke av de to bildetyperne som ligger nærmest sannheten.

Myr og skog

Figurering av myrer i typiske skogflater er ofte påfallende lik mellom RGB-tolkning og IR-tolkning. Dette skyldes at grensen mellom myr og ikke myr normalt er tydelig avgrenset på slike skogflater. Marginale myrområder og fuktige områder skiller seg mer ut på IR-bildene enn på RGB-bildene. Man kan se i tolkningsresultatene at det er figurert ut større myrområder på IR-tolkningene, f.eks. fuktige områder med vierkratt og fuktige grunnlendte partier med sivevann. Arealavgrensningen for myr er også blitt mer detaljert på IR-tolkningene og mer generalisert på RGB-tolkningen. En tendens til det samme sees på registrering av skog mot høyfjell. På IR-bildene er det også noe lettere å skille mellom barskog, blandingsskog og lauvskog.

Ofte ser man egentlig ikke noe mer i IR-bildene enn man gjør i RGB-bildene over samme område, men det føles riktigere å tolke mer areal som myr, enn når man tolker RGB-bilder (se **figur 23**). En tendens til det samme sees for tolkning av skog. Det bør kanskje legges til at tolker har mindre erfaring med tolkning av IR- enn med RGB-bilder. Vanlige RGB-bilder gir også et godt grunnlag for tolkning av både myr og skog.

Det ble ikke registrert vesentlige endringer mellom RGB og IR-bildene for registrering av følgende indikatorer:

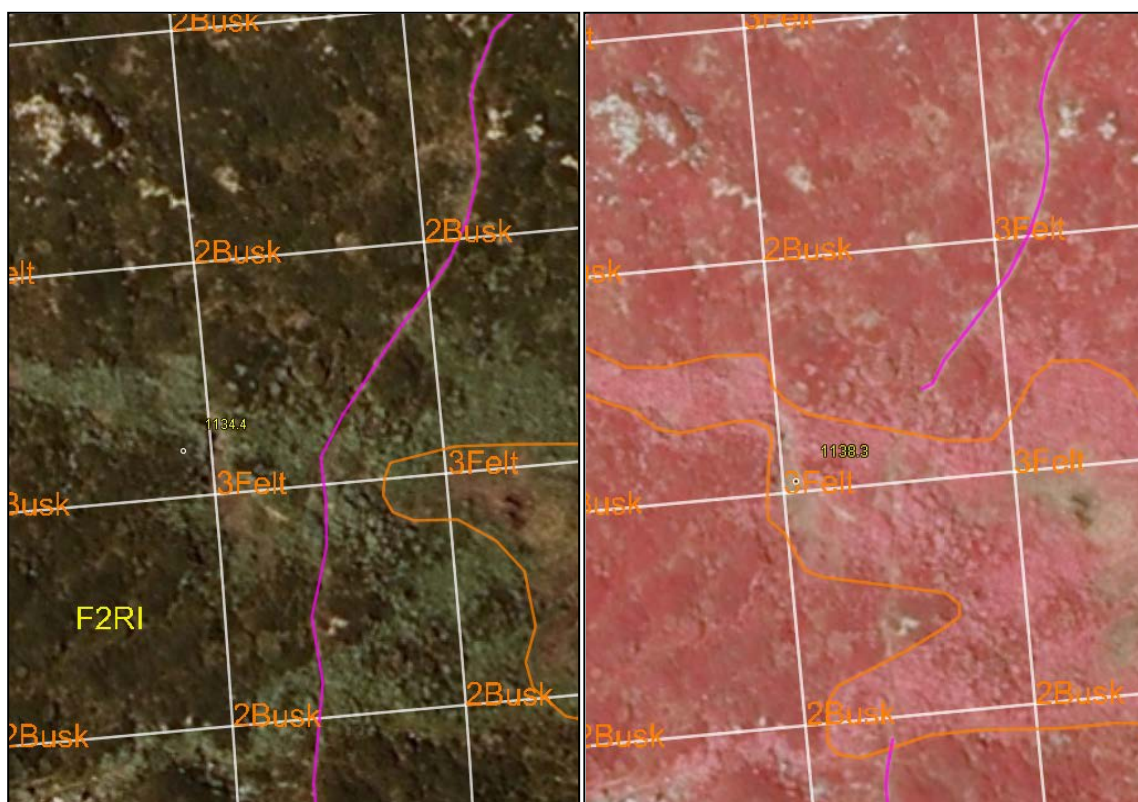
- Indikatorer som skal registreres som egne linje- og punktobjekter i kart (veier, stier, kjørespor, grøfter, bygninger m.m.)
- Trær så lenge det ikke skal skilles på tretyper (bar- eller lauvvtre)
- Busker
- Feltsjikt
- Jordbruk
- Vann

Det er registrert en viss nytte av IR ved registrering av lavmark i skille mot øvrig fastmark. Dette gjelder også fastmark uten vegetasjon som gjengis klart på IR-bilder. Det er også lettere å registrere bebyggd/opparbeidet areal. Fjell, grus og sand i dagen gjengis med blått eller blågrønt i bildet. Det er også lettere å skille mellom asfalt- og grusvei.

Skoggrensa

Det er ingen systematiske forskjeller i hvordan skoggrensa er trukket ved bruk av RGB og IR bilder. På tre av de fire flatene med skoggrensa er denne også trukket tilnærmet likt med skoggrensa som ble trukket av feltinventør i AR18X18. På den fjerde flata er skoggrensa tolket forskjellig fra feltinventør, men dette gjelder både ved bruk av RGB og IR bilde. Uoverensstemmelsen gjelder her tolkning av skoggrensa i et område med åpen myr og hei i Rogaland hvor flybildetolker har avgrenset tresatt areal mens feltinventør har vurdert deler av hei og myrarealet som åpent areal under skoggrensa. Dette understreker hvor vanskelig det er å finne en standardisert skoggrensa, og antyder at en "skoggrensa" trukket utelukkende ved bildeanalyse antagelig bør omtales som en "avgrensning av tresatt areal".

Det vil alltid være vesentlig rom for tolkning når man trekker skoggrensa på dette detaljeringsnivået. Det anbefales derfor ikke å måle eller rapportere endringer i skoggrensa ved å sammenligne slik tolkning av bilder fra ulike år. Et alternativ er å trekke en (omtrentlig) skoggrensa ved oppstart av overvåkingen og rapportere endring i tredekning (målt ved prikketelling) for arealet som ligger over denne skoggrensa (eventuelt i ulike avstandsbelter fra grensa).



Figur 23 Tolkingsresultat fra et utsnitt fra 1217_Hol med veksling mellom myr og fastmark. Legg merke til at myrarealet på IR-bildet er økt og er mindre generalisert, men legg merke til at disse grensene også er synlig på RGB-bilde selv om dette ikke ble tolket på samme måte.

Myr

Myr tolkes forskjellig i RGB og IR bilder. Myrarealet slik det er tolket i RGB bilder er på 1186 dekar, mot 1470 dekar i IR bildene. Det innebærer at nesten 25 % mer areal er tolket ut som myr i IR bildene. Basert på registreringene utført i felt i AR18X18 er forskjellen i rent myrareal (inkludert skog på myr) som er inkludert i tolkningsresultatene imidlertid bare 10 %. I IR bildene har tolkeren fanget opp 996 dekar myr (og skog på myr) mens 901 dekar er fanget opp i RGB

bildene. Tilsvarende areal registrert i felt er 1582 dekar, hvorav 923 dekar åpen myr og 659 dekar skogkledt myr (**tabell 10**). Det innebærer at man ved flybildetolkning uten feltarbeid utelater om lag en tredjedel av myrarealet, uansett bildetype. I IR bildene kompenseres dette ved at man feilaktig tolker inn om lag like mye fastmark i myrmaska.

Tabell 10 viser hvordan myrarealet tolket på hhv RGB og IR bilder er fordelt på arealtyper i AR18X18. Samtidig som tolkningen av IR bildene fanger opp noe mer faktisk myr enn tolkningen av RGB bildene, inkluderer også tolkningen av myr i IR bildene langt mer areal hei og høgstaudeeng enn tolkning utført i RGB bildene. Resultatet basert på IR bilder gir altså et riktigere anslag på totalt myrareal, men er egentlig mer upresist enn RGB tolkningen fordi betydelige arealer fastmark feilaktig er tolket som myr.

Tabell 10. Fordeling av tolket myrareal på ulike arealtyper i AR18X18. Tabellen viser hva som faktisk (i følge feltundersøkelsen i AR18X18) befinner seg i de områdene som er tolket som "Myr" i henholdsvis RGB og IR bildene. De to tallkolonnene til venstre viser prosentvis fordeling av vegetasjonstyper i den tolkede myra. For eksempel består 9.0 % av arealet som er tolket som myr i RGB bilde av skog, mens 9.6 % av arealet som er tolket som myr i IR bildet består av skog. De to tallkolonnene til høyre gir en videre findeling med hensyn på innslag av andre vegetasjonstyper (i mosaikk) innenfor hovedtypene Hei, Høgstaudeeng og Skog. Eksempel: Innenfor de 9 % av arealet som ble tolket som myr i RGB bildet men var klassifisert som skog under feltinventering, har 0,8 % innslag av sumpskog mens 8,2 % er uten slike innslag.

Hovedtype	Med vesentlige innslag av			
	RGB	IR	RGB	IR
Vann	2,5	2,0		
Fukthei	0,4	1,3		
Hei	10,8	16,2	Ingen	6,6
			Fukthei	0,1
			Høgstaudeeng	2,8
			Myr	3,0
Høgstaudeeng	0,9	3,1	Ingen	2,6
			Myr	0,5
Skog	9,0	9,6	Ingen	8,9
			Sumpskog	0,7
Myr (inkludert myr med skog)	76,4	67,8		
Sum	100	100		

4.4 Automatiske metoder, muligheter og begrensinger

Arealtolkning av naturtyper eller vegetasjonstyper utført i flybilder uten feltarbeid er generelt usikkert og anbefales derfor ikke. All fjernanalyse er avhengig av ulike nivåer for feltkalibrering. Usikkerheten er særlig stor for arealtyper med uklar avgrensning. Erfaringene fra tolkning av myr er et eksempel på dette. Problemet vil bli større ved mer kompliserte arealtyper, som å skille mellom ulike typer hei, myr eller skog. Som grunnlag for overvåking anbefales det derfor generelt å etablere arealinndelingen ved feltinventering evt. med større eller mindre grad av støtte fra fjernanalyse.

Resultatene fra tester vi har gjort i dette prosjektet antyder imidlertid at automatisk segmentering av tresatt areal kan være et verdifullt supplement til tradisjonelle metoder. En fordel med automatiske metoder her er at man kan holde kriteriene for definisjon av tresatt areal konstant

gjennom definisjonen av algoritmer som anvendes over hele arealet. Det må imidlertid understrekes at resultatet ikke nødvendigvis reflekterer skoggrenser slik den er definert tradisjonelt.

En automatisk segmentering bør ikke bare bli vurdert som et selvstendig alternativ, men vil også kunne vurderes som et tillegg til tradisjonelle metoder. Bruk av segmentering for hjelp knyttet til manuell fototolkning/feltarbeid kan være et godt alternativ. Mulighetene og vanskelighetene knyttet til ulike metoder varierer innen ulike naturtyper og for ulike indikatorer. Her bør man gjøre selvstendige valg knyttet til hva som er optimalt for hver enkelt naturtype og indikator.

Generalisering av registreringene er viktig også ved automatisk segmentering, og for overvåkningsformål er det like viktig å spesifisere kriterier her som ved manuell tolkning. I segmenteringstesten ved bruk av ulik input før segmentering, kan man se at selve segmenteringen kan endre seg betydelig og ikke nødvendigvis øke i kvalitet ved økt datainput. Man kan diskutere om det bør etableres faste segmenteringer i et område for senere registreringer av endringer fremfor å gjøre selvstendige segmenteringer for hvert enkelt datasett. Dette vil minske faren for kunstige endringssignaler.

Automatisk deteksjon av kjørespor, sti og grøfter er generelt vanskelig fra ortofoto, og en grundigere studie er nødvendig for å oppnå tilstrekkelig ytelse. Dette går på å trekke ut egnede egenskaper fra bildet som fremhever kjørespor, sti- og grøftestrukturer. Retningsfiltrene er en start på en slik analyse, og bør videreutvikles og tilpasses formålet. Det er interessant at automatisk segmentering knyttet til skog og skoggrense virker rimelig robust og i godt samsvar med manuell tolkning. Å gå fra tester som vi har gjort her til et ferdig utviklet og kvalitetsikret produkt er en lang vei. Et ferdig produkt vil kreve innføring av en mengde kontekstinformasjon og etterprosessering, og er utenfor rekkevidde i dette prosjektet. En slik etter-prosessering kan være å "tynne" silhuettene slik at senterlinjen blir funnet.

4.5 Supplerende datakilder, inklusive LIDAR og tidsserier.

Satellittbilder

Satellittbilder har fortsatt en noe lavere oppløsning enn flybilder (ned til 0,5-2m), er kostbare, særlig ved høy oppløsning, vanskeligere å bestille, gir begrensede leveringsmuligheter på grunn av skydekke m.m. Gratisbilder som Landsat har vesentlig lavere oppløsning (30m). Satellittbilder er derfor vanskelig å bruke for denne type detaljkartlegging på mindre avgrensede områder. På sikt kan man imidlertid tenke seg at man utvikler ekspertklassifiseringssystemer som benytter kombinasjoner av detaljdata fra flyfoto med data fra satellitt som har grovere oppløsning, men mer spesifisert informasjon (spektralt eller på annen måte). Her må man imidlertid regne med omfattende utprøvningsarbeid knyttet til konkrete formål. Det ventes etter hvert nye satellitter som gir hyppigere bilder, kanskje så hyppig at det blir mer aktuelt å utnytte tidsserier også for tolkning av arealdekke.

Radarscanning fra satellitt

Vegetasjonskartlegging fra syntetisk apertur radar (SAR) er lite utprøvd i Norge. Med denne teknikken belyses jordoverflaten med mikrobølger, disse reflekteres og man måler tilbakespredt signal. Styrken i dette signalet avhenger av arealdekket. For kartlegging av vegetasjon benyttes ofte SAR med flere polariseringer, det vil si orienteringer til det elektriske feltet i utsendt signal, og ved å måle styrkeforholdet mellom forskjellig polarisering oppnår man forbedrede muligheter for høyere detaljeringsgrad. Oppløsningen til SAR er for lav for at metoden har interesse for dette prosjektet med detaljkartlegging på mindre områder.

Flybåren laserscanning(LIDAR)

Dette er en relativt ny teknikk basert på at et flybåret instrument bombarderer (scanner) bakken med laserskudd og registrerer refleksene fra bakke, vegetasjon og infrastruktur fortløpende. Man får en punktsverm hvor hvert punkt i punktsvermen har sin bestemte posisjon (XYZ), og med sin bestemte refleksjons-indeksverdi avhengig av hva som er reflektert.

Teknikken har hovedsakelig vært brukt til å lage høydemodeller av bakken, men teknikken er under utvikling og brukes innenfor stadig nye typer kartleggingsoppdrag som også er svært aktuelle for formålet beskrevet i denne rapporten (Næsset & Nelson 2007, Nystrøm m.fl. 2010). Med riktig programvare og riktig kvalitet på data, kan man skille mellom laser-reflekser fra vegetasjonsløse områder, feltsjikt, trekroner osv. og kunne tildele disse hver sin klasse/farge. Slik kan man få et slags 3-dimensjonalt "punktsverm-kart" av bakken og vegetasjonen over bakken.

Punkt-tettheten er avgjørende for om man kan bruke dataene til et gitt formål. Stor tetthet på punktsvermen gir bedre muligheter til å kunne skille ut forskjellige indikatorer. Hvor stor tetthet som eventuelt kreves, og om det i det hele tatt er mulig å fange opp de indikatorene som ønskes, gjøres til gjenstand for utprøving i et eget prosjekt.

I Norge inkluderes Lidar-data stadig oftere inn som en del av geovekst-prosjekter. Vanlig punkttetthet på laserdataene er da i underkant 1pkt/m², men det finnes også geovekst-prosjekter hvor hele området eller deler av dette er scannet med vesentlig høyere punkttetthet. Slike geovekst-prosjekter kan være en kilde til Lidar-data i lavlandet (hvis gode nok data), men geovekst-prosjekter dekker ikke fjellområder, og man må der eventuelt basere seg på egen scanning.

Med så små "fotograferingsområder" som det her er snakk om (900x1500 m² eller 1500x1500 m²) vil trolig ikke økt punkttetthet på dataene øke de totale utgiftene i vesentlig grad, og det bør scannes med en relativ høy punkttetthet, for eksempel 5 pkt/ m². Høy punkt-tetthet vil være en klar fordel for å kunne skille på ulik vegetasjon og for å fange opp indikatorer som grøfter, kraftledninger, kjørespor, stier, busker, osv.

Enkelte aktører i markedet bruker LIDAR-data for å lage visse typer vegetasjonskart, beregne stående biomasse (hovedsakelig trær), m.m. Noen firmaer har også utviklet programmer for å gjenkjenne visse skogtyper (bioenergi) og treslag (løvtre og gran).

Prisen på LIDAR-data er avhengig av:

- Oppdragets størrelse. Hvor mange kvadrat-kilometer eller hvor mange utvalgsområder skal scannes? Store arealer/mange utvalgsflater gir lavere pris pr km².
- Grad av fleksibilitet med hensyn til fotograferingstidspunkt. Stor grad av fleksibilitet gir mulighet for å gjøre oppdraget i "ledige stunder" eller man kan "fly innom" på vei til og fra andre oppdrag.
- Lokaliseringen av "fotograferingsområdet" i forhold til hvor flyet er stasjonert.
- Topografien i aktuelt område. flatt terreng er rimeligere å scanne enn bratt terreng.
- Hvor tett skal det være med laserpunkter? Høyere tetthet krever lavere flyhøyde, som igjen krever flere flystriper, d.v.s. mer flytid.

Det er ikke realistisk å forvente full geografisk dekning av LIDAR med høy punkttetthet for fjellområdene i nær framtid. Det vil imidlertid representere en klar forbedring fra dagens situasjon om man kunne få en ny god høydemodell over hele landet basert på uavhengige målinger (ikke interpolering av koter slik dagens høydemodell er). Dette ville være innenfor rekkevidde hvis fjellområdene LIDAR-scannes med begrenset oppløsning for eksempel som en del av programmet for produksjon av ortofoto.

5 Arealrepresentativ overvåking som ledd i en fremtidig overvåking av naturmiljø.

Mål for en arealrepresentativ overvåking basert på denne rapportens resultater vil kunne være å følge status og endringer med hensyn på *inngrep* i og *gjengroing* av myr og snaumark i vernede områder i Norge. Skissen kan enkelt utvides til å undersøke samme tema på alt vernet landareal eller generell overvåking av fjell- og myrareal, evt. alle arealtyper.

Arealtolkning av naturtyper eller vegetasjonstyper utført i flybilder uten feltarbeid er generelt usikkert og anbefales derfor ikke. Flybildetolkning er derimot godt egnet som metode for å observere gjengroing og registrere menneskelige inngrep i myr og fjell. Inngrep måles ved registrering av synlige objekter og spor. Gjengroing måles gjennom prikketelling av dekningsgrad i ulike sjikt (tresjikt, busksjikt, feltsjikt, lav og barmark). Automatisk segmentering av ortofoto ser ut til å kunne bidra til en effektivisering av tradisjonell metode, men ikke erstatte denne.

Det var ved utgangen av 2009 vernet mer enn 51,000 km² i Norge (www.ssb.no). En realistisk tilnærming for å drive overvåking av dette arealet er å benytte en form for utvalgsmetode. Det er viktig at utvalgsmetoden er statistisk representativ, slik at resultatene har utsagnskraft for verneområder generelt – ikke bare de områdene som tilfeldigvis undersøkes. Samtidig er det nødvendig å tilpasse utvalgsmetoden til materialet og de aktuelle problemstillingene.

Man kan velge mellom to grunnleggende framgangsmåter for å konstruere statistiske utvalg av verneområder. Det ene er å velge ut enkelte verneområder fra ei liste ("*list frame survey*") og undersøke disse. Dette er gjennomførbart ved små verneområder, men vil bli svært ressurskrevende når verneområdene blir store. Den andre tilnærmingen er å dele det vernede arealet inn i geografiske enheter (for eksempel ruter) og gjøre et utvalg av disse enhetene ("*area frame survey*") (Stehman & Czaplewski 1998). AR18X18 - som er beskrevet ovenfor - er en "area frame" survey. En "area frame" survey er kostnadseffektivt og understøtter en systematisk tilnærming, men det er stor risiko for at de små verneområdene faller ut.

Et pragmatisk alternativ er derfor å skissere to ulike, men kompatible tilnærminger:

Tilnærmingen "List frame" benyttes for verneområder med (i hovedsak) liten utstrekning (for eksempel verneområder med vernetema "myr" eller alle verneområder mindre enn 5 km²). Her velges et tilfeldig utvalg verneområder fra ei liste og hele arealet i disse verneområdene undersøkes. Her kan man også koble seg til pågående overvåking i verneområdene ettersom slike blir satt i gang etter godkjent forvaltningsplan.

Tilnærmingen "Area frame" benyttes for verneområder generelt, hvor mange har stor utstrekning (større enn 5 km²). Her baseres overvåkingen på en landsdekkende "area frame" og areal i "area frame" som også faller innenfor et verneområde undersøkes.

Om det er behov for et referansemateriale av ikke vernede områder må også dette etableres som en "area frame" og behovet for dette bør ses i sammenheng om det er et ønske å utvide en slik arealrepresentativ overvåking til å bli landsdekkende for alle eller enkelte spesifiserte naturtyper til bruk i for eksempel naturindeks.

For øvrig vil undersøkelsen som gjennomføres være identisk for begge tilnærminger (og evt også i referanseutvalget). Status og utvikling i de ulike typene verneområder kan dermed sammenlignes, og det blir mulig å lage en samlet nasjonal framstilling. Ved behov for overvåking av spesielle små og fragmenterte naturtyper eller for indikatorer som ikke kan ses fra flyfoto må man legge til moduler med annen utvalgsteknikk som kan fange slike problemstillinger.

Størrelse på utvalgene

Som grunnregel bør et utvalg som skal brukes til å undersøke flere ulike forhold, som også antagelig vil ha ulike variasjonsmønstre, være størst mulig. I praksis bestemmes derfor også utvalgsstørrelsen mer av tilgjengelig budsjett enn av statistisk teori.

I siste publiserte datasett over verneområder i Norge (www.dirnat.no, Framstad m fl. 2010) er det 2251 verneområder i Fastlands-Norge med landareal under 5 km². Gjennomsnittlig landareal i disse områdene er 0,57 km². Med et utvalg på 150 områder kan dette arealet estimeres innenfor et 95% konfidensintervall på +/- 0,15 km². Økes utvalget til 300 områder krymper intervallet til +/- 0,10 km².

En kan anta at det ikke er behov for særskilt høy presisjon på estimatene ved overvåking av inngrep i og gjengroing av verneområder. Det er hvorvidt disse forholdene forekommer og om det eventuelt skjer endringer som er viktig å avdekke – ikke det nøyaktige antallet meter kjørespor eller den nøyaktige prosentvis dekningsgraden av busker og trær.

Det foreslås derfor som utgangspunkt å overvåke om lag 100 verneområder med vernetema "myr" i form av en "list frame" undersøkelse. Det innebærer at det trekkes ut 100 tilfeldige (av om lag 275) verneområder med dette vernetemaet. Det foretas ikke feltinventering av områdene, idet det antas at arealet i all hovedsak er myr. Antallet settes noe lavere enn ovenfor (100 istedenfor 150) fordi man likevel får med en stor andel (35 %) av verneområdene med vernetema myr.

Det foreslås derfor videre å overvåke om lag 220 områder i form av en "area frame" undersøkelse. Begrunnelsen er pragmatisk: Dette er antallet AR18X18 flater som helt eller delvis omfatter vernet areal. Noen av flatene vil inneholde mye vann, slik at det faktiske antallet er noe lavere.

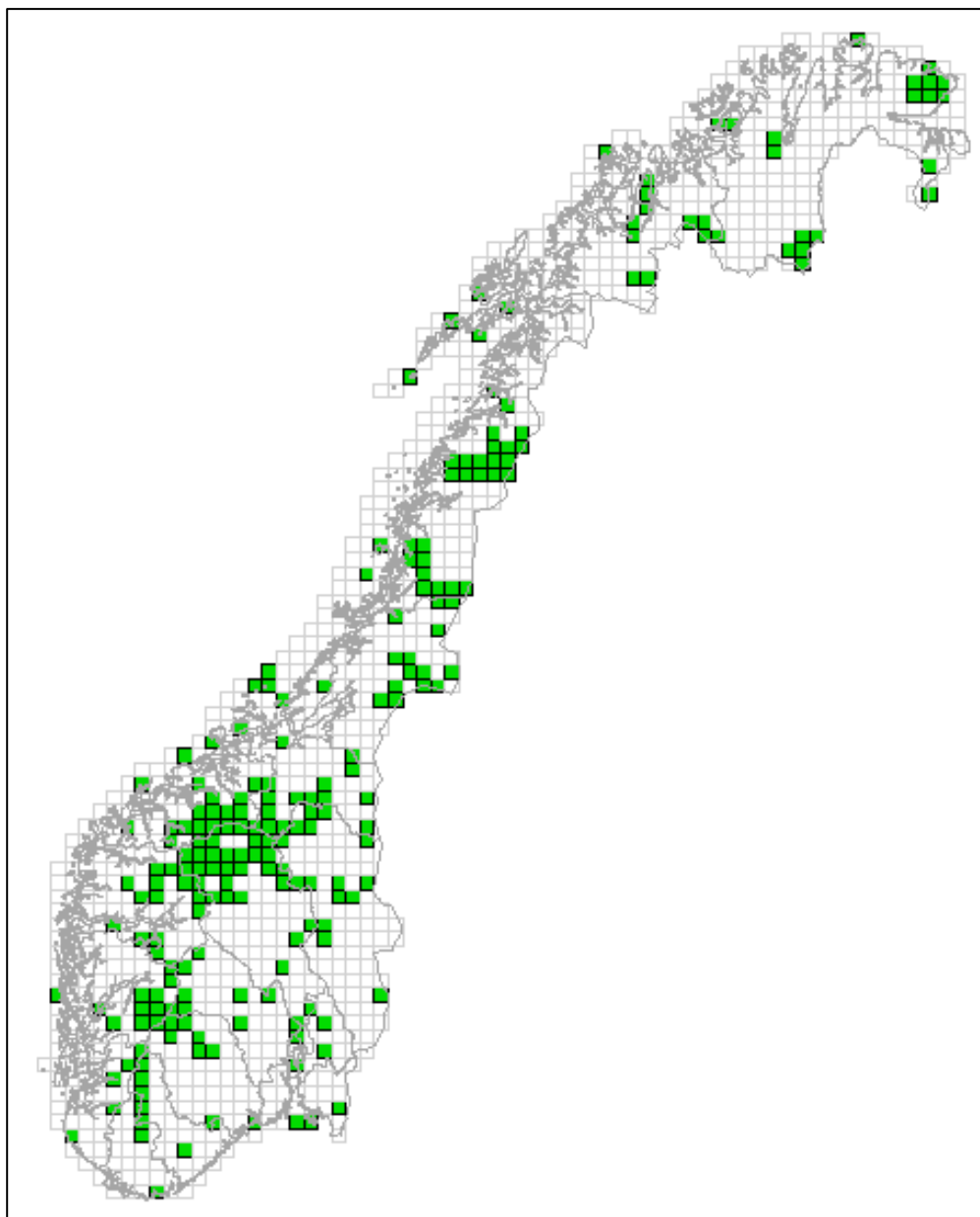
Størrelsen på utvalgene kan økes ved behov. For "List frame" undersøkelser gjøres dette ved at verneområdene sorteres i tilfeldig rekkefølge og overvåkingen startes i de 150 områdene øverst på den sorterte lista. Ved behov utvides utvalget ved å ta inn nye verneområder sekvensielt fra den sorterte lista. For "area frame" undersøkelser økes utvalget ved fortetting.

Større utvalg er først og fremst aktuelt dersom det viser seg å være stor romlig variasjon i noen av de registreringene som skal gjøres jfr diskusjonen om små og sjeldne naturtyper og spesielle indikatorer ovenfor.

Valg av "area frame"

For verneområder generelt vil det være hensiktsmessig å benytte AR18X18 som «area frame». Dette skyldes delvis at disse flatene er kartlagt i felt. Hvis man har adgang til denne informasjonen vil den være en god støtte for flybildetolkning. Videre utføres det allerede overvåking av fugl i det samme rutenettet, for bruk som nasjonal bærekraftindikator. Dette gir interessante muligheter til å koble data fra overvåkingsprogrammene. De samme koblingsmulighetene gjelder for øvrig også med hensyn på Skog og landskap sine observasjoner på disse flatene.

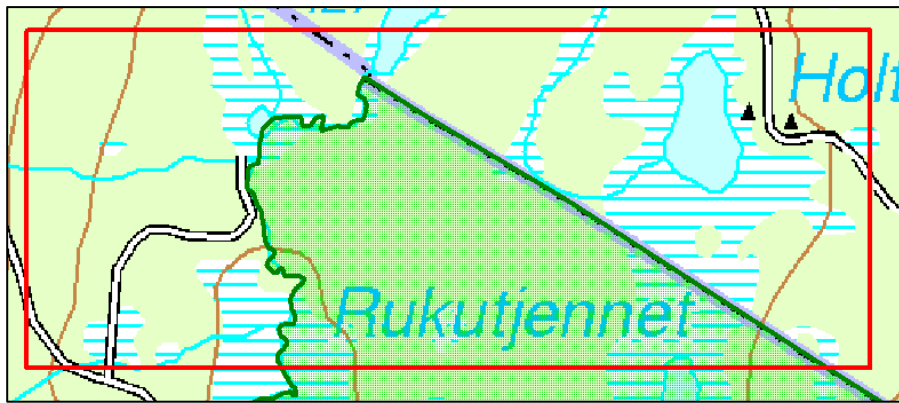
AR18X18 inneholder 222 flater som helt eller delvis overlapper vernede områder (se Figur 24). 178 av disse overlapper verneområder med over 5 km² landareal. Noen av disse flatene ligger i vann, men totalt antallet overvåkingsflater bør være høvelig både fra et statistisk og et budsjettmessig perspektiv. Om det er behov for fortetting kan utvalget lett økes med en faktor på 2, 3 eller 4. I noen områder (Hardangervidda og Setesdalsheiene) har Skog og landskap allerede for egne formål fortettet utvalget med en faktor på 2.



*Figur 24: Lokalisering av de 222 AR18X18 flatene (grønt) som helt eller delvis overlapper ver-
net areal.*

Overvåking av øvrig (ikke vernet) areal vil kunne være aktuelt for to formål:

- Som en referansebakgrunn til bruk for vurderinger av tilstandsutviklingen i vernede områder
- Som en generell overvåking av gitte naturtyper (for eksempel fjell og myr) i hele landet til bruk for eksempel i naturindeksen. Ved bruk av AR18X18 vil dette omfatte opp til 1070 flater (alt areal).



Figur 25: Eksempel på AR18X18 flate som overlapper med verneområde (Vestre Lukashaugen). 288 dekar av verneområdet ligger innenfor overvåkingsflata. Grunnkart N50 ©Norge digitalt.

Registreringer på det utvalgte arealet

Registreringen bør konsentreres om indikatorer knyttet til inngrep og gjengroing:

Inngrep:

- Veier (lengde)
- Kjørespor (lengde)
- Stier (lengde)
- Høyspentlinjer (lengde)
- Grøfter (lengde)
- Bygninger (antall)
- Master (antall)

Gjengroing:

- Prikketelling hvor det skilles mellom arealkategoriene
- vann/elver
- vegetasjonsfritt areal
- lavmark
- feltsjikt
- busksjikt
- tresjikt
- jordbruk
- annet bebygd og opparbeidet areal

Feltkartlegging

Det er en fordel om overvåkingsarealene er feltkartlagt. Kartleggingssystemet er her av mindre betydning, bare det skiller mellom de arealtypene som skal overvåkes (myr og snaumark, evt. også andre typer). På AR18X18 flatene gjennomfører Skog og landskap slik kartlegging. I mindre verneområder bør det gjennomføres kartlegging dersom dette ikke foreligger. Hvilket system kartleggingen da skal skje etter vil først og fremst være et budsjettspørsmål og et spørsmål om hvilken informasjon forvaltningen trenger til andre formål.

Framdrift og omdrev

En flybildebasert overvåking av verneområder bør baseres på eksisterende omløpsfotografering i Norge. Omløpsfotograferingen har omdrev på 5-6 år. Dette gjelder også i fjellet, men her forventes gjentakshfrekvensen å falle til 10 år etter andre omløp. Endringene i vernede områder må antas å være små, slik at det er lite hensiktsmessig med omdrev på mindre enn 10 år. Det bør imidlertid være ønskelig med en raskere etablering av systemet, og med mulighet for for-
tetting hvis det viser seg at utvalgene blir for små.

Det foreslås derfor å etablere overvåkingen over en periode på 5 år hvor det legges opp til å undersøke om lag 60 områder årlig, totalt 300 områder. Deretter bør det legges opp til 10-årige omdrev med undersøkelse av 30 områder per år. Man må for øvrig være oppmerksom på at pga værforholdene vil det variere noe hvilke områder som fotograferes hvilke år, slik at omløpstiden for det enkelte område vil kunne avvike noe fra 10 år. En eventuell utvidelse eller for-
tetting av utvalgene skjer parallelt med omdrevene fra år 5.

Opplegget som skisseres her tillater rapportering underveis, samtidig som man sikrer en kontinuitet og forutsigbarhet i arbeidet med undersøkelsen.

6 Referanser

- Enander, K-G & Minell, H. 1993. Flygbildsteknik och fjärranalys. Skogsstyrelsen, Jönköping. 426s.
- Erikstad, L.; Stabbetorp, O-E. & Halvorsen, G. 2010. Utkast til for-valtningsplan for Elstad landskapsvernområde, Ullensaker kom-mune - NINA Rapport 630. 64 s.
- Eurostat (2003) The Lucas survey. European statisticians monitor territory. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg
- Framstad, E., Blindheim, T., Erikstad, L., Thingstad, P.G. & Storeid, S.E. 2010. Naturfaglig evaluering av norske verneområder. - NINA Rapport 535: 214 pp.
- Fremstad, E (1997). Vegetasjonstyper i Norge. *NINA Temahefte*: 12, NINA, Trondheim
- Halvorsen, R., Andersen, T., Blom, H.H., Elvebakk, A., Elven, R., Erikstad, L., Gaarder, G., Moen, A., Mortensen, P.B., Norderhaug, A., Nygaard, K., Thorsnes, T. & Ødegaard, F. 2009. Naturtyper i Norge - Teoretisk grunnlag, prinsipper for inndeling og definisjoner. Naturtyper i Norge versjon 1.0 Artikkel 1 (www.artsdatabanken.no):1-210
- Nyström, M., Holmgren, J. & Olsson, H. 2010. The potential of airborne laser scanning for monitoring the subalpine birch forest ecotone. EMMA konferansebidrag, GIT2011, March 29, 2011, Jönköping, Sweden. <http://emma.slu.se/emma-en/index.cfm/publications/conferences/>
- Næsset, E. & Nelson, R. 2007. Using airborne laser scanning to monitor tree migration in the boreal-alpine transition zone. *Remote Sensing of Environment* 110: 357–369.
- Paine, D. P. and J. D. Kiser. 2003. *Aerial Photography and Image Interpretation*. John Wiley and Sons, New York, NY. 632s.
- Paine, D. P. and J. D. Kiser. 2003. *Aerial Photography and Image Interpretation*. 2nd ed. John Wiley and Sons Inc. New Jersey. 632s.
- Rekdal, Y and Larsson, JY (2005) Veiledning i vegetasjonskartlegging, M 1:20 000 – 1:50 000. NIJOS Rapport 5/2005. Norwegian Land Inventory, Ås
- Sickel, H., Ihse, M., Norderhaug, A. & Sickel, M.A.K. 2004. How to monitor semi-natural key habitats in relation to grazing preferences of cattle in mountain summer farming areas An aerial photo and GPS method study. *Landscape and Urban Planning* 67 (2004) 67–77
- Stehman, SV and Czaplewski, RL (1998) Design and Analysis for Thematic Map Accuracy Assessment: Fundamental Principles, *Remote Sensing of Environment* 64: 331–344
- Solberg, AHS and Jain, AK (1997) Texture fusion and feature selection applied to SAR imagery. *IEEE Trans. Geosci. Remote Sensing* 35: 475-479
- Strand, GH og Rekdal, Y (2005) Nasjonalt arealrekneskap – utprøving i fjellet i Hedmark. *Kart og Plan*: 65: 236-243
- Strand, GH and Rekdal, Y (2006) Area frame survey of land resources, AR18X18 system description. NIJOS Report 3/2006. Norsk institutt for skog og landskap, Ås
- Varma, M and Zisserman, A (2005) A statistical approach to texture classification from single images. *Int J. Computer Vision* 62: 61-81



Norsk institutt for naturforskning (NINA) er et nasjonalt og internasjonalt kompetansesenter innen naturforskning. Vår kompetanse utøves gjennom forskning, utredningsarbeid, overvåking og konsekvensutredninger.

NINAs primære aktivitet er å drive anvendt forskning. Stikkord for forskningen er kvalitet og relevans, samarbeid med andre institusjoner, tverrfaglighet og økosystemtilnærming. Offentlig forvaltning, næringsliv og industri samt Norges forskningsråd og EU er blant NINAs oppdragsgivere og finansieringskilder.

Virksomheten er hovedsakelig rettet mot forskning på natur og samfunn, og NINA leverer et bredt spekter av tjenester gjennom forskningsprosjekter, miljøovervåking, utredninger og rådgiving.

ISSN:1504-3312
ISBN: 978-82-426-2332-4

Norsk institutt for naturforskning

NINA Hovedkontor

Postadresse: Postboks 5685 Sluppen, NO-7485 Trondheim

Besøks/leveringsadresse: Tungasletta 2, NO-7047 Trondheim

Telefon: 73 80 14 00, Telefaks: 73 80 14 01

E-post: firmapost@nina.no

Organisasjonsnummer 9500 37 687

<http://www.nina.no>

Samarbeid og kunnskap for framtidens miljøløsninger