



NVS RAPPORT 1/2009

RAPPORT FRA SEMINAR
OM FJERNMÅLINGSBASERT KARTLEGGING
FOR OVERVÅKING AV
REINBEITER OG
FJELLVEGETASJON

Skinnarbu 2-4 april 2008

Anders Mossing
Rune Bergstrøm
Tina Dahl
Brita Homleid Lohne



Mossing, A., Bergstrøm, R., Dahl, T., Homleid Lohne, B. 2009. Rapport fra seminar om fjernmålingsbasert kartlegging for overvåking av reinbeiter og fjellvegetasjon, Skinnarbu 2-4 april 2008. NVS RAPPORT 1/2009 7 86 s.

Forsidefoto: © Olav Strand

Norsk Villreinsenter Nord: NO-2661 Hjerkinn | +47 95 05 47 55 | E-post: post.nord@villrein.no

Norsk Villreinsenter Sør: NO-3660 Rjukan | Telefon: +47 35 08 05 80 | E-post: post.sor@villrein.no

Stiftelsen Norsk Villreinsenter: NO-7485 Trondheim | Telefon: +47 48 10 10 48

Org.nr: NO 990 697 809 MVA

Skinnarbu 14.12.2009

ISSN: 1891-5329

Forord

Denne rapporten refererer innlegg og diskusjoner fra seminar om fjernmålingsbasert kartlegging for overvåking av reinbeiter og fjellvegetasjon 2-4 april 2008, ved Norsk Villreinsenter Sør (NVS), Skinnarbu, Rjukan. Seminaret kom i stand etter initiativ og finansiering fra Direktoratet for naturforvaltning.

Internasjonalt er bruken av fjernmålingsdata til kartlegging av arealer inne i en rask utvikling også på mindre romlig skala. Detaljerte studier av status og endring i vegetasjon i ikke-skogdekte områder har utpekt seg som særlig interessante også for villreinforvaltningen. Det har blitt gjennomført prosjekter med et særlig fokus på beite for villrein og tamrein, i hovedsak vinterbeite.

Dette sammen med fokus på klimaendring og dets effekter på økosystemer i høyfjellet, gjorde det naturlig å samle relevante aktører for å utveksle kunnskaper og erfaringer innen fjernmålingsbasert kartlegging. Denne kartleggingen benytter seg av flere ulike høyteknologiske metoder. Det var et hovedmål for seminaret å evaluere og prøve å komme fram til egnede metoder, og eventuelle samarbeidspartnere, for mer permanente overvåkningsprogrammer basert på fjernmåling.

Denne rapporten gir et overblikk over ulike prosjekter som benytter fjernmålingsmetoder for å kartlegge og overvåke fjellvegetasjon. Målet er å gi et omforent grunnlag for videre utvikling på området. Seminarets innretning og gjennomføring fokuserte spesielt på følgende områder:

- Ulikheter og overlapp mellom metoder
- Repeterbarhet i forhold til framtida (og fortida?) og mellom ulike geografiske områder
- Begrensninger ved metodene
- Romlig nøyaktighet/oppløsning av de dataene som er brukt
- Utviklingsmuligheter/mulige utviklingsretninger
- Kostnadseffektivitet
- Egnethet av metoden for et overvåkningsprogram

Inviterte fagmiljøer som har arbeidet med prosjekter innenfor dette området, holdt et forberedt innlegg, som særlig tok for seg disse syv punktene, i tillegg til annen viktig informasjon og resultater. Innleggene ble også levert skriftlig og inngår i denne sluttrapporten fra seminaret. Disse var av svært varierende kvalitet og er derfor supplert med NVS eget referat. Referater fra diskusjonene, kommentarer og tilleggsinformasjon er NVS sitt ansvar.

Seminaret var først og fremst rettet mot forskere som har arbeidet med denne typen problemstillinger. Temaet har imidlertid stor interesse også i lokal, regional og sentral forvaltning, og i mange tilgrensende fagmiljøer. Det ble derfor sendt ut invitasjon til en rekke institusjoner, organisasjoner og myndigheter. Seminaret hadde meget god deltagelse fra forskningsmiljøene og mange av de viktigste fagmiljøene i Norge og dels i Sverige deltok.

Skinnarbu/Trondheim 14.12.2009

Anders Mossing, fagkonsulent Norsk Villreinsenter Sør

Johan Danielsen, rådgiver Direktoratet for Naturforvaltning

Innhold

| | |
|--|-----------|
| FORORD..... | 4 |
| DEL 1: REFERAT FRA FOREDRAGENE | 9 |
| ONSDAG 2. APRIL..... | 9 |
| Åpning | 9 |
| Johan Danielsen, Direktoratet for Naturforvaltning | |
| Kort om Norsk Villreinsenter..... | 9 |
| Rune Bergstrøm, Norsk Villreinsenter Sør | |
| Nasjonale målsettinger, for villrein- og høyfjellsforvaltning | 9 |
| Vemund Jaren, Direktoratet for naturforvaltning | |
| Villreinens årssyklus og bruk av beiteressursene..... | 10 |
| Olav Strand, Norsk Institutt for Naturforskning | |
| Arbeid med rapport om modelleringvirksomhet og metodikk | 12 |
| Eva S.F. Heggem, Skog og landskap | |
| Mountain vegetation classification in Sweden: The effect of combining different inventory and satellite data sources..... | 13 |
| Heather Reese, Sveriges Lantbruksuniversitet, Umeå | |
| Fjellvegetasjon og snødekke. Økologisk betydning og konsekvenser av framtidig klimaendring..... | 14 |
| Arvid Odland, Høgskolen i Telemark | |
| Utfordringer ved kartlegging og evaluering av kart over fjellvegetasjon..... | 15 |
| Leif Kastdalen, Norsk Romsenter/SatNat | |
| TORSDAG 3. APRIL | 15 |
| Vegetasjonskartlegging ved bruk av satellitdata | 15 |
| Bernt Johansen, Northern Research Institute, Tromsø | |
| Kartlegging av vekstsesongen ved bruk av satellitdata..... | 15 |
| Stein Rune Karlsen, Northern Research Institute, Tromsø | |
| Kartlegging av arealdekke. Utfordringer i bildeanalysen når kompleks natur skal generaliseres til et fåtall arealklasser. Erfaringer fra tradisjonelt feltarbeid. SatNat og et prosjekt som går på hjorteproduksjon i Norge | 17 |
| Arne Hjeltnes, Høgskolen i Telemark | |
| Presentasjon av det nye nasjonale program for vertikal flyfoto og hvordan disse bildedata er brukt i SatNat for overvåking og detaljert kartlegging av fjellvegetasjon | 18 |
| Leif Kastdalen, Høyskolen i Hedmark/SatNat | |

| | |
|---|-----------|
| Mapping distribution and reindeer winter pastures and lichens biomass from Landsat5 images | 19 |
| Olav Strand, Norsk Institutt for Naturforskning | |
| | |
| Presentasjon av NILS (Sveriges nasjonale program for miljøovervåkning), endringer i vegetasjon som forutsetning for biologiske mangfold, med hovedvekt på fjellmiljø. Pluss egne erfaringer med kartlegging av lav og endringer i lavdekket (fra egen avhandling)..... | 20 |
| Anna Allard, Inst. for skoglig ressurshushaldning, Sveriges Lantbruksuniversitet, Umeå | |
| | |
| Presentasjon av resultatene fra SatNat prosjektet vedrørende bruk av optiske satellittdata for klassifikasjon av fjellvegetasjon og måling av lavressurser | 20 |
| Leif Kastdal, Høyskolen i Hedmark | |
| | |
| Renbruksplaner och Realtids- GPS halsband – værdifulle verktyg i svenska samebyar..... | 21 |
| Per Sandström, Svenska Lantbruksuniversitetet, Umeå | |
| | |
| Endringsanalyser basert på fjernmålinger – erfaringer fra SatNat prosjektet..... | 22 |
| Rune Ødegård, Høgskolen i Gjøvik | |
| | |
| Satellittfjernmåling av snødekning og snøens egenskaper..... | 22 |
| Rune Solberg, Norsk Regnesentral | |
| | |
| FREDAG 4. APRIL..... | 23 |
| | |
| Kort presentasjon (10 -15 min) fra hver deltakende forskningsinstitusjon. Hvor har vi best kompetanse, hva satser vi på i dag og i fremtiden? Hvordan kan dette passe inn i en framtidig vegetasjonsovervåkning i høgfjellet? | 23 |
| Norsk Institutt for Naturforskning v/ Olav Strand..... | 23 |
| Sveriges Lantbruksuniversitet v/Anna Allard..... | 23 |
| Norsk Institutt for Skog og Landskap..... | 24 |
| Høyskolen i Telemark v/Arne Hjeltnes (Arvid Odland hadde forlatt seminaret) | 24 |
| Høyskolen i Hedmark v/Leif Kastdal..... | 25 |
| Northern Research Institute v/Bernt Johansen | 25 |
| Høgskolen i Gjøvik v/Rune Ødegård..... | 27 |
| Norsk Regnesentral v/Rune Solberg..... | 27 |
| Norsk Romsenter v/Leif Kastdal..... | 28 |
| Direktoratet for Naturforvaltning v/Vemund Jaren..... | 28 |
| | |
| Siste bok, ordet fritt:..... | 29 |
| | |
| Oppsummering | 30 |
| Rune Bergstrøm, Norsk Villreinsenter Sør..... | 30 |
| | |
| Avslutning..... | 31 |
| Johan Danielsen, Direktoratet for naturforvaltning..... | 31 |
| | |
| DEL 2: ORIGINALBIDRAG FRA FOREDRAGSHOLDERNE..... | 33 |
| | |
| Villreinens årssyklus og bruk av beiteressursene..... | 33 |

Olav Strand, Norsk Institutt for Naturforskning

| | |
|---|-----------|
| Arbeid med rapport om modelleringsvirksomhet og metodikk | 42 |
| Eva S.F. Heggem, Skog og landskap | |
| Mountain vegetation classification in Sweden: The effect of combining different inventory and satellite data sources..... | 43 |
| Heather Reese, Sveriges Lantbruksuniversitet, Umeå | |
| Fjellvegetasjon og snødekke. Økologisk betydning og konsekvenser av framtidig klimaendring..... | 46 |
| Arvid Odland, Høgskolen i Telemark | |
| Utfordringer ved kartlegging og evaluering av kart over fjellvegetasjon..... | 48 |
| Leif Kastdalen, Norsk Romsenter/SATNAT | |
| Vegetasjonskartlegging ved bruk av satellittdata | 52 |
| Bernt Johansen, Northern Research Institute | |
| Kartlegging av vekstsesongen ved bruk av satellittdata..... | 53 |
| Stein Rune Karlsen, Northern Research Institute | |
| Kartlegging av arealdekke. Utfordringer i bildeanalysen når kompleks natur skal generaliseres til et fåtall arealklasser. Erfaringer fra tradisjonelt feltarbeid. SatNat og et prosjekt som går på hjorteproduksjon i Norge..... | 59 |
| Arne Hjeltnes, Høgskolen i Telemark | |
| Presentasjon av det nye nasjonale program for vertikal flyfoto og hvordan disse bildedata er brukt i SatNat for overvåking og detaljert kartlegging av fjellvegetasjon | 62 |
| Leif Kastdalen, HiH/SatNat | |
| Mapping distribution and reindeer winter pastures and lichens biomass from Landsat5 images | 68 |
| Olav Strand, Norsk Institutt for Naturforskning | |
| Presentasjon av NILS (Sveriges nasjonale program for miljøovervåkning), endringer i vegetasjon som forutsetning for biologiske mangfold, med hovedvekt på fjellmiljø. Pluss egne erfaringer med kartlegging av lav og endringer i lavdekket (fra egen avhandling)..... | 69 |
| Anna Allard, Sveriges Lantbruksuniversitet, Umeå | |
| Presentasjon av resultatene fra SatNat prosjektet vedrørende bruk av optiske satellittdata for klassifikasjon av fjellvegetasjon og måling av lavressurser | 73 |
| Leif Kastdalen, Høyskolen i Hedmark | |
| Renbruksplaner och Realtids- GPS halsband – värdefulla verktyg i svenska samebyar..... | 81 |
| Per Sandström, Svenska Lantbruksuniversitetet, Umeå | |
| Endringsanalyser basert på fjernmålinger – erfaringer fra SatNat prosjektet..... | 84 |
| Rune Ødegård, Høgskolen i Gjøvik | |
| Satellittfjernmåling av snødekning og snøens egenskaper..... | 85 |
| Rune Solberg, Norsk Regnesentral | |

Del 1: Referat fra foredragene

Onsdag 2. April

Åpning

Johan Danielsen, Direktoratet for Naturforvaltning

Johan Danielsen ønsket velkommen og fortalte om hensikten med seminaret. Kort om utfordringene og behovet for valtningen har for gode kartgrunnlag.

Forventningene ligger bl. a. i ulikheter og overlapp, repeterbarhet i fortid og fremtid, og mellom ulike geografiske områder. Håpet er at seminaret skal kunne avdekke hvilke muligheter som finnes når det gjelder bruk av fjernmåling. God ressursutnyttelse (mest mulig for pengene, kost -nytte vurderinger er viktig for forvaltningen).

Overvåkning av areal, og endring i areal er sentralt for forvaltningen. Eksempelvis som følge av klimaendring, utbyggingspress, aktivitetspress og gjengroing. I dette ligger utfordringer som krever nye verktøy for innhenting av kunnskap.

Kort om Norsk Villreinsenter

Rune Bergstrøm, Norsk Villreinsenter Sør

Mål for virksomheten:

Skal være faglig sterke, inkluderende, synlige, uavhengige og dekke behovet for en nøytral aktør.

Villreinsenteret skal ikke drive forvaltning eller forskning, men snarere innta rollen som ”villreinombud”.

Arbeidsoppgaver ligger i feltene formidling, dokumentasjon, samarbeid, opplæring og rådgivning.

Presentasjonen er lagt ut på www.villrein.no under presentasjoner. [Last ned presentasjonen ved å klikke her.](#)

Nasjonale målsettinger, for villrein- og høyfjellsforvaltning

Vemund Jaren, Direktoratet for naturforvaltning

Gjennomgikk Villrein og samfunn – prosjektet, gjennomført av NINA på oppdrag fra DN i 2004-2005, med en bredt sammensatt rådgivningsgruppe.

De har utarbeidet 5 pilarer forvaltningen av villreinfjella bør stå på i fremtiden:

- Løfte villreinen fra menighet til samfunn
- Sterkere fokus på arealforvaltningen og konflikter med reinens arealbruk

- Slutt på bit for bit forvaltning, ønsker om en helhetlig forvaltning av leveområdene
- Større sammenhengende områder for villreinen
- Tilrettelegge for bærekraftig verdiskaping, basert på villrein og villreinfjellet

Bestandsforvaltningen trenger modernisering, samt et bedre og mer helhetlig overvåkingssystem.

Nye kartprosjekt igangsatt i forbindelse med regionale planprosesser (fylkesdelplaner for våre nasjonale villreinområder). I tillegg til kart over reinens registrerte bruk av leveområde, ønsker en å kunne framstille kart som på objektiv måte viser områdene potensial som leveområde for villrein og beitenes tilstand, utvikling og tilgjengelighet.

Viser til villreinen som norsk ansvarsart, de roller/oppgaver DN har i denne sammenheng og den oppgradering arten har fått i diverse St. meldinger (nr 21 og 26, "Regjeringens miljøvernpolitikk og rikets miljøtilstand") og i nye lovforslag (Plan- og bygningsloven). Arbeid med nye fylkesdelplaner for de nasjonale villreinområdene er igangsatt.

Presentasjonen er lagt ut på www.villrein.no under presentasjoner. [Last ned presentasjonen ved å klikke her.](#)

Villreinens årssyklus og bruk av beiteressursene

Olav Strand, Norsk Institutt for Naturforskning

Se sammenstilling i vedlegg 1, s. 33.

Utgangspunkt for undersøkelsen var et oppdrag knyttet til kartlegging av effektene på villrein av trafikken på Riksvei 7 (Hardangervidda) gjennom hele året. 28 simler har blitt radiomerket med GPS- sendere. Vi trenger informasjon om store arealer når det gjelder villreinen og effekter av menneskelig aktivitet.

To hovedretninger i forskningen så langt.

- Effekter på individnivå
 - Mye brukte studier som kan knyttes til konkrete inngrep
 - Vanskelig for forvaltningen å ekstrapolere til landskapsnivå
- Kumulative effekter på landskapsnivået
 - Endring i tetthet
 - Økt matkonkurranse
 - Vanskelig å si noe om effekten av f. eks en kraftledning
 - Lettere å forholde seg til landskapet

GPS-merking har som mål å overvåke større arealer over lengre tid og dermed flytte fokus fra individnivå til landskapsnivå.

Noen erfaringer/resultater:

- Inndeling av villreinens bruk av Hardangervidda i 13 årstider
- Har brukt fire modeller for å beregne tilgjengelig habitat (beste baserer seg på logistisk regresjon, men det er en del forskjell mellom sommer, vinter og kalving i antatt presisjon)
- For kalving stemmer ikke modellen helt overens med hvor man regner med at dyrene er og hvor de GPS-merkede dyrene er
- Sommerstid trengs mer forklaringsdata rettet mot hvordan den menneskelige bruken har forandret seg på Hardangervidda
- Trenger flere vegetasjonsklasser som kan plukke opp sommerbeitet
- Vinterstid styres områdebruken mest av snøforholdene, og er greit gjenkjennelig
- Skal utarbeide samme metodikk for alle funksjoner
- Migrerende arter er ofte i konflikt med menneskelig aktivitet
- GPS-prosjektet må finne finansiering, så en kan se lenge nok, se bevegelsesmønsteret og bruken av vidda over lengre tid, med en annen stammestørrelse, gjerne korrelert med turistaktivitet

Størrelse på de studerte områdene:

Hardangervidda – 8000 km².

Hardangervidda, Setesdalsheiene og nordover til Dovre – 28 000 km². Avgrensningene er gjort ved menneskeskapt infrastruktur og aktivitet.

Presentasjonen er lagt ut på www.villrein.no under presentasjoner. [Last ned presentasjonen ved å klikke her.](#)

Spørsmål, kommentarer, kort diskusjon

Kalvingsplassene har flyttet seg sørover de siste 30 år, uten at man helt kjenner årsaken. Antatt er det ingen effekt av løopenettet vinterstid. Det kan være at bestandsstørrelsen har forandret seg, dårlige gamle data, eller det kan være noe knyttet til beiteforhold og snøforhold som fører til endringene. Korrelasjonen med løopenettet ser langt klarere ut på sommerstid. Vi vet ikke hva som skjer når bestanden økes til 10 – 11 000 dyr. Hvor vellykket siste minimumstelling på Hardangervidda er, vet en ikke, men det er telt (kommentar: resultatene viste i ettertid minimum litt over 6000 dyr, anslått til en vinterbestand på ca. 7000 dyr).

Antakelig øker parasittbelastningen når dyrene er i samme område over lengre tid. Dette kan være en grunn til bytte av område, men mangler data for dette foreløpig.

Det kan hende man får en større usikkerhet ved å øke antall vegetasjonsklasser. En ønsker seg flere klasser for å få en bedre forklaring på dyras bruk av området, men en må kanskje kombinere med bakkedata. Klimasignaler er ikke prøvd mot modellen.

Erfaringer fra tamrein i Sverige viser at snømengde, endret solinnstråling m.m. påvirker valg av bl.a. kalvingsområder. Så flyttet man seg nomadisk etter som forholdene endret seg over lengre perioder.

Arbeid med rapport om modelleringsvirksomhet og metodikk

Eva S.F. Heggem, Skog og landskap

Se sammenstilling i vedlegg 1, s. 42.

CORINE Land Cover i Norge, vi har ikke vært med i 1997 eller 2000, fordi man mente at vi allerede hadde bedre kartgrunnlag. Etableres med basis i standard kartprodukter, uten manuell tolkning av Landsatbilder.

Framgangsmåte:

- Tilrettelegging av grunndata (gjøres manuelt)
- Sammenstilling
- Verifikasjon

36 (av over 40) klasser kan være aktuelt for Norge å bruke. Av 36 klasser vil ca 90 % av Norges landareal fordeles på 6 av disse.

Generalisering: Steg for steg metodikken:

Steg 1: Vektordata knuses til Rasterdata med 25m oppløsning, omklassifisering

Steg 2: Slå sammen nærliggende områder – rydding og glatting av områder

Steg 3: Sammenstille data – alle tema separat, sette sammen i prioritert rekkefølge, fjerner
små områder

Steg 4: Tilbake til vektordata

For fjellområdene brukes en semiautomatisk metode.

ARfjell 5 klasser:

- Impediment
- 2a Flekkvis og sparsom vegetasjon
- 2b Moderat vegetasjon
- 2c Lavdelt mark
- Frisk vegetasjon

Bruk av CORINE land cover data er beregnet på europeisk nivå, til storskala arealstatistikk. Ikke egnet på nasjonalt nivå.

CORINE Land Cover i Norge:

Algoritmen er nesten klar. Trenger ARfjell-data og SAT-SKOG data. Manuell oppretting og kontroll skjer helt i sluttfasen. Planlagt ferdigstilling innen utgangen av 2008. Planlegging av CLC2006 er igangsatt. Skog og landskap satser på å levere CORINE-data også i fremtiden.

Presentasjonen er lagt ut på www.villrein.no under presentasjoner. [Last ned presentasjonen ved å klikke her.](#)

Spørsmål, kommentarer, kort diskusjon

Sat-Skog er landskog flater (hogstklasse 1-6) og lages på Skog og Landskap. Kan brukes for hele Norge, men brukes så langt bare for Østlandet og deler av Trøndelag. Det vil imidlertid foreligge mer detaljerte kart for hele Norge i løpet av kort tid, selv om prosessen har tatt uventet lang tid.

Man har byttet ut manuell metode med mer automatisering, da dette er raskere. Dette betyr også at gamle data er forkastet.

Man kan nå lage/kartlegge endringen over tid på kartet basert på 2006 data, som er ganske store. Eks. GAB, trolig ikke endring i tregrensa. Fra manuelle til klassifiserte. For ARfjell må alt gjøres på nytt.

NORUT mener de data de har produsert burde kunne brukes. Dette er planlagt brukt til Finnmarkskart, men ellers noe usikkert pga. pixelstørrelsen.

Dataene er for øvrig ganske grovmasket, men i forhold til fjellareal, kan dette muligens brukes på potensielle beiteområder.

Kommentar om valgte strategier og metodikk i dette prosjektet. Man utvikler andre og spesielle metoder for Norge enn det som finnes i det europeiske CORINE. Dette produktet vil jo avvike fra det europeiske, og felles arealstatistikk blir vanskelig. Vi har jobbet mye med klassifikasjon både basert på automatisk og ikke-automatisk metode.

Segmenteringsteknikken skaper en haug med usegmenterte polygoner. Vansklig å knytte dem sammen helt til slutt. Det er ikke samsvar med den europeiske metoden. Det virker som om man, på overordnet nivå, ikke har tenkt nøye gjennom dette.

Tilbakemeldingen fra Skog og Landskap vedr. dette er at det ikke er så veldig standardisert i Europa heller. Sverige og Finland bruker helautomatiske metoder og får skryt for dette. Det er mye som er likt mellom landene i metodikken. Det legges vekt på det homogene i hvert polygon.

Mountain vegetation classification in Sweden: The effect of combining different inventory and satellite data sources
Heather Reese, Sveriges Lantbruksuniversitet, Umeå

Se sammenstilling i vedlegg 1, s. 43.

Heather Reese redegjorde for MUNIN Programmet og NILS (Nationell Inventering av Landskap i Sverige) og hvordan bakkedata kunne påvirke og kombineres med satellitt- og flybilder. Brukte data fra Landsat, Meris, spot 5 og AWiFS.

Del to gikk på kartlegging av lavdekke og biomasse basert på scener fra Landsat og Spot. Har laget et fjellvegetasjonskart med mange klasser.

Presentasjonen er lagt ut på www.villrein.no under presentasjoner. [Last ned presentasjonen ved å klikke her.](#)

Spørsmål, kommentarer, kort diskusjon

Bruker ikke karttema fra vanlige topografiske kart som korrektsjon i forhold til spektralklassifisering, men det er mulig med styrt klassifikasjon.

Biomassevurderingen gjelder foreløpig kun skog og ikke fjell.

Det oppleves ikke som bedre og bedre oppløsning gir bedre data. Dette kan bl.a. skyldes geometrisk unøyaktighet, muligens kan algoritmen i systemet fra KNN bidra til dette.

Bra at det presenteres mange nøyaktighetstall. De samme erfaringene er høstet av andre miljøer vedr. ”fuktige områder”, men det finnes også løsninger på dette problemområdet.

Når det gjelder nøyaktighet på dagens markslagskart er ikke dette noe som er testet eller oppleves som bør tillegges mye fokus. Når en legger topografiske tall ved siden av analyserte kart er de svært like visuelt.

Fjellvegetasjon og snødekke. Økologisk betydning og konsekvenser av framtidig klimaendring

Arvid Odland, Høgskolen i Telemark

Se sammenstilling i vedlegg 1, s. 46.

Spørsmål, kommentarer, kort diskusjon

En seinere snøsmelting har også med solens innstråling å gjøre, også økt ising pga. varmere vinter. Snødybden er også avgjørende for om reinen kan lukte laven under snøen.

Man kunne tenke seg at grad av oceanitet fordeler seg som isolinjer og at de forflytter seg med klimaendringene, spesiell øst- vest og lokal topografi trolig også har stor betydning. Det er her ikke målt klima direkte, kun endringer. Trenger bedre snoadata. Nøkkelen til å forstå lavbeiters utbredelse kan forklares gjennom snødekke. I forhold til scenariet om framsmelting vil lokaltopografi være avgjørende for framsmelting. Tidlig framsmelting vil kunne gi tining og ising. Dette skjer på Vestlandet.

**Utfordringer ved kartlegging og evaluering av kart over fjellvegetasjon
*Leif Kastdalen, Norsk Romsenter/SatNat***

Se sammenstilling i vedlegg 1, s. 48.

Presentasjonen er lagt ut på www.villrein.no under presentasjoner. [Last ned presentasjonen ved å klikke her.](#)

Ingen kommentarer eller spørsmål til innlegget.

Torsdag 3. april

**Vegetasjonskartlegging ved bruk av satellittdata
*Bernt Johansen, Northern Research Institute, Tromsø***

Se sammenstilling i vedlegg 1, s. 52.

Presentasjonen er lagt ut på www.villrein.no under presentasjoner. [Last ned presentasjonen ved å klikke her.](#)

Ingen kommentarer eller spørsmål til innlegget.

**Kartlegging av vekstssesongen ved bruk av satellittdata
*Stein Rune Karlsen, Northern Research Institute, Tromsø***

Se sammenstilling i vedlegg 1, s. 53.

15 forskere er tilknyttet arbeid med satellittbasert fjernmåling i NORUT i Tromsø.

Måler NDVI (normalized difference vegetation index). Høy verdi når det er grønn vegetasjon (henger delvis sammen med fotosyntesen). Større variasjon tidsmessig i kystsonen enn i innlandet.

Reindrift – to viktige overganger:

- Overgang fra vinterbeite til vårbeite
- Overgang fra høstbeite til vinterbeite

Bruker også små ubemannede fly i datafangst. Spektrometer, laser, SAR, foto.

Presentasjonen er lagt ut på www.villrein.no under presentasjoner. [Last ned presentasjonen ved å klikke her.](#)

Spørsmål, kommentarer og kort diskusjon

I forhold til sluttføring av vegetasjonskartene er de inne i en sluttprosess. Lager mest sannsynlig flere ulike kartprodukter for ulike bruksområder. Det blir en database med

detaljert kartinformasjon, der en kan gå inn å hente ut det en ønsker. De må bli ferdig i 2008.

En kan i de fleste tilfeller variere så mye en ønsker på målestokk, men målestokken har størst betydning når en lager papirprodukt.

Snøkartene finnes for hele Norden, men dataene er noe mer usikre i barskogområder. Oppløsningen er 250 meter. Viser snødekke, men en kan også analysere på fuktighet i snø (våt snø – tørr snø).

Produktet(ene) bør være godt egnet til framtidig overvåkning av endring i vegetasjon som følge av klimaendring og endret beite. Norsk Romsenter jobber for kontinuitet i sceneopptak til bl.a. slike formål. Skal i møte angående Landsats framtidsmuligheter. Vil melde tilbake om dette.

Tilbakemelding gitt i ettertid av Norsk Romsenter v/Guro Dahle Strøm

Det er klart at USA jobber mot å få til et National Land Imaging Program, og LDCM (Landsat Data Continuity Mission) er en gap-fyller.

Siden vi hadde møte 4. april, er det blitt besluttet at LDCM skal bygges med oppskyting i juli 2011. Hovedinstrumentet vil være OLI - Optical Land Imager, med 30m geometrisk oppløsning i multispaktrale bånd, og 15m i pan. Det vil være to nærinfrarøde kanaler, men ingen termiske. Leveringstid på bildene antas å bli 1 dag.

Alle gamle Landsatdata legges nå ut på web i ulike formater, og de vil være gratis. Landsat Data Polict på web: <http://ldcm.usgs.gov/>. Det er USGS som har hovedansvaret for Landsat programmet.

Kartlegging av arealdekke. Utfordringer i bildeanalysen når kompleks natur skal generaliseres til et fåtall arealklasser. Erfaringer fra tradisjonelt feltarbeid. SatNat og et prosjekt som går på hjorteproduksjon i Norge
Arne Hjeltnes, Høgskolen i Telemark

Se sammenstilling i vedlegg 1, s. 59.

Arealtypekart. Eksempler fra: kartlegging av habitat til hjort (SATNAT), der datagrunnlaget innebefatter:

- Satellittdata
- Flybilder og ortofoto
- FKB kartgrunnlag
- Vann, vei, bebyggelse og eiendom
- N50 og DMK (AR5)
- Landsat 7 satellittbilde (pixsel 15 m, SatNat 0,5-1 m). Rundt 10-15 meter oppløselighet synes jeg fungerer for å beskrive naturen
- Referansedata, stereobetraktnng i felt og på kontoret (IR flybilder prioriteres)

Identifisering av grasmark på innmarksareal, kantsoner langs vann, sjø, elv og vei. Bebyggelse, boligfelt og gårdstun. Avstand fra kysten og høydemeter.

Flybildene må inneholde informasjon om IR lys for og:

- optimalisere feltarbeidet
- gjenkjenne arealtyper
- orientere seg i bildet
- feltregistrering

Utfordringer:

- beskrive den totale variasjonen i alle høydelag og eksposisjoner
- mangler kunnskapsbase for fototolkning av økologi
- jorddybde
- vannets bevegelse
- næringsstatus i jordsmonnet
- terregnplassering
- klimatiske forhold

Bevist plassering av punkter i terrenget. Bruker flybilder i stereo for å planlegge feltarbeidet, og få den nøyaktige plasseringen av en geografisk referanse.

Flyfoto med IR i 3D er et must, noe som gir:

- optimalisering av feltarbeidet

- økologiske kunnskap om arealtypen
- sikker fototolkning på kontoret

Fra kompleks natur til et fåtall klasser er en utfordring.

Presentasjonen er lagt ut på www.villrein.no under presentasjoner. [Last ned presentasjonen ved å klikke her.](#)

Spørsmål, kommentarer og kort diskusjon

Her gjøres et godt og grundig arbeid der fokus rettes mot datafangst. Viktig for framtida da en skal vurdere opp mot satellittbilder.

Presentasjon av det nye nasjonale program for vertikal flyfoto og hvordan disse bildedata er brukt i SatNat for overvåking og detaljert kartlegging av fjellvegetasjon

Leif Kastdalen, Høyskolen i Hedmark / SatNat

Se sammenstilling i vedlegg 1, s. 62.

Validerings historikk, krav:

- representativitet, geografisk og tematisk
- riktig sted, plasseringsnøyaktighet
- dataavhengighet
- registreringsnøyaktighet
- 75 punkter per klasse minimum

Program for omløpsfotografering:

Norge skal fotograferes i regelmessige intervall. Greier nok bare hvert tiende år (selv om målet var hvert sjette år). Hele Norge får vi nå i 50 cm oppløsning. I utgangspunktet tenkte man vanlige analoge flybilder. Teknikken har gjort at alle firmaer nå benytter digital fotografering. Se www.norgeibilder.no.

I forhold til repoterbarhet gjør den høye detaljeringsgraden og nøyaktigheten metoden egnet for endringsanalyser. Utviklingsmulighetene ligger i mer automatisering (mange for å tune prosessen pdd). I tillegg til visuell innlegging av treningsdata på flyfoto og mulighet til å klassifisere på satellittdata. Nær-infra rødt – naturforvaltningen har nytte av dette. Dette må med i omløpsfotograferingen. Her ligger det mest informasjon omkring vegetasjon (fotosyntese).

Presentasjonen er lagt ut på www.villrein.no under presentasjoner. [Last ned presentasjonen ved å klikke her.](#)

Spørsmål, kommentarer og kort diskusjon

Norge har satsa mye på datafangst. Må også få tid til å jobbe strukturert med de dataene en får. Der er vi for dårlige. En tester mange ting, men det er et savn at dette blir satt i en overordna nasjonal sammenheng. SPOT er viktig, det vil vi gjerne ha.

Det må søkes midler andre steder i tillegg til DN, dette er en nasjonal satsing hvor ulike miljøer må bidra til utviklingen.

Mapping distribution and reindeer winter pastures and lichens biomass from Landsat5 images

Olav Strand, Norsk Institutt for Naturforskning

Se sammenstilling i vedlegg 1, s. 68.

Presentasjonen er lagt ut på www.villrein.no under presentasjoner. [Last ned presentasjonen ved å klikke her.](#)

Spørsmål, kommentarer, kort diskusjon

Vinterbeitene har vokst mye på tross av at utgangspunktet er en relativ lav naturlig mengde. Antatt forklaring ligger i bestandsforholdene. Bestanden har i lengre tid vært presset ned. Gjenveksten har nok vært størst i de områdene hvor reinen ikke lett kommer til, men også positiv i viktige vinterbeiteområder. Det har vært 35000 dyr på Hardangervidda, 25000 dyr på 80 tallet, nå under 10000 dyr. Å få alt opp på et optimalt nivå er fata morgana, bl.a. som følge av tråkkskader, men lavbiomassen er bra nå. Bestandssvingningene gjennom tidene mangler vi imidlertid gode tall på, men vi har hatt en lav bestand en god stund. Mange har ønsket en raskere vekst i bestanden enn den forvaltningen har lagt opp til. En sakte økning har nok vært viktig.

Utfordring på vidda ligger bl. a. i at de viktigste vinterbeiteområdene ligger på østlige deler, der også utbyggingspresset er størst.

Når det gjelder bakkedata registreres dette med ruter på 1 m² der dekningsprosent og høyden på laven måles. Disse kan gjenfinnes og kontrolleres i framtida.

Tamreinforvaltninga har mye å lære av disse dataene. Reintallet på Hardangervidda har gått ned til en fjerdedel av det man hadde, mens lavbiomassen har økt. Antallet tamrein øker i Norge, mens lavbiomassen minker.

Vi har bruk for data over lange tidsperioder, ikke nødvendigvis eksakte data. Dataene forskningen leverer er viktige for oss i villreinforvaltninga. En må legge inn gode marginer og forvalte med et langt perspektiv. En må ha robuste forvaltningsordninger som gjør at en kan forvalte under ulike forhold, der målet må være klart og etterprøvbart. Skal man forvalte rein eller lav?

Presentasjon av NILS (Sveriges nasjonale program for miljøovervåkning), endringer i vegetasjon som forutsetning for biologiske mangfold, med hovedvekt på fjellmiljø. Pluss egne erfaringer med kartlegging av lav og endringer i lavdekket (fra egen avhandling)

Anna Allard, Inst. for skoglig ressurshushaldning, Sveriges Lantbruksuniversitet, Umeå

Se sammenstilling i vedlegg 1, s. 69.

Presentasjonen er lagt ut på www.villrein.no under presentasjoner. [Last ned presentasjonen ved å klikke her.](#)

Spørsmål, kommentarer, kort diskusjon

Vha. UAV fremskaffes bilder på småskala for mindre områder, og man har ikke samme behov for bakkesannheter.

NILS programmet koster ca. 25 mill pr år pr år.

NILS er uavhengig av verneområder, basert på et tilfeldig utvalg innenfor og utenfor disse.

Presentasjon av resultatene fra SatNat prosjektet vedrørende bruk av optiske satellittdata for klassifikasjon av fjellvegetasjon og måling av lavressurser

Leif Kastdalen, Høyskolen i Hedmark

Se sammenstilling i vedlegg 1, s. 73.

Presentasjonen er lagt ut på www.villrein.no under presentasjoner. [Last ned presentasjonen ved å klikke her.](#)

Spørsmål, kommentarer, kort diskusjon

Bildene ble plassert både tilfeldig og systematisk. Man legger opp en kjørerute, men tar for så vidt bilder tilfeldig. Når omløpsfotograferingen er ferdig kan man ta et tilfeldig utvalg. Da kan man ”sample” som man vil, for å oppnå tilfeldighet. NINA hadde problemer med tilfeldighet i sine prosjekt. Måtte ”resample” for å oppnå et likt antall av ulike klasser (for å unngå skjev fordeling).

Når det gjelde klassifisering av områder med lite lav, er antakelig sikkerheten mindre viktig. 5 % lav er så lite at andre elementer tar over. Påliteligheten øker i klasser med mer lavdominans, sånn må det nesten bare være. Har ikke gjort dette med 2006 dataene, men det vil trolig øke forklaringsgraden.

Renbruksplaner och Realtids- GPS halsband – værdifulle verktyg i svenska samebyar

Per Sandström, Svenska Lantbruksuniversitetet, Umeå

Se sammenstilling i vedlegg 1, s. 81.

Tamreindrift i Sverige foregår over stor områder. Forvaltes gjennom 51 samebyer. Samene eier ikke marken, og har marginal påvirkning av annen bruk av områdene.

Har utviklet reinbruksplan. Er mange komplekse spørsmål og iblant konflikter med skogsbruk, gruvedrift, turisme, ulike andre aktiviteter (menneskelige forstyrrelser).

En reindriftsplan skal forbedre grunnlaget for operativ reinskjøtsel, samrådsdiskusjoner, produksjon av informasjon og kommunikasjon aktørene imellom.

Kartlegging

1. Beiteandinndeling av viktige områder
2. Feltarbeid
3. Klassifisering av reinbeitetyper – lav og fjellklassing
4. Omverdenskartlegging – alle andre aktiviteter

RIVO - Reinens Identifiserte Viktige Områder

SIVO - Samenes Identifiserte Viktige Områder

Har utviklet lettere, strømbesparende og rimeligere merkehalsbånd (fra kr. 35 000 kr til 50000 pr. stk). Sender GPS posisjoner 14 ganger pr. døgn. Viktig for samenes operative reinskjøtsel.

Presentasjonen er lagt ut på www.villrein.no under presentasjoner. [Last ned presentasjonen ved å klikke her.](#)

Spørsmål, kommentarer kort diskusjon

De studerte områdene har sjeldent over 70 cm snø, dvs. at reinen kan grave seg ned til maten. Noen trenger støtteforing i harde vintre. Det er to vintergrupper, den sørlige gruppen har greid seg godt, den nordlige har slitt mer og trengt noe tilførsel.

I forhold til forhåndsbestemmelse av registreringsområder, defineres nøkkelområder, og hvilke ulike arealdekker som skal tegnes inn, selv om det ikke er helt ens oppfatning om det (70 reineiere har vært med på å definere). Vansklig å avgjøre samebyens objektivitet ved definisjon av nøkkelområder/konfliktområder, men antatt vanskelig å fuske med dette. Årligheten synes å seire, og vi er ute etter kunnskap. Motstridende interesser (f. eks skogbruket) aksepterer i all hovedsak nøkkelområdene, på tross av visse uenigheter og diskusjoner. Kartene anses å være en fordel for alle. Når det gjelder hensyn fra skogbrukets

side og potensielle konflikter, kan ikke reinnæringen stoppe så mye avvirkning. Det går mye på opplysning og frivillighet. Skille mellom oppfølging fra rent private skogeiere og statlig eide finnes også. Grunneiere i studieområdet er Sveaskog, SCA, Bolaget og private.

Det ble vist en kort filmsekvens som viste hvordan GPS merka dyr brukte vinterbeitet i forhold til området som var digitalisert av samene. Filmen viste meget god sammenfall mellom disse (RIVO=SIVO).

Endringsanalyser basert på fjernmålinger – erfaringer fra SatNat prosjektet *Rune Ødegård, Høgskolen i Gjøvik*

Se sammenstilling i vedlegg 1, s. 84.

Presentasjonen er lagt ut på www.villrein.no under presentasjoner. [Last ned presentasjonen ved å klikke her.](#)

Spørsmål, kommentarer, korte diskusjoner

Endringsstudiene oppfattes som spesialstudier, der en har spesifisert en eller annen endring som skjer og som man vil følge på. Da bør en gjøre for gode enkeltprodukt, beskrive endringsforløpet nøyne og deretter knyttes dette opp mot satellittbilder. Oppfatter dette som en viktig forskningsoppgave i seg selv.

Både RGB bilde og IR bilde gir en masse ekstraarbeid.

Kartverket ønsker ikke å ha stor datalagring, så de reduserer informasjonen i bildene. Utfordring for kartverket å håndtere disse store datamengdene. Bransjen er konservativ, de gjør som de alltid har gjort.

Usikker hva kostnaden er. En må sette seg ned å tenke hvordan dette kan gjøres mer rasjonelt.

Informasjonsinnholdet i de tre synlige kanaler er sterkt korrelert. En får den samme informasjonen i de tre kanalene, mens en i den nærinfrarøde delen får annen og viktig informasjon.

Satellittfjernmåling av snødekning og snøens egenskaper *Rune Solberg, Norsk Regnesentral*

Se sammenstilling i vedlegg 1, s. 85.

Presentasjonen er lagt ut på www.villrein.no under presentasjoner. [Last ned presentasjonen ved å klikke her.](#)

Spørsmål, kommentarer og kort diskusjon

Det er det mulig å beregne forskjell på snøen i sør- og nordvendte hellinger. Med 20 års datasekvenser vil det kunne være mulig å bestemme trender. En vil eventuelt kunne estimere forventet klimatisk snø.

Fredag 4. April.

Kort presentasjon (10 -15 min) fra hver deltakende forskningsinstitusjon. Hvor har vi best kompetanse, hva satser vi på i dag og i fremtiden? Hvordan kan dette passe inn i en framtidig vegetasjonsovervåkning i høgfjellet?

Norsk Institutt for Naturforskning v/ Olav Strand

Kompetansen hos NINA er i all hovedsak innen den tradisjonelle økologien, og der ønsker vi å være også i fremtiden. Vi bygger kompetanse, bl.a. begynner Tobias Falldorf fast hos oss til høsten (økonom med ekspertise innen analyser av GIS-data).

Vil starte prosjekt Dovrefjell etter samme opplegg som for Langfjella. Har et konkret behov for et bredt spekter av forklaringsdata. Ønsker tilgang til kart, helst som andre har laget, eks. SatNat/NORUT.

Når det gjelder overvåking av arealene er endringsanalyser i lavbeiter noe en lett kan videreføre i andre områder. Vil spille opp dette også i de andre villreinområdene. Det vil være lett for oss å gjøre de analysene.

Datatilgjengelighet – i de fleste sammenhengene er vi en bruker. Har sett flere eksempler her under seminaret på gode datasett som vi ønsker å bruke. Vi sitter med mye treningsdata, som det har kostet mye arbeid og krefter å skaffe. Det er ikke noe problem for oss å åpne disse dataene, slik at andre kan få tilgang til disse.

Forslag til diskusjonstema: Tilgang til data.

Sveriges Lantbruksuniversitet v/Anna Allard

Fremtiden for NILS ble vist i går, og er det man fokuserer på i fjernmålingssammenheng, med særlig bruk av laser som det nye satsningsområdet. Arbeider også mye med EU's vanndirektiv. Vi har ikke noen stor avdeling på fjernanalyse i Umeå. Vi samarbeider med det svenska forsvarets vitenskapsavdeling. Vi trenger å se på den tekniske siden av det, har søknad inne.

Vattendirektivet og vatten er stort i Sverige for tiden. Halvparten av våre midlene går til dette.

Vi er ti ansatte med 20 ekstra felterbeidere om sommeren. Vi får forespørsler om mange flere oppdrag enn det vi kan ta på oss.

Vi har mye data fra NILS nå, som vi kan gjøre mye fragmenteringer på.

11 mill går til felterbeid, 10 mill til resten.

Naturvårdsverket i Sverige finansierer NILS, men vi har også midler fra andre steder. Manualer for feltermetodikk og rapporter ligger på nettet.

Når det er områder vi ikke er så gode på, øker vi kunnskapen og kompetansen på det, for eksempel på myr. Skoggrensen tas med i NILS, kompetansen her bør kunne overføres til Norge.

Forslag til diskusjonstema: Satellittkart, der ligger Norge langt foran.

Norsk Institutt for Skog og Landskap

Hadde forlatt seminaret.

Høyskolen i Telemark v/Arne Hjeltnes (Arvid Odland hadde forlatt seminaret)

Klimaforskning, snø, fjellgrense er stikkord for forskning framover. Når vi skal i gang med nye kartleggingsprosjektet, har datagrunnlaget bedret seg enormt med Norge digitalt. Når det gjelder satellittbilder, må vi dessverre bestille bilder, og da må vi ta det vi får. Vi vet ikke hva vi får. Ønsker IR-kanal (god spektral oppløsning). Hvis vi hadde hatt en database å søke i, kunne vi selv vurdert i forhold til skyer etc. Bildene fra Arendalsmiljøet burde vært tilgjengelige.

Det som er skjedd fra 80- og 90-årene, er at det i starten var mye jobbing med finansiering. Nå kan vi produsere produkter, og beregne kvalitet på kartet. Ser fokuset på kartets prosentvise kvalitet som en avsporing. En stor del av arealene kan vi klassifisere i flere klasser, natur er ikke direkte korrelert med spektrale enheter.

Vi er i en fase der brukerne ikke er på banen. Når de kommer på banen, vil de være med å vurdere kvalitetsmål.

Naturen lar se i utgangspunktet ikke kartlegge. Det blir en forenkling av naturen som en alltid trekker inn i kartleggingen. Vi må ikke glemme at vi jobber med natur. Dataene blir aldri eksakte, overgangssoner finnes og vil alltid utgjøre et vurderingsproblem.

Når man skal lage et kart etter analoge, gamle metoder, må en bruke mye tid på samordning. Når en jobber med digitale metoder, glemmer en litt det som skjer nederst. Vi må snakke sammen og bli enige. Magefølelse og erfaring bør kunne brukes i vurdering av et karts kvalitet.

Forslag til diskusjonstema: Få tilgang til bildemateriale.

Høyskolen i Hedmark v/ Leif Kastdalen

(20 % arbeid for Høgskolen i Hedmark og resten som freelancer).

Når det gjelder et framtidsscenario, så er det som skjer i fjellet viktig, med en gradvis prosess med gjengroing og endringer i plantesamfunn. Viktig ut fra dette å planlegge hva en skal overvåke, og se på hva luftbårne sensorer kan bidra med her. En må definere, og ha et begrep om hvor store de endringene en skal overvåke er, og forventet å bli. En kan ikke drive overvåking uten å ta med seg det statistiske elementet i dette.

Vi i Norge er små på dette med satellittdata, men det er et stort internasjonalt miljø. Treningsdata, metodevalg, validering er aktuelle tema. Hvis produktet skal gå inn i habitatmodellering, skal modellen vurderes. Endringen er små og en må ha en detaljeringsgrad som fanger opp dette.

Norge har vært i bakleksa når det gjelder bruk av denne teknologien, men vi kan bli et foregangsland, pga. omløpsfotograferingen som nå er startet opp. Riktignok totalfotograferes ikke Norge hvert år, men en bør kunne tilpasse seg dette.

Programmet skal være robust og framtidsretta. Det må basere seg på treningsdata av målte ting på bakken. Disse kan samles inn av mange, men god opplæring av disse er nødvendig. Det vil alltid ligge et ”menneskelig synsingselement” der. Det en samler inn må være stabilt. Det er som å bygge et hus, en må tenke at dette er en databaseoppbygging. Multiskala og multisensorer.

Arealtilnærmingen, der en tar tak i et areal og definerer et utvalg en skal måle, (Treku, NILS mm) – flyfoto er skreddersydd for dette. Valideringsbiten er ikke produktet, bare et ekstra heft til slutt.

Norge må stå mer på for å skaffe satellittdata. Ved tilgang på laserdata, vil en få mer presisjon.

Northern Research Institute v/ Bernt Johansen

Stikkord:

- Metodikk
- Repeterbarhet
- Begrensninger
- Nøyaktighet

I villreinforvaltningen må man se på beiteressurser og arealbruk inndelt i sommer og vinterbruk. Man må vurdere alle elementer i trusselbildet. Når man går ned på oppløsning vurderer man ikke bestanden, men enkeltobjekter på en helt annen måte enn oppløsningen på 20 – 30 meter som er egnet til bestandsnivå.

Kan jobbe mer med indekser (NDVI) i tillegg til optiske bilder. Ting bør forenkles for brukerne, og det er enkelt i en databasestruktur.

Stikkord villrein:

- Beiteressursene
- Arealbruk/tilgjengelighet – sommerbruk og vinterbruk
- Reinsdyret - økologi
- Trusselbildet – hvilke trusler står villrein- og tamreinforvaltning overfor
- Metodikk – repeterbarhet

Vi baserer oss på optiske data, laser. Når en går ned på nøyaktighet, klassifiserer en ikke bestand. Produksjonsløypa kan utvides, ved å dra inn tilleggsdata. En kan inkludere indekser i produksjonsløypa. For å forenkle for brukeren, kan en ta ut tematiske kart. Det å ha en produksjonsløype er viktig.

Begrensninger – utfordringer

Det er begrensninger ved optiske data, pga skydekke. Vi kan kombinere flere datatyper, LandSat og SPOT. Det er en del begrensninger med å kartlegge myr, våtmarker, tette barskoger og skygge (spektral likhet).

I reinbeitesammenheng, må en jobbe videre med produksjon. Da kommer en ikke unna innhøsting, og da må en ut i felt. Det er fortsatt behov for å få større variasjon i data. Dette er viktig i evaluering av ulike typer sommerbeite. Sesongvise og årlege variasjoner bør det også fokuseres på i framtid.

Vegetasjonskart – Norge

For å få en totaloversikt over Sverige-Norge, kan en linke Corinne og Fenologi (MODIS-data) – her jobber vi videre. Sammenligne ulike år med hverandre. Hvordan er de naturlige svingningene?

Snøkartlegging – det finnes et stort datatilfang.

Utviklingsmuligheter og overvåkingsprogram

Satellittkartlegging – overvåkingsprogrammet for Finnmarksvidda har hatt to "omdreininger".

Det er gjort sammenligninger mellom beitegrunnlaget, kjøttgrunnlaget i distriktene og tetthet.

En indekserer beiteverdier, kjøttproduksjon og tetthet. Deretter sammenlignes tallene.

Når beiteindeksen er i samsvar med kjøttproduksjonsindeksen, er drifta ok.

Når beiteindeksen er over kjøttproduksjonsindeksen, er det mer å ta ut.

Dette er en øvelse vi har jobbet med. Vi er på ingen måte ferdig med dette. Ønsker å involvere brukerne mer.

Konklusjon 1

Vi har vegetasjonskart – kan skape beitekart. Vi har stor kunnskap om reinens arealbruk, som bør analyseres mot vegetasjonsdekket. Vi har stor kunnskap om reinens fysiologi og økologi. Kartlegging om trusselbildet er mer sparsomt. Når det gjelder klimaendringer mangler den totale oversikten over samtlige villreinområder.

Regionale studier og regional variasjon

Skal vi gå i gang med et villreinforskningsprosjekt?

Det bør utformes et enhetlig program.

Prosjekt for villreinforskning;

Økonomi – 15 – 20 millioner over 5 år.

Standardisert opplegg – gjentakelse om 10 år.

Finansiering: DN, Lokale/regionale aktører, Norsk Romsenter, Forskningsrådet, EU program (7. Rammeprogram, GMES).

Høgskolen i Gjøvik v/Rune Ødegård

Det er dessverre ikke mange i Norge som brenner for fjernmåling. Kun HiT og HiG som tilbyr utdanning på høyskole/universitetsnivå, det er få personer som jobber i dette feltet.

Vi har vår styrke på geografisk geologi.

Meteorologisk jobber også nå med å generere geografisk informasjon som er tilgjengelig.

Det er et fragmentert bilde av de som genererer data, bruker data.

Tilgang til geografisk informasjon har en lang og problematisk historie. Informasjonen blir imidlertid lettere og lettere å få tak i – er optimistisk for framtida. Nødvendig med god kommunikasjon mellom brukere og de som håndterer teknologien. I en sånn dialog vil det alltid dukke opp muligheter en ikke har tenkt på.

Utfordringer

Klimascenarier begynner å bli viktige, særlig i fjellsammenheng. I en overvåkingssetting, bør en ha med seg klimakompetanse. Det gjøres en enorm forskningsinnsats i å skalere ned modellene. Endring i snøforhold og gjengroing er kritiske parametre som må settes i fokus. En må ta inn trusselbildet i større grad. Forskningsmessig er det håndtering av høyoppløselige data i stor mengder som vil være utfordringen. Det må utvikles gode prognosenter som en kan jobbe med videre.

Vil sterkt råde til en åpen datapolitikk, det vil generere dynamikk. Allmennheten bør få informasjon om overvåking som foregår og tiltak som eventuelt må gjøres.

Norsk Regnesentral v/Rune Solberg

Lokalisert på Blindern, etablert i 1952.

Rent forskningssenter, 70 forskere.

Tre avdelinger: Samba (jordobservasjon), Sand (jobber for petroleumssektoren), Dart (IT).

Driver med veldig mye rart – sjekk www.nr.no og www.earthobs.nr.no. Hovedfokus på R & D er på algoritmer og metoder for automatisk og semiautomatisk analyse av fjernmålingsdata. Snø og snøforhold er viktige, det har vært relativt lett å skaffe finansiering på dette feltet.

Prosjekter av stor interesse:

MIR (Multiple Image Registration), utvikling av systemer for automatisk registrering av tidsserier av satellittbilder.

SkogHelse – Monitoring of forest health, ved hjelp av SPOT, Hyperion, LIDAR, ASI, flyfoto og feltmålinger.

EOtools – Remote sensing methods, hvordan vegetasjon typisk fordeler og utvikler seg gjennom sesongen.

GeoLand – Land cover monitoring (vegetasjonskart, beitekart, snødekk, snøfuktighet)

Sensitive and robust change in time series (basert på NDVI). Verktøy der en tar en tidsserie av bilder og gjør trendanalyser.

GMES - Global Monitoring for Environment and Security;

kartlegging generelt, vegetasjon og annet

ved ulykker, katastrofer, skogbranner etc.

varsling

kan kobles opp mot klimamodeller

FP7 initiative – Examples of promising novel products and services.

Ønsker å lage prosjekt på overvåking av høyfjell, reinbeiter, snø. Åpent i øyeblikket, det er mulig å henge seg på. Interessert kan ta kontakt.

Norsk Romsenter v/Leif Kastdalen

Hadde forlatt seminaret.

Direktoratet for Naturforvaltning v/Vemund Jaren

Utlýsing av Miljø 2015.

Det er bevilget 27 mill. kr til finansiering av programmet over en 4-5 års periode. Her vil det være muligheter til å søke finansiering til prosjekter. Må forvente hard konkurranse. Tidligere har prosjekter av varighet opp til 6- 7 år fått støtte. Det ønskes søknader som er: tverrfaglige, brede problemstillinger hvor flere fagfelt deltar, f. eks. miljø og samfunnsfaglige prosjekter.

Siste bok, ordet fritt:

Problematikk trukket frem fra de ulike aktørene:

- Forvaltningen ønsker å følge med, trenger statistikk og kunnskaper for å få til politisk handling. Villrein og klimapåvirkning av arten, og dens leveområder er sentralt i dette bildet. Seminaret har vist betydningen av bedre samarbeid og bedre kunnskap om de ulike aktørenes roller og kompetanse. Norsk Regnesentral har eksempelvis, vist seg å sitte på meget interessante data for andre brukere her.
- Det norske fjernmålingsmiljøet er for spredt. Fagfolk som sitter hver for seg uavhengig av nasjonalt samarbeid. Svenskene er gode på samarbeid (Ar 18x18 og NILS 25x25). Hvorfor klarer ikke Norge det samme? Har det noe med hvordan budsjettene er satt sammen, eller er det gamle feider?
- I Norge har utviklingen på dette feltet gått en annen vei enn i Sverige, og dette har blitt til en faglig grøft. Vi har kun brukt sensor data som en visuell bakgrunn. Mange står opp med de samme problemstillingene og samarbeidet er for dårlig. Forvaltningen må ta tak i dette, en kan ikke holde på slik.
- Overvåking – noe av intensjonen er å se inn i framtida. På en del ting kjenner vi parameterne godt nok og kan komme opp med greie forslag til hvordan en kan gjøre det. Når det gjelder sommerbeitene og overvåkingen av dem er det nok et sentralt spørsmål hvilke komponenter i den delen av beitet er det vi skal gripe tak i. Det finnes lange fine tidsserier, men noen parametre må det forskes mer på og integreres i programmet.
- Vi må bygge på det som er gjort og kombinere dataene. Det koster penger, men det finnes penger selv om det ofte er i små potter. Det er flaut hvor dårlig Norge er på miljøovervåking. Hva har vi egentlig vernet i Norge? Vi vet ikke om vi har en god representativ dekning av ulike naturtyper. Vi har plukket ut kremen og ofte unngått konfliktområder.
- Vi har behov for en bedre standardisering når det gjelder datainnsamlinga. Også det ferdige produktet (f. eks digitale kart, bør standardiseres). Dette bør komme i gang raskt. Standarder for hvordan en utvikler kvalitet er også sentralt. Kartverket er antakelig litt av nøkkelen til å få standardisert dette på et nasjonalt plan. Det er mye dugnadsarbeid i kartstandardene. Mange i Norge har vært aktive i europeiske standardiseringsprosesser. Dette er mye rettet mot de tekniske delene av kartverket. Egnethet har blitt et kjempetema. Det er verdt å engasjere seg. Dørene er åpne for alle som vil. Det har vært jobbet med å føye sammen kart i Sverige og Norge over landgrenser, jf. helt ulike definisjoner av f. eks veier. En må ha en standard for å levere data inn mot Europa. En har muligheten, men det er diverse

krav som gjør at vi ikke vil være med. Habitat- og fugledirektivet i EU er et eksempel på dette.

- Inspire: datautveksling på europeisk nivå (tilsvarende sosi-nivå). DN er pålagt deltagelse og utredet hvordan en skal få det til. Satellittdata blir trolig viktig her.
- Kartverket er trolig modne til å engasjere seg på fjernmålingssiden nå. Tidligere har det vært liten interesse. I Sverige har en utredet dette på høyt nivå. Det svenske satellittarkivet er etablert. Tilrettelegging av data og det faktum at det kjøpes inn nye data, slik at Sverige får en landsdekking hvert eneste år. Kostnadene er relativt små (3-4 mill pr. år). Norge har noe av det samme, men dårlig sammenheng. I 2005 hadde Norsk Romsenter en diskusjon på hva de ville satse på i framtiden, og da kom innspill om hel bildedekking av Norge. Gjennom et arkiv aksepteres det at dette blir tilgjengelig. KSS har materiale og hvis norske aktører er interessert kan dette gjøres tilgjengelig.
- Utarbeidelse av et satellittdataarkiv stoppet opp fordi man fikk LandSat- 7 scener frigitt. Det er uheldig at det er et firma som i dag sitter på satellittdataarkivet i Norge. Dette er ikke optimalt. Datapolicyen er viktig, mer og mer tilgjengelighet må være målet. Viktig å knytte arkivet opp mot institusjoner som bruker dataene aktivt. Dette åpner for utvikling. En bør satse på veksel og dermed få optimalisert det som eksisterer i forhold til naturforvaltning. Det må settes av midler til en utviklingsprosess for å få til heldekkende for Norge. Dette med skala og tidshyppighet bør bakes inn. Hvis vi greier å få til det, går vi fra å være etterhenger til å bli i forkant.
- Samkvem forvaltning – forskning er viktig. Å ha et forum hvor en diskuterer hva en egentlig har lyst til å lære og hvilke parametre en er ute etter. Forskninga er god til å finne riktig svar, men det er ikke alltid svar på riktig spørsmål. Det er også viktig at forvaltningen lærer å bruke forskninga. Det er ofte manglende forståelse for bruk, så det trenges opplæring.

Oppsummering

Norsk Villreinsenter Sør

Seminaret har vist at det er mulig i dag å lage et overvåkingssystem for enkle vegetasjonstyper i fjellet basert på fjernmåling. For lav er det utviklet metoder som også kan si noe om mektighet på lavdekket. Tidsserier basert på standardiserte metoder slik at vi kan følge utviklingen, og kvantifisere denne vil være svært viktige både i forskning og forvaltning. Klimaendringer vil få vesentlige og sikkert også andre konsekvenser enn det vi ser i dag. Tidsserier vil fange opp dette. Norge har et spesielt ansvar for å følge med opp klimaeffekter i høyfjell og i Arktis.

Det knytter seg metodiske utfordringer til romlig skala, klassifisering/oppløsning mht. vegetasjonstyper og dermed til nøyaktigheten i fjernmålingsdata. Kombinasjonen av ulike fjernmålingsteknikker (satellitt, laser, flyfoto) vil gi bedre data.

Villreinen er et barometer for hvordan vi forvalter høyfjellet. Endret arealbruk, endring i vegetasjon og biomasse er viktige variable vi må vite noe om for å kunne forvalte villreinen på en best mulig måte. Vi trenger gode verktøy for å håndtere dette. Brukergruppene må involveres på en god måte i alle fjernmålingsprosjekter.

At det tas bilder i infrarødt (IR) er viktig for alle som jobber med fjernmåling og vegetasjonsspørsmål. Kostnadene ved å ta disse med når en fotograferer er minimale. IR bilder er nødvendige for å forske på mange av de problemstillingene vi har berørt på dette seminaret, f. eks som arkivmateriale for å se på endringer over tid.

Kartverket bør ta ansvaret for å bygge opp et arkiv for fjernmålingsdata. Utgangspunktet må være at kostnaden for brukere skal være så lav som mulig. Åpen tilgang på data vil fremme forskningen, og dermed bedre politikeres og forvaltningens beslutningsgrunnlag.

Endringsdata og utvikling av algoritmer som kan gi svar på ulike problemstillinger er viktig. Her vil en ha problemstillinger knyttet til helt ulike skalaer (fra globalt til helt lokalt). Viktig at dette utvikles i samarbeid mellom gode utviklere og fagekspertene på de enkelte felt. Klimaovervåkning blir bare viktigere og viktigere.

I en utviklingsfase må alle fjernmålingsteknikkene nøye kontrolleres mot bakkedata. Her bør en utvikle et system med referanseflater som kan gi gode kontrolldata utvalgt etter statistiske metoder. Dette er nødvendig for både tolking av fjernmålingsdata og for å øke nøyaktigheten i data. En kan her dra nytte av at mange er engasjert i å samle inn bakkedata. Vi vil mye lettere kunne få aksept i brede lag, når mange lokalt er engasjert og ser noe av det samme i sine små prøveruter. Norsk Villreinsenter foreslår at det velges ut et aktuelt område for et slikt sammenlignende studie, f. eks et av våre mindre villreinområder. Området bør ha en variert sammensetning av vegetasjonstyper. Her kan da ulike teknikker for fjernmåling sammenlignes og kontrolleres mot gode bakkedata.

Avslutning

Johan Danielsen, Direktoratet for naturforvaltning

Takker Norsk Villreinsenter Sør for å ha satt sammen dette forumet, hvor så mye kompetanse er samlet. Bestillerkompetansen har fått seg et løft i løpet av disse dagene. Brukersida har en utfordring vedrørende nettopp dette. Hva man vil og kan bestille er et sentralt spørsmål.

Alle kommer ut av disse dagene med et større vidsyn i forhold til det vi gikk inn med.

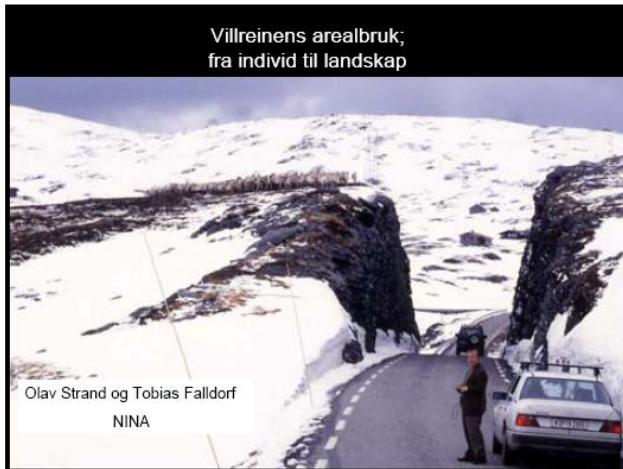
Koblinga mellom ”høytflygende ting” og folk på bakkenivå, et viktig perspektiv å ha med seg og viktig å få på plass. I tillegg er det behov for å få på plass bedre strukturer for datafangst og datalagring, noe som er en klar utfordring.

Takk til alle for gode, velforberedte foredrag og stort engasjement!

Del 2: Orginalbidrag fra foredragsholderne

Villreinens årssyklus og bruk av beiteressursene

Olav Strand, Norsk Institutt for Naturforskning



Utfordringen

Utmarksarealene og fjellet representerer STORE verdier for MANGE brukergrupper.
Forvaltningen trenger derfor god og nøyaktig kunnskap om effektene av menneskelig påvirkning

Det er en betydelig utfordring å overføre denne kunnskapen til fjellandskapet der forvaltningen også må finne flerbruksløsninger

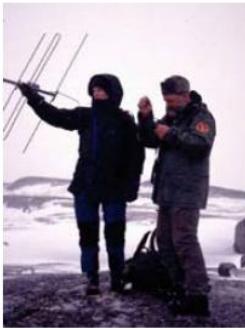
Vi trenger kunnskap og data som gjør det mulig å forstå dyrs arealbruk i forhold til beiteressurser, klimapåvirkning (klimaendringer) og menneskelig aktivitet



Hvordan studere effekter av menneskelig påvirkning?

- **To hovedretninger**
- Effekter på individnivå – slike undersøkelser er ofte rettet mot mekanismer - eg. Støy/ hørsel/ afferd – stressutsv- beiteid.
- Kumulative effekter på landskap eller bestandsutsv. muler effekter ved redusert tenhet, nedsatt vekst, reproduksjon.

Effekter på individnivå Lokale eller kortvarige forstyrrelser



- **Eksempler**
- Flystøy
- Reaksjon på folk
- Trafikkbelastning på veger
- Anleggsvirksomhet osv
- **Målte parametere**
- Fysiologiske responser, hjertetrykk, stresshormoner
- Aferdsendringer, årvækenhet, beitetid
- Fluktavstand

Effekter på individnivå; forts.



Denne typen effektstudier har vært populære dels fordi de lettest kan relateres til spesifikke inngrep og forstyrrelser (eks. Hørsel - støy fra kraftledninger)

Har ofte et design som tillater eksperimenter i mer eller mindre kontrollerte omgivelser

Besvarer spørsmålet: "er det effekter av min aktivitet/ mitt inngrep?"

MEN; det vanskelig/ umulig å ekstrapolere resultatene til bestand eller landskapsnivået der de forvaltningsmessige eller politiske beslutningene tas (eg. Beitetid, energiforbruk, vekst, reproduksjon, overlevelse).

Regionale eller også kumulative effekter



De samla effektene av ytre påvirkning på tenheten av dyr

Det er vanskelig å relatere slike effekter enkeltstående inngrep eller stimuli.

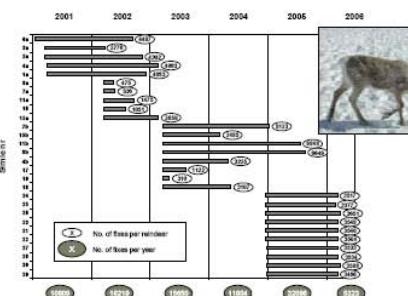
Effektene er målt på populasjons eller landskapsnivå og resultatene kan tolkes innenfor klassisk bestandsdynamisk teori

- Endring i tenhet
- Økt matkonkurranse i uforstyrret habitat
- Redusert vekst, reproduksjon og overlevelse
- Dette er ofte studier som bygger på korrelasjoner mellom tenhet av dyr og tenhet av forstyrrelser eller inngrep som brukes som forklaringsvariabler

Radiomerking og GPS baserte studier; Fra individer til landskap



Resultater radiomerking

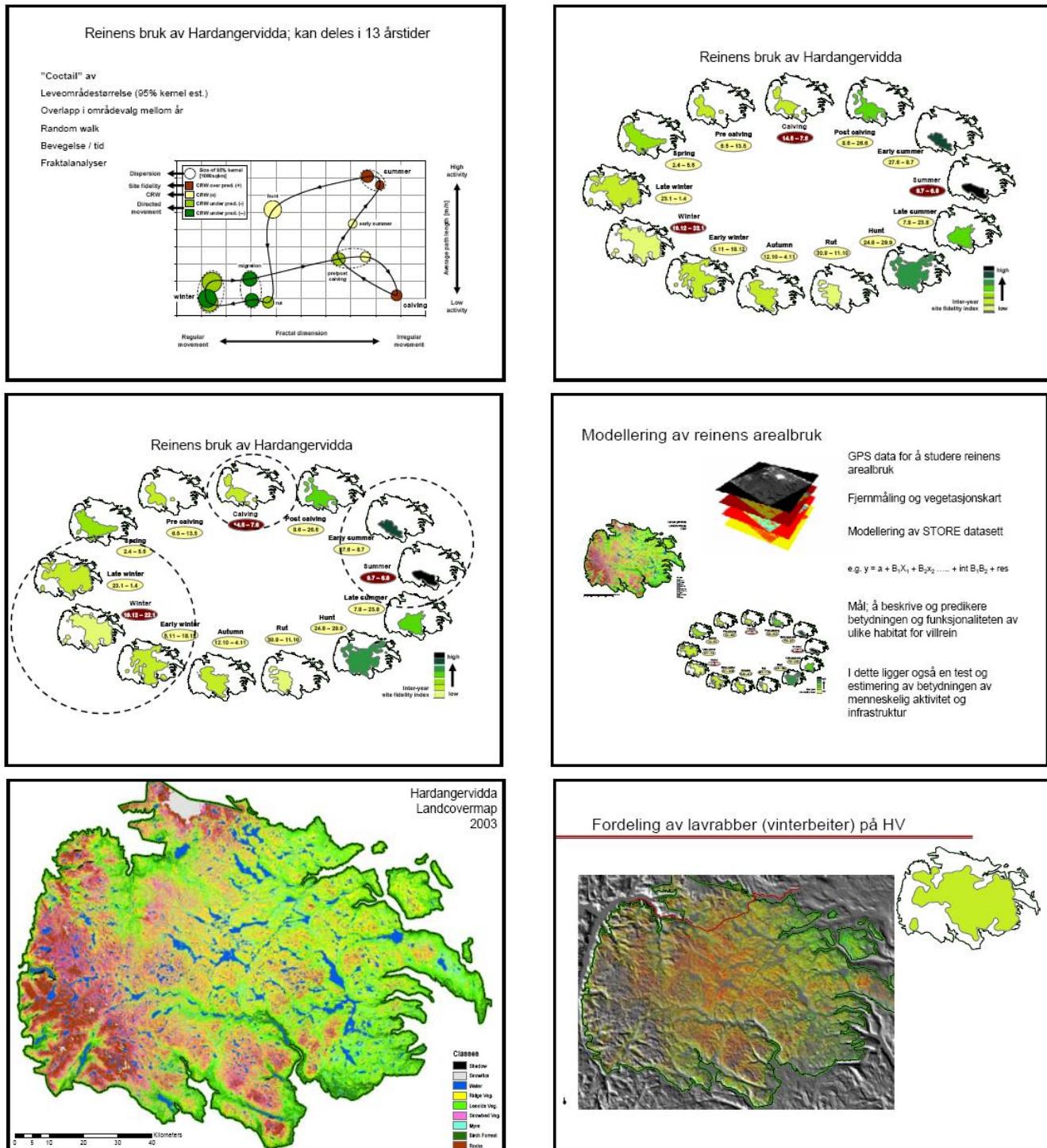


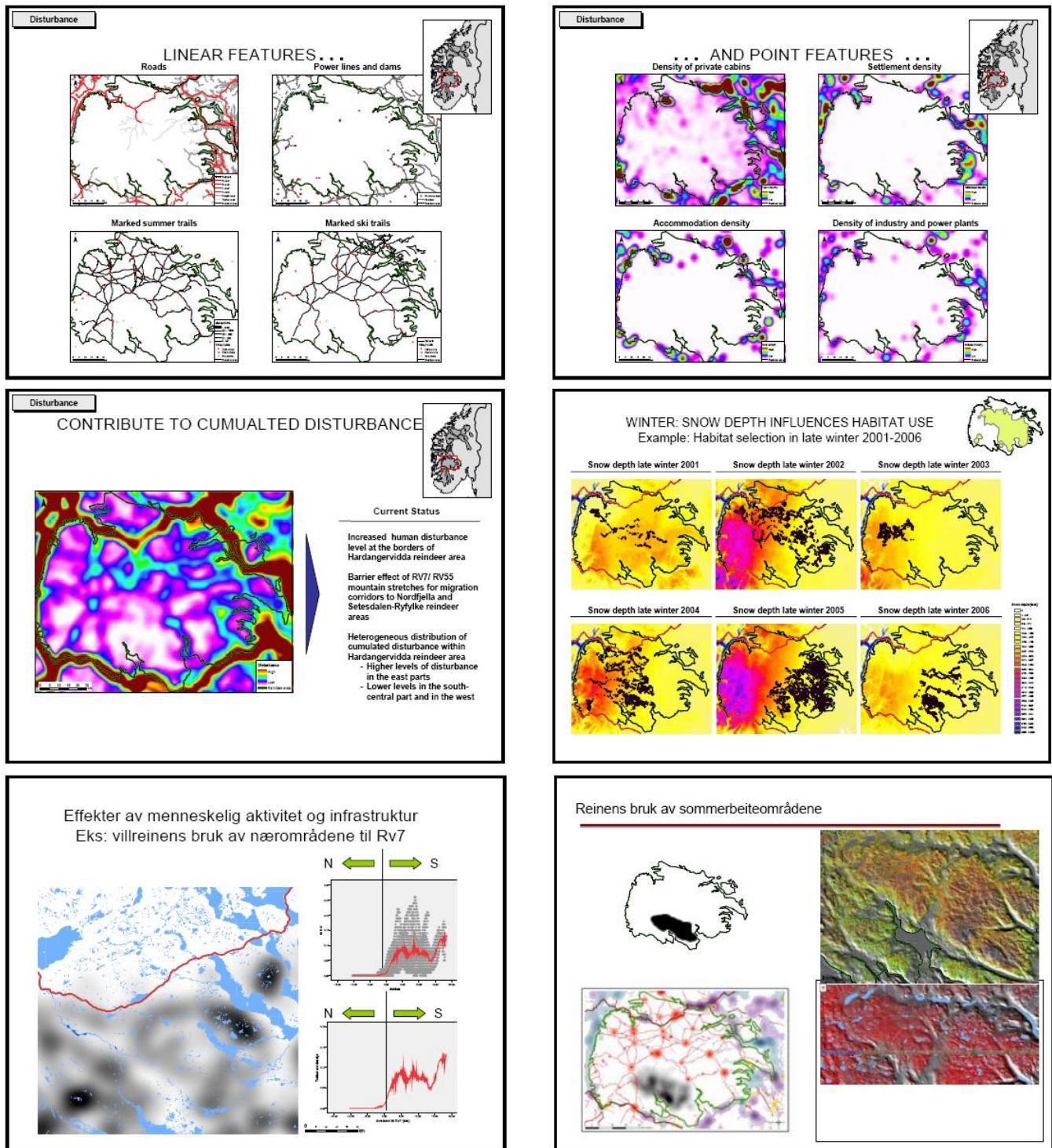
28 radiomerka simler

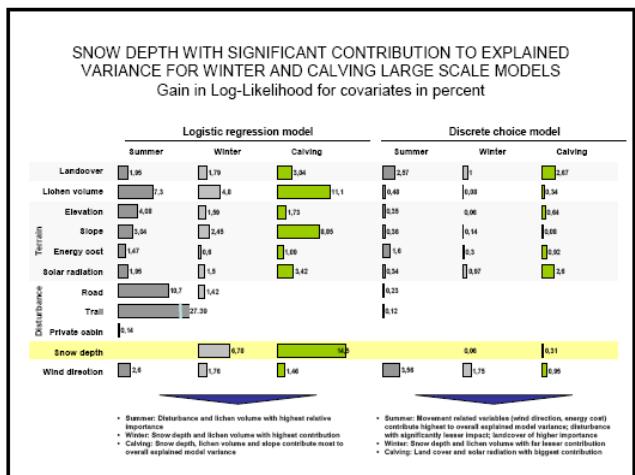
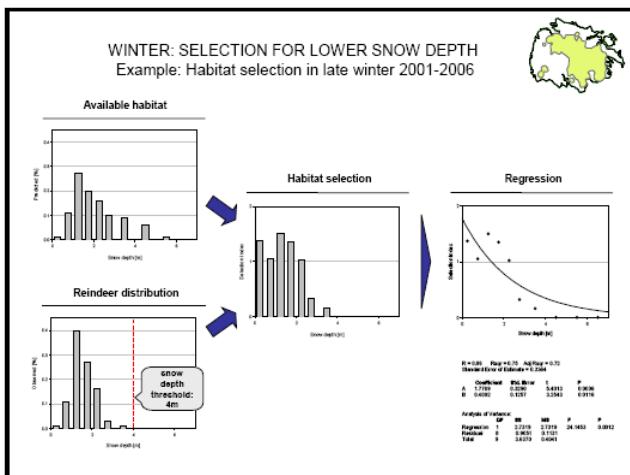
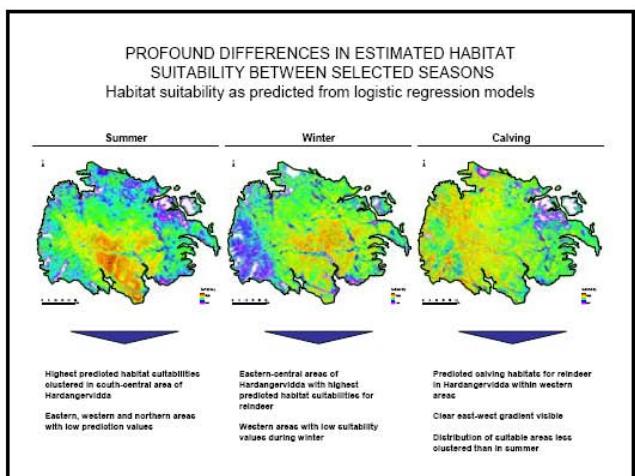
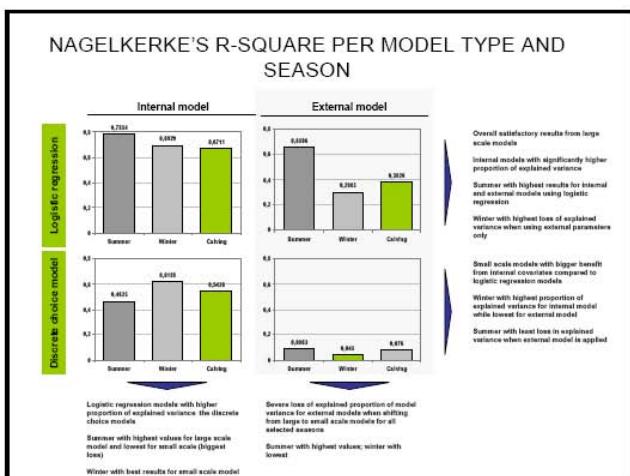
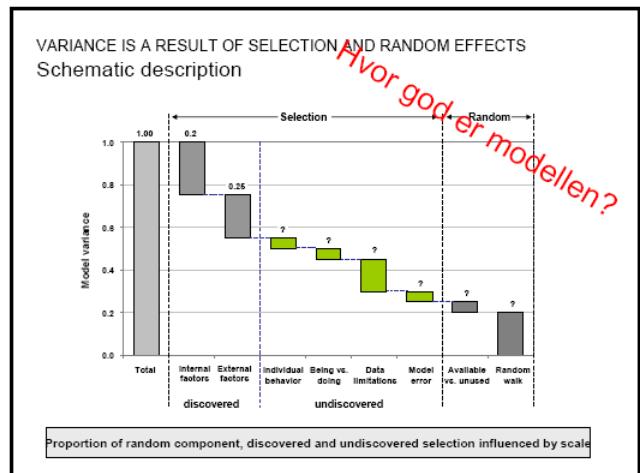
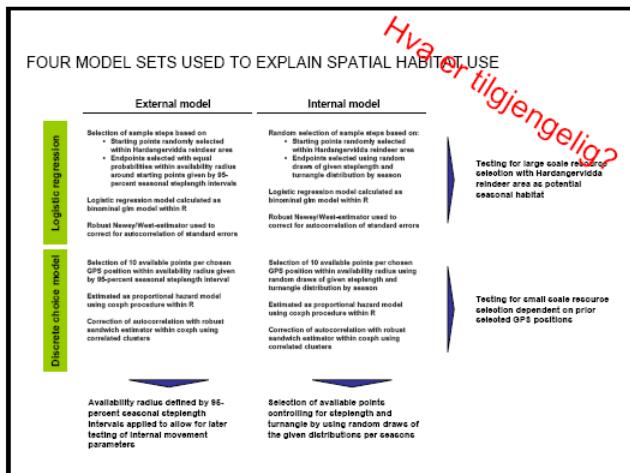
Totalt ca 100 000 datapunkt som viser reinens arealbruk i perioden januar 2000 - mars 2006

Rekonstruksjon av reinens bevegelser

- Visning av videoer og nina's hjemmeside med innsynsløsning og visning av GPS data fra langfjellaprosjektet







Reinens bruk av Hardangervidda

Lyktes med å etablere habitatassosiasjonsmodeller som inkluderer effekter av menneskelige forstyrrelser og infrastruktur

Modellene viser forventa habitatbruk gitt parametrene som er inkludert i modellen

Modeller og kart kan "manipuleres" for å vise ulike scenarier; eg. Klimaeffekter, tenkte avbøtende tiltak osv

Men;

Modellevaluering –

Tåler modellene et møte med bøddelen ?

Hvor riktige er modellene, hvor stor er overføringsverdien til andre områder?

Det optimale ville vært å teste prediksjoner fra modellene mot helt uavhengige data, dvs. at vi lager en modell basert på HV for et annet område, for eksempel SR, RN eller SN, før deretter å teste prediksjonene mot GPS data fra disse områdene

Alternativt så kan vi sammenligne modellene med andre uavhengige data

Eksempler på tilgjengelige data fra HV = kalvetelling i juli og kavingomsråder

Vi har også tilgang til kvalitative datasett fra villtomtdokarbeidning (villreinarka)

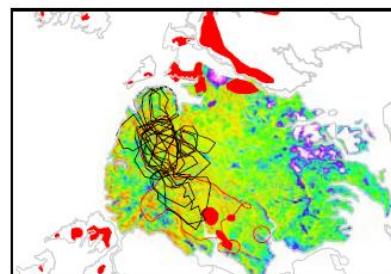
Ufordringer i forhold til kvalitet på data:
 Fordeling og representativitet (sampling design)
 Tidsrom, betydning av tettethet (antall reinsdyr) og klimavariabler som snø



Datakvaliteten avgjør hvor hardt vi kan "svinge" øksa.

Test no 1:

Beregna habitatverdier for kalvingsperioden mot:
Kalvingsperioden registrert i perioden 1970-1985

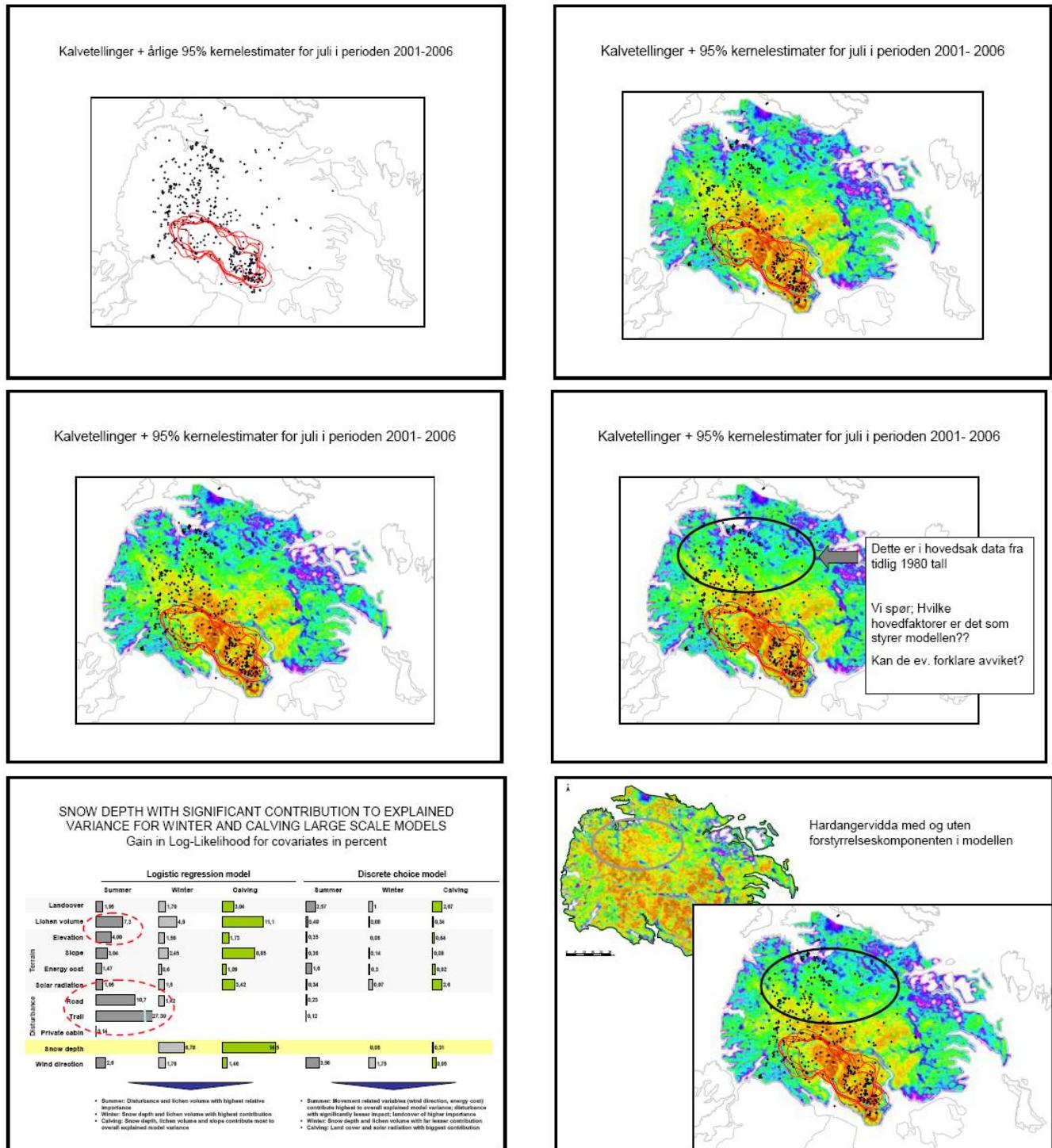


Utvalg habitatverdier (> + 1 SD) for kalvingsperioden mot alle år og 95% kernel estimator for GPS datasettet

Test no 2: Sommersesongen

Habitatmodellen mot;
Data fra kalvetellinger (i Juli 1979-2005)





Forstyrrelseskomponenten i modellen har endra seg betydelig siden 1970.
I samme periode har det blitt færre reinsdyr.

Vi har flere alternative forklaringer:

- 1) Modellen er riktig og en eller flere faktorer har endra seg siden første del av 1990 tallet
 - 1) Antall reinsdyr, reinen bruker sekundære områder ved større tetthet
 - 2) Forstyrrelsen har økt og kan ha sterke avvisningseffekt i seg selv eller
 - 3) i kombinasjon med at det er færre reinsdyr
- 2) At det er andre forhold som korrelerer til arealbruken, som vi ikke har identifisert (og som også har endra seg i samme periode).

For å komme lengre i analysene trenger vi bedre forklaringsdata;

Særlig data som beskriver forstyrrelseskomponenten, for eksempel ferdselsregistreninger, overnatting / hytte, trender med mer

Neyaktige habitatkart (e.g. flere vegetasjonsklasser).

Planen er nå å øke villreinbestanden på Hardangervidda. Dette kan gi muligheter til å teste effekten av tetthet

Ut av Hardangervidda

Hva styrer arealbruken hos migrerende arter?
Hva er konsekvensene av fragmentering i slike bestander?

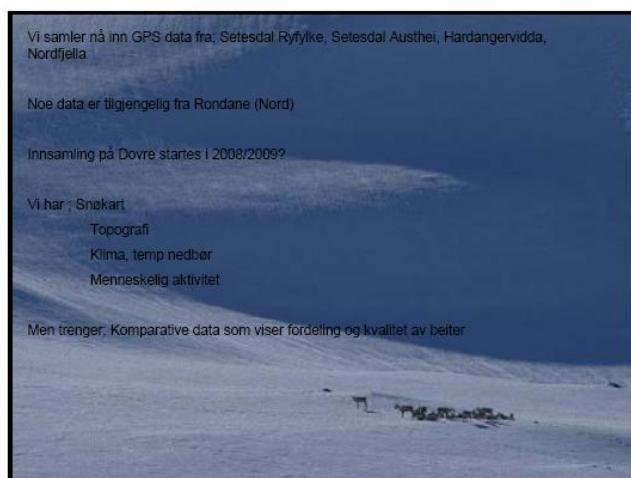
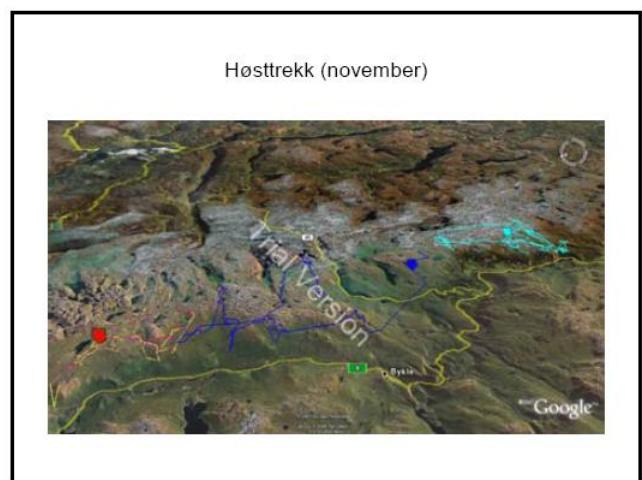
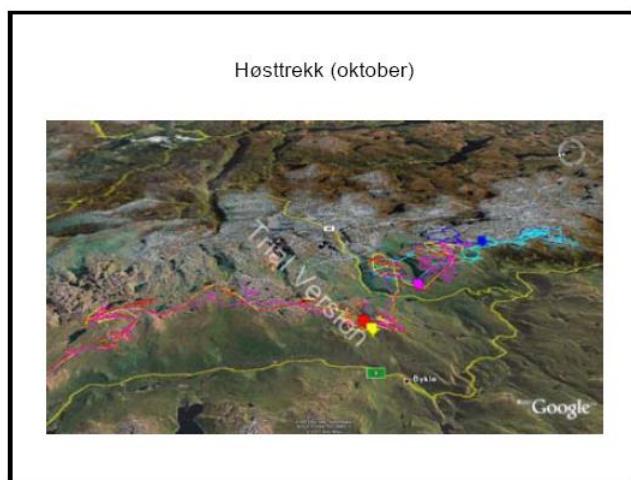
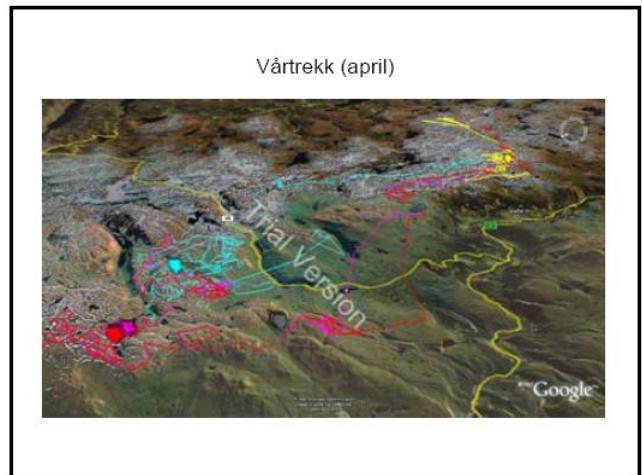
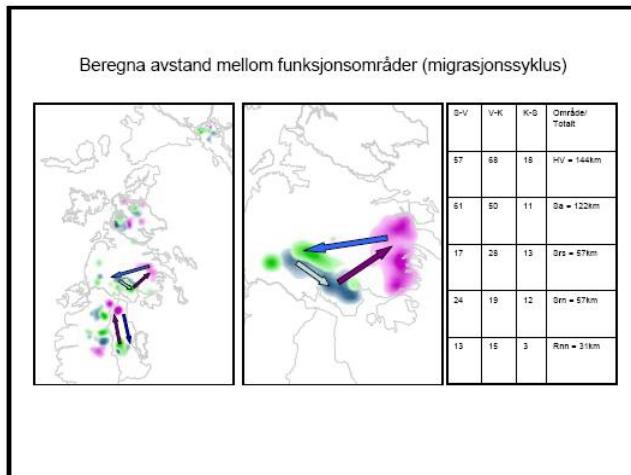
To hovedhypoteser:
Finne beiter i miljøer med stor rommelig variasjon
Unngå predasjon i for eksempel kalvingsperioden

Migrerende arter bruker svært store arealer og setter derfor store krav til arealforvaltningen (Berger 2006)

Vi spør: Hva er forskjellen i områdene: migrasjonssyklus, beiter, sno, topografi? – kan vi se at det også er effekter av fragmentering på bestandsnivå?

Vi er særlig oppatt av trekkorridorer mellom funksjonsområder og betydning av beiter / klima som viktig faktor i forhold til migrasjon.

Eksempel på ulike funksjonsområder i Region sør
85% kernel estimator for kalving, sommer og vinter sesonger



Arbeid med rapport om modelleringsvirksomhet og metodikk
Eva S.F. Heggem, Skog og landskap

Automatisk generering av norsk CORINE Land Cover 2000 Skinnarbu 2. april 2008.

CORINE Land Cover 2000 er et europeisk arealdekkeprodukt som er sammenlignbart over landegrensene. CORINE er opprinnelig et kartprodukt basert på visuell tolkning av satellittbilder, men noen land, deriblant Norge benytter ulike semi-automatiske metoder som kombinerer eksisterende kartdata med satellittbildeanalyser i etableringen. Skog og landskap har oppdraget med å levere det norske bidraget til CORINE 2000, og produktet skal ferdigstilles i løpet av år 2008.

Kartdataene som inngår i etableringen av CORINE 2000 er i hovedsak AR5 (markslagskart) og topografisk N50 datasett. I tillegg inngår GAB-punkt og en rekke mindre datasett. For områder over tregrensen benyttes data fra ARfjell (tolkede fjelldata). Produksjonen av ARfjell fra Landsat satellittbilder kjøres i forkant av CORINE og inngår direkte som et bidrag. ARfjell etableres ved bruk av segmentering og styrt klassifikasjon hvor det er langt stor vekt på å velge ut riktige treningsområder. Datasettet er kontrollert av tolkere før det endelige resultatet foreligger. Hovedarbeidet med etableringen av ARfjell vil bli ferdig i 2008. For CORINE 2000 blir i tillegg ungskog og hogstklasser tatt ut fra Landsat scener som en egen produksjonsløype.

Etter at alle kartdatasett forligger blir dataene videre analysert, forenklet og generalisert automatisk ved hjelp av en rekke rasterbaserte teknikker. Resultatet er et datasett som oppfyller kravene til et CORINE 2000 datasett. CORINE 2000 har opprinnelig 44 klasser, 36 av disse vil finnes i norsk CORINE 2000.

Minste kartleggingsenhet i CORINE er 25da og minste geometriske bredde er 100m. Ettersom klassene ikke er tilpasset nordeuropeiske forhold vil 90% av Norges areal falle til bare 6 av disse klassene, hvorav skog og fjellområder er de største.

Selv om CORINE 2000 snart foreligger også for Norge er det viktig å huske at dette datasettet er beregnet for et europeisk nivå og ikke er egnet til nasjonale arealstatistikker. Dette spesielt pga de få klassene som finnes i fjellområdene og fordi jordbruksoppdraget opptrer med ulike blandede klasser. Arealkravet gjør også at det mange små enheter faller bort i et så topografisk land som Norge. På en Europeisk målestokk bidrar CORINE 2000 til et homogent datasett som er sammenlignbart over landegrensene og som kan gi storskala arealstatistikker.

Mountain vegetation classification in Sweden: The effect of combining different inventory and satellite data sources

Heather Reese, Sveriges Lantbruksuniversitet, Umeå



Heather Reese
 Institutionen för skoglig resurshushållning, fjärranalys avdelningen
 Sveriges Lantbruksuniversitet
 901 83 Umeå

Fjällvegetationsklassning i Sverige med hjälp av satellitdata och inventeringsdata

På Sveriges Lantbruksuniversitet (SLU) pågår forskning omkring ämnet kartering av fjällvegetation med hjälp av satellitdata och inventeringsdata ifrån den miljöövervakningsprogrammet "Nationell inventering av landskapet i Sverige" (NILS). En aktuell kartering av fjällvegetation är ett önskemål från flera olika svenska myndigheter. Den nuvarande fjällvegetationskartan (Liber Kartor, 1981) är skapad från flygbilder från 70- och 80-talet, därfor behövs en uppdatering nu. Den har dessutom en ganska grov spatial upplösning (6.25 ha). För Sveriges miljöövervakningsprogram är fjällregionen ett viktigt nyckellandskap, inte bara på grund av de resurser och den biologiska mångfald som finns i fjällen utan också då det är en sårbar miljö på grund av klimatförändringar och annan mänsklig och naturlig påverkan. De svenska fjällen används till flera ändamål, inklusive turism och renskötsel. För att övervaka status och förändringar i landskapets vegetation behövs jämförbara kartor med detaljerade, uppdateringsbara och långsiktiga karaktäristika.

Sedan 2003 har flera olika projekt finansierats av Svenska Naturvårdsverket, Svenska Rymdstyrelsen, och SLU. Ett tre års projekt (2003-2005) hade syftet att använda Landsat ETM+ data till en klassning med hjälp av NILS fält data som träningsdata. Träningsdata blev dock för få ytor inom en scen. För att klassa ett stort område med flera träningsytor, reflektans-normaliserade tre stycken Landsatbilder från 25:e juli 2000 till en MODIS bild. Antalet träningsytor blev fortfarande för få för en detaljerad styrdklassning, och en ostyrd klassning kördes på den Landsatbildmosaik. Resultatet blev en heltäckande karta med 19 vegetationsklasser. En utvärdering baserat på NILS fältdata från 2003 och 2004 gav en total noggrannhet på 74 %. Det visade sig att frisk rished och torr rished ibland var svåra att skilja från varandra: noggrannheten blev 56 % för torr rished och 75 % för frisk rished. Orsaken till detta kan delvis förklaras av den ofta mosaikartade förekomsten av frisk och torr rished i fjällen.

För att undersöka möjligheten att förbättra klassningen av den mosaikartade fjällvegetationen, och på grund av problem med data från Landsat 7, testade vi data från SPOT-5 satelliten. Pixelstorleken är 10m för SPOT-5 jämfört med 30m för Landsat och SPOT har färre våglängdsband än Landsat och det var av intresse att se om detta påverkade SPOTs förmåga att klassa fjällvegetation negativ jämfört med Landsat. Det var också av intresse att se om den högra spatiala upplösningen av SPOT skulle förbättra klassningen av den mosaikartade risheden eller vide. Dessutom skulle olika tillägg av ancillary data undersökas, nämligen att använda NDVI och information från en DEM för att bättre skilje mellan olika fjällklasser. De vegetationsklasser som vi vill få fram var ganska lika till klasserna från Liberkartors "Fjällvegetationskarta," och inkluderade block och hällmark; glaciär/snö; vatten; skarp rished; torr rished; frisk rished; fuktig rished; våt rished; gräshed; lågörtsäng; högörtsäng; snölega; vide; torrt kärr; vått kärr; hedbjörkskog med ris fältskikt; hedbjörkskog med gräs/ris fältskikt; ängsbjörkskog; barrskog; och blandskog.

Relativ reflektansnormaliseringen av två SPOT-5 bilder (datum 2004-07-29) gjordes med hjälp av linjär regressionen mot en BRDF/Nadir-korrigerade MODIS reflektans bild med 500m upplösning som tagits omkring samma datum som SPOT-bilderna. En topografisk korrigering (c-korrektion) gjordes med en höjdmodel av 10m upplösning som var omsamplade ifrån en 50m höjdmodel.

Träningsdata till klassningen utvecklades från tolkningen av ir-färg 1:30 000 flygbilder som var tillgängliga inom NILS projektet. I fjällen är samplingsdistans mellan NILS rutor 25 km, och för att undersöka om samplingstäthet för insamling av träningsdata till en klassning av SPOT bilderna var tillräckligt bra, har vi testat en fördubbling av antalet flygbilder. I varje flygbild tolkade vi minst 110 systematiskt utlagda punkter. Varje punkt har en radius av 10, 20 och 30m och tolkningen av variabler som träd täckning, busk täckning, fuktighet, och en vegetationsklass etikett tilldelats varje nivå (10, 20, och 30m radius). På grund av tekniska problem med bilderna blev bara hälften av bilderna tillgängliga (8 av 16 totalt) inom det två-bilders studieområdet. Totalt tolkades över 1,000 träningsytor, och i slutändan används en tredjedel till den styrda klassringen (i.e.,bara ytor som hade minst 75 % av vegetationstypen inom ytan, och exklusiv dis-påverkade ytor, samt felaktiga tolkade ytor).

Ölka styrda klassningsmetoder provades, inklusive maximum likelihood classification (med a priori sannolikhet lika med 1 eller klass-proportional) och decision tree classification (med bara spektrala data och med spektrala data samt information tagit från höjdmodellen) med programmet Quest. Tio-gångar kors-validering används för att utvärdera resultaten och det visade sig att decision trees som använder spektrala data samt höjd information (i.e., SPOT band 1, 2, 3, 4, NDVI, höjd över havet, lutning, aspekt, och total soltimmar under sommaren) gav högsta antalet rättklassade ytor med 72.4%. När några lätt förvirrade klasser slås ihop till 16 klasser (så att högörtsäng + lågorrtsäng = örtsäng, fuktighet + våthet = fuktig/våthet, och de tre fjällbjörksklasser slås ihop till fjällbjörk), var resultaten 85.6% korrekt. Några resultat också utvärderades med NILS ytor. Resultaten visas i Tabeller 1 och 2.

Tabell 1. Utvärdering av klassningen och klassningsmetoden.

| Metod | X-val | X-val | NILS | NILS |
|--|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| | Noggrannhet 20 klasser | Noggrannhet 16 klasser | Noggrannhet 20 klasser | Noggrannhet 16 klasser |
| Styrd maximum likelihood (priors = 1) | 48.7% | 64.4% | 53.9% | 62.8% |
| Styrd maximum likelihood (priors "class proportional") | 52.5% | 70.3% | -- | -- |
| Decision Tree med SPOT spektrala data | 63.1% | 72.5% | -- | -- |
| Decision Tree med SPOT + höjd, lutning, aspekt, sommar soltimmar | 72.4% | 85.6% | 60.3% | 74.4% |

Tabell 2. Användarens noggrannhet till individuella klasser från decision tree klassning av spektrala- och höjd-data).

| | Om aggregerade |
|---|---------------------------|
| 86% Block | |
| 82% Skarp rished | |
| 81% Torr rished | |
| 67% Frisk rished | |
| 36% Fuktig rished | Fuktig/Våtrished = 54% |
| 27% Våtrished | |
| 53% Gräshed | |
| 60% Lägörtsäng | |
| 77% Högortsäng | |
| 67% Kärr(torr) | |
| 77% Kärr(våt) | |
| 61% Vide | |
| 64% Ängsbjörkskog | |
| 50% Fjällbjörkskog (<i>vis fältskikt</i>) | |
| 84% Fjällbjörkskog (<i>gräsvis fältskikt</i>) | Fjällbjörkskog = 95% |
| 90% Barrskog | |
| 82% Blandskog | |
| 95% Snölega | |
| 100% SnöIs | |
| 98% Vatten | |

Slutsatsen var att decision trees ser ut att vara en lovande metod för klassning av fjällvegetation inte bara på grund av att de kan använda höjd information inom klassningen; att flygbildstolkningen av många ytor kan vara ett bra sätt att samla in träningsdata till en styrdklassning; att SPOTs 10m spatial upplösning kan vara väl anpassad till den mosaikartad struktur av fjällvegetation; och att den spatiala upplösningen av höjd modellen är viktig när det används tillsammans med 10m upplöst SPOT data.

SLU jobbar också med operationell kartering av lav på skogsmarks förekomst och biomassa. Lav på skogsmark är en viktig vinterbetesresurs för ren. Uppdraget är finansierade av Rymdstyrelsen och SLU i ett tvåårigt projekt. Riksskogstaxering och Markinventerings provytor används till träningsdata av både SPOT-5 och Landsat ETM+ satellitdata. Olika klassningsmetoder jämförs nämligen maximum likelihood, mahalanobis distans, linjär regression, och neural networks. En så länge har en tematisk klassning gjorts med SPOT data, och mahalanobis distans ger bästa klassningsnoggrannhet av "lavtyp" (> 50 % lavtäckning på marken), "lavrik typ" (25-50 % lavtäckning), och "mosstyp" (<25 % lav). Resultaten utvärderas med omkring 200 50x50m rutor som fältinventerats under sommaren 2006 och 2007. Lavtäckning och höjd mäts på 104 systematiskt utlagd stückprov inom rutan. Det visade sig att lavtyp och lavriktyp kunde klassas med 81.4% total noggrannhet (k-hat 73 %). Under nästa år kommer projektet att gå vidare med klassning av Landsat data (för att undersöka viktigheten av det blåa bandet i klassningsresultatet) och skattning av lavbiomassa med olika metoder inklusive regression trees och neural networks.

Fjellvegetasjon og snødekke. Økologisk betydning og konsekvenser av framtidig klimaendring

Arvid Odland, Høgskolen i Telemark

Pågående forskningsprosjekt ved Høgskolen i Telemark avd. Bo

Problemstillinger:

"Snø" er allment akseptert som den viktigste faktoren som bestemmer planters utbredelse og vegetasjonens utforming i fjellområder. "snø" er imidlertid i liten grad kvantifisert i den forskningen som er utført til nå. Snøen påvirker vegetasjonsperiodens og dessuten har den avgjørende betydningen for teledannelse og jordtemperatur. Dersom klimaprognosene slår til vil det ha stor betydning for snødekket i fjellet, og dermed også for plantene. I det pågående prosjektet skal vi etablere kvantitative sammenhenger mellom dagens fjellvegetasjon og "snø" og så bruke disse sammenhengene for å modellere mulige endringer som følge av klimaendringene.

Undersøkelsesområder og metoder:

Det blir etablert permanente analyseflater (2x2 m), tilfeldig utlagt i homogene bestander som dekker ulike geografiske, geologiske og topografiske grader rundt Hardangervidda. Til nå er 230 analysert, og et lignende antall blir etablert senere. Data om planter, topografi og jordsmonn blir samlet inn. Rutene blir lokalisert med GPS, og de blir oppsøkt med en ukes mellomrom om våren/sommeren for å måle snøforhold og jordtemperatur.

Publisert til nå:

- Odland, A. 2005. Oligotrophic and mesotrophic vegetation in southern Scandinavian mountains. Gradients in species and community distribution extracted by numerical analyses of earlier published vegetation descriptions. – *Phytocoenologia* 35: 985-1018.
 Odland, A. & Munkejord, H.K. 2008. Plants as indicators of snow layer duration in southern Norwegian mountains. – *Ecological indicators* 8: 57-68.
 Odland, A. & Munkejord, H.K. 2008. The importance of date of snowmelt for the separation of different oligotrophic and mesotrophic vegetation types in Southern Norway. – *Phytocoenologia* 38: 1-32.

Resultater til nå:

185 ruter ble undersøkt (oligotrof vegetasjon), og de varierte i høyde fra 182 under til 473 over den klimatiske skoggrensa. Utsmeltingstidspunkt varierte fra før 1.april (tidligere enn dag 90) til dag 180. Utbredelsen til 126 arter ble testet statistisk i relasjon til snøsmeltingstidspunkt. 13 arter viste ikke signifikant respons (bl.a. flere vanlige fjellplanter). 113 hadde statistisk signifikante ($p < 0.05$) responsmodeller. 61 var signifikant med en lineær modell, og 98 var signifikante med en unimodal modell. 46 arter var signifikante med begge modellene. Mange planter kan altså benyttes som indikator for snødekkets smeltepunkt

En numerisk klassifikasjon skilte ut 4 hovedgrupper av fattig fjellvegetasjon, og forskjellene mellom disse var først og fremst "snø" og høyden over havet (skoggrensa):

1. Rabbesamfunn (NB og LA sone)
2. Lesidesamfunn (NB og LA sone)
3. Moderate snøleier (grasheier i LA sone og rabbesivheier i MA sone)
4. Snøleier (LA og MA sone)

Andre resultater:

- MA sone har betydelig mindre variasjon i plantedekke enn NB og LA. Eksponerte lavrabber og lesidevegetasjon manglet i MA.
- Overgangen LA og MA sone gikk i snitt 270 m (250 - 300 m) over den klimatiske skoggrensa
- Vegetasjonen i MA sone fantes bare der snødekkets maksimale tykkelse (målt ca 1. april) varierte mellom 0,5 og 2,0 m
- Framsmeltingstidspunktet i MA varierte mellom dag 130 og 180 (2005) mens det på lavere nivå varierte fra før dag 90 til dag 180.
- Substratets volumvekt var alltid over 0,8 g/cm³ i MA sone
- Antall dager fra framsmelting til jordtemperaturen var over 6 °C varierte fra 0-60 dager i NB og LA sone mens den i MA sone varierte mellom 0 og 20 dager.
- Lavheier fantes under følgende økologiske betingelser:
 - Oppstikkende rabber der vinden blåser bort snødekket (snøtykkelsen 1 april mindre enn 50 cm)
 - Dette gir sterk teledannelse som igjen betinger at det tar lang tid (mer enn 60 dager etter snøsmelting) før jordtemperaturen overstiger en kritisk terskel (6 °C) før det skjer biologisk aktivitet
- Selv om rabbene smeltet fram tidlig (før 1. april) nådde både rabber og lesidevegasjonen terskeltemperaturen i jorda i gjennomsnitt samtidig (som i 2005 var i slutten av mai)
- NB og LA rabbesamfunn ble i snitt snøbare før 20 april
- NB og LA lesidevegetasjon ble i snitt snøbare før 28 mai
- Grassnøleier ble i snitt snøbare før 9 juni
- Snøleier ble i snitt snøbare etter 9 juni. (SD innen hver type var stort sett < 10 dager)

Framtidsplaner:

- PhD-student tilsettes på prosjektet i våren 2008
- Gjennomføre en liknende undersøkelse av eutrof fjellvegetasjon (reinroseheier, høgstaudeenger- og vierkratt, lågurtenger, rike snøleier) og myr-våtmarksvegetasjon
- Fenologisk undersøkelse av fjellplanter (betydningen av snødekket og jordtemperatur)
- Karakterisere karplanteflora og jordsmonn i MA sone
- Etterundersøkelser av etablerte fastruter for å påvise eventuelle endringer
- Modellere eventuelle effekter av klimaendringer (temperatur og snødekket) i fjellet

Utfordringer ved kartlegging og evaluering av kart over fjellvegetasjon

Leif Kastdalen, Norsk Romsenter/SATNAT



Muligheter og utfordringer ved kartlegging og evaluering

- Erfaringer fra utvikling i SatNat-programmet

Leif Kastdalen

Avdeling for skog- og utmarksfag, Høgskolen i Hedmark, 2480 Koppang.
leif.kastdalen@hihm.no

Hensikt og mål

Denne artikkelen omhandler hvilke metodiske hovedtilnæringer som benyttes i kartproduksjon, utfordringene med å bruke fly- og satellittbaserte optiske sensorer i produksjonen og hvordan nøyaktigheten av kart kan måles.

Hovedspørsmål

For en kartlegging starter bør bruksområdet være klarlagt. Sentrale spørsmål vil være knytt til behovet for representativitet, identifikasjon av sjeldenheter, mengedata, bruk i habitatmodeller og identifisering av endringer i tid og rom. Svar her vil legge føringer på produksjonsmetoden og valg av klassifisering eller regresjon (måling). Ved klassifisering bør behovet når det gjelder størrelse på minste kartleggingsenhet og den tematiske opplosningen vurderes noye. Det nøyaktighetsnivå kartet bør ha er direkte relatert til planlagt bruksområde og kostnaden ved produksjonen stiger vanligvis sterkt med økt nøyaktighetsnivå. I internasjonal fag litteratur betraktes samlet nøyaktighet på 85% som et ønsket kvalitetsnivå for en god kartlegging^{1,2}.

Utfordringer

For å oppnå nøyaktige kart er kvaliteten på den forbehandling som må gjøres med bildedata sentralt. I geometrisk korrigeringen av et vertikalbilde til en kartprosjeksjon trengs presise data om plassering og en hoydemodell som ikke er for grov i forhold til opplosningen i bildedataene. Det vil si at hoydemodellens opplosning bør ligge et sted mellom 4 - 10 ganger pikselstørrelsen på bildedataene. For det topografisk varierede landskap vi har i Norge bør ikke hoydemodellen være særlig grovere enn 4 ganger bildedataene. Den nasjonale hoydemodellen med 25 meters ruter fungerer dermed godt for bildedata der pikselstørrelsen er 6 meter eller større. For mer detaljerte bilder er denne modellen for dårlig til å gi god bildegeometri.

For å oppnå en god geometri i satellittbilder er det nødvendig å identifisere en del punkt der en har nøyaktig informasjon om posisjon. Med www.norgebilder.no har vi fått en enkel mulighet til å finne slike punkt. For flyfoto kan presis lokalising i dag oppnås med interne navigasjonsdata (INS) over flyets retning og helninger og nøyaktige GPS-data for posisjon.

Når det benyttes mange bilder er det hensiktsmessig å etablere et fast rutennett som alle bildedata skal passe inn i. I et 30 meters rutennett passer også 15 meters data fra ASTER-satellitten og 10 meters data fra SPOT og ALOS.

Et slikt rutennett ble etablert i SatNat-programmet for kartprosjeksjonen UTM32 WGS84.

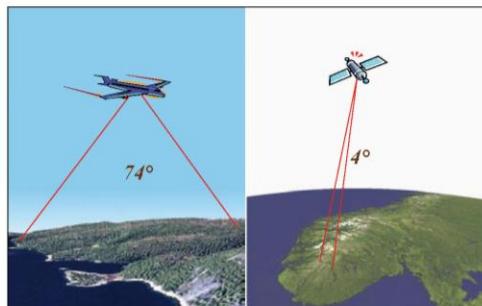
Belysningen i et bilde påvirkes av vinkelen mellom sola og sensoren. Denne effekten øker med økende fotograferingsvinkel og med graden av topografisk variasjon i landskapet (figur 1). Ved flyfotografering benyttes sterk vidvinkel i kamera, i satellitt sterk tele.

Flyfotografering gir dermed store belysningsvariasjoner i et bilde, selv i flatt landskap. Belysningsvariasjonene har ikke så stor betydning ved visuell tolking, men blir problematiske ved maskinell bildetolkning. Belysningsvariasjonen lar seg bedre korrigere på satellittdata enn på hoyopploselige flyfoto.

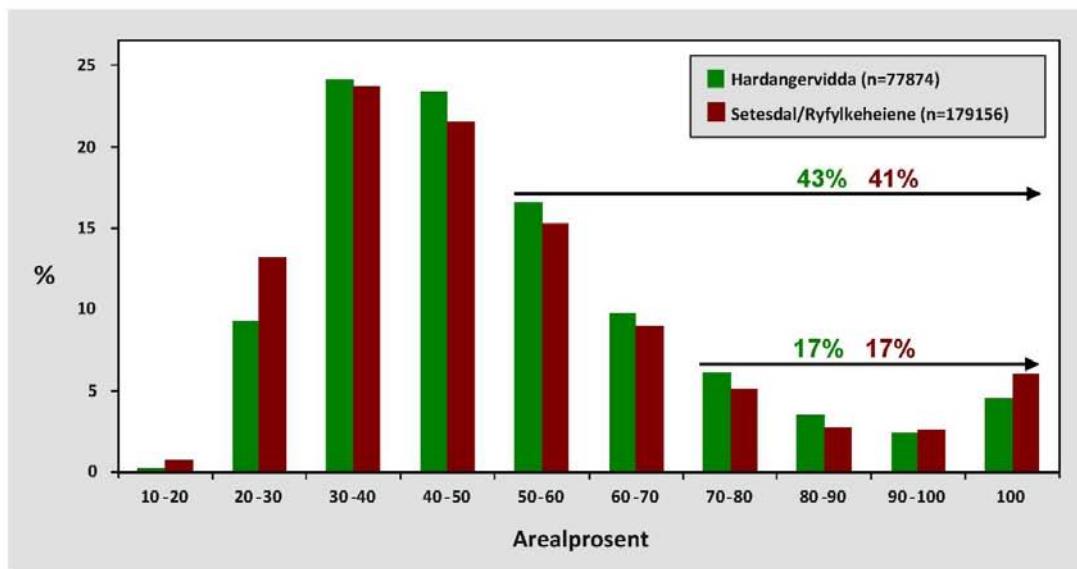
Belysning mellom bildeoppakt påvirkes også av atmosfæriske forhold. Ved endringsstudier der pikselverdier mellom to oppakt brukes til å identifisere endringsområder må det korrigeres både for belysningsforskjeller på grunn av solvinelen og for endrede atmosfæriske forhold. Bruk av prinsipal komponentanalyse (PCA) er en objektiv metode for å plukke ut piksler som er lite endret og som dermed danner datagrunnlaget for å gjøre en relativ korrigering av atmosfæreffektene.

Kartleggingsmetoder

Grovt sett snakker vi i dag om tre tilnæringer i metodikk for å lage kart: visuell, ikke-styrt og styrt. Mange tematiske kart lages ved at en person tegner inn grenser for homogene områder og gir disse en klasseidentitet. Feltkontroller, ortofoto og visning av enkeltbilder stereoskopisk brukes som støtte i både arrondering og klasseidentifikasjon. De fleste kart fra Institutt for skog og landskap er produsert etter denne visuelle metoden.



Figur 1. Belysningsvariasjon øker når oppaktsvinkelen øker.



Figur 2. Fordelingen av arealandelen av den dominerende vegetasjonsklassen i 30 meters piksler. Data hentet fra detaljklassifisering av digitale flyfoto med 50 cm pikselstørrelse.

I klassifisering av satelliitdata er det lenge benyttet metodikk der bildeinformasjonen blir redusert til et utvalg på 15-250 grupper ved hjelp av klusteringsteknikk. Disse klustrene blir så gitt en informasjonsklasse ut fra statistiske mål på spektral nært, fra feltbasert informasjon og ved post-klassifisering med andre kartdata. Erfaringsbaserte regler kan settes opp som forenkler klassetildelingen dersom ulike bildedata kan normaliseres, dvs. å gjøre bildene belysningsmessig så like som mulig. Siden det er bildedataene som gjennom klusteringen gir grunnlaget for klasseinndelingen benyttes begrepet ikke-størt klassifikasjon på denne tilnærmingen. Metoden er brukt i kart laget av NORUT-IT.

I en styrt kartlegging kan statistiske algoritmer benyttes til å lage tematiske kart (klassifiseringer), og til å lage mengdebaserte kart (regresjoner). Den tilnærmingen krever et representativt utvalg av treningsdata til å bygge en modell. Når modellen er etablert kan den kjøres på data fra hele studieområdet og dermed få fram et heldekkende kart. Med bruk av en modell er det enkelt å blande data fra ulike kilder (refleksjonsdata fra bilder, hoydedata, teksturer, andre kartdata) og benytte statistiske utvalgsmetoder for å finne frem til de variabler som gir den beste modellen (forklaringsgraden). Fordelen med dette er først og fremst at det er dataene og de vurderinger av klassetilhørighet som er gjort der som styrer kartets inndeling i klasser, ulempen er tidkrevende innsamling av et representativt sett med treningsdata.

Vegetasjonsblanding

Norske fjellområder preges av lokalt store variasjoner og blandinger av vegetasjon. Kontinuerlige overganger mellom vegetasjonsklasser eller blandinger av klasser

innen små areal skaper blandingspiksler i bildedata. Graden av blandingen påvirkes mye av pikselstørrelsen, men endringer i pikselstørrelse fjerner ikke problemet med blandingspiksler. Vegetasjonsblandingar opptrer nærmest i et fraktalt mønster, dvs. at mønsteret gjentar seg ved ulike opplosninger. Likevel, de objekter vi forholder oss til som begrep på vegetasjon vil ha en optimal bildeopplosning, men opplosningen varierer med objektets størrelse (en busk, et tre, en lavflekk). Å kartlegge slike objekt i bildedata krever høy bildeopplosning og blir dermed vanskelig å gjøre for store areal. En praktisk gjennomforbar heldekkende kartlegging av store fjellområder må derfor (i alle fall foreløpig) bygge på satelliitdata med pikselstørrelse 10 – 30 meter.

En analyse for 30 meters bildedata i 17 områder i Setesdal/Ryfylkeheiene og 16 områder på Hardangervidda viste at andelen piksler der en vegetasjonsklasse (av 18) utgjør mer enn halvparten av pikselarealet (dominerte) var bare på 42% (figur 2). Kun i 17% av pikslene dominerte en klasse med mer enn 70%. Denne høye graden av blandingspiksler ved bruk av bildedata som Landsat gjør klassifisering og validering av disse data til en stor utfordring. Det betyr også at for norske fjellområder bør det ikke være tilstrekkelig å bare benytte en standard feilmatrise i valideringen. En brukstilnært validering (fuzzy-validering) eller bruk av valideringsdataene med sub-piksel informasjon (arealandeler av de ulike klasser) og en algoritmen som beregner sannsynlighet for hver klasse (myk klassifikasjon) vil gi et mer riktig bilde av klassifikasjonsnøyaktighet for denne pikselstørrelsen.

Måle nøyaktighet

Validering av tematiske kart startet først ca 1975 og har gått

Tabell 1. Betydningen av Kappa og Tau verdier.

| Verdier | Kvalitetsmål |
|-----------|---------------------------------|
| Negativt | Ikke samsvar (kun Kappa) |
| 0 – 0,2 | Lite samsvar |
| 0,2 – 0,4 | En del samsvar |
| 0,4 – 0,6 | Brukbart samsvar |
| 0,6 – 0,8 | Stort samsvar |
| 0,8 – 1,0 | Meget sterkt samsvar (sjeldent) |

gjennom fire faser³. I starten ble kart vurdert visuelt ("ser godt ut"), deretter ble arealandeler i kart sammenliknet med bakkemalte arealfordelinger. Först i tredje fase ble et sted på bakken sammenliknet med samme sted i kartet og % riktige treff ble beregnet. Den siste fasen er mer en utvidelse med bruk av en matrise som oppsummerer overensstemmelsen mellom punkter i kartet og kontrolldata, og hvor det beregnes statistiske mål som Kappa^{4,5} eller Tau⁶ (tabell 1). Med disse målene kan det gjøres statistiske sammenlikninger (tester) av ulike klassifiseringer og mellom klasser.

Kappaverdien uttrykker andel feil i klassifikasjonsprosessen sammenliknet med feilene ved en tilfeldig klassifisering, mens Tau-verdien uttrykker hvor riktig klassifikasjonsprosessen har blitt i forhold til en tilfeldig klasseinndeling. Tau koeffisienten er dermed en indikator som er lettere å tolke.

Ved validering av kart må geografisk representativitet i utvalget stå sentralt og skala må passe til kartets romlige detaljeringsnivå. Det må også tas hensyn til mulige geometriske unøyaktigheter mellom kart og valideringsdata. Nøyaktigheten i identifikasjonen av klassene er som nevnt et problem ved stort innslag av blandingspiksler. Erfaringer med både felt- og skjermbasert klasseidentifikasjon peker mot at det kan være vanskelig å bedømme riktig klasse for en ruta på 30x 30 meter i felt og at sikkerheten øker når feltkontrollen suppleres med skjermtolking. Endelig identifikasjon blir da gjort med visuell tolking på skjerm, oftest ved å legge et 30 m rutenett oppå et infrarødt ortofoto. Best resultat oppnås med bruk av båndkombinasjonen blå-rod-nærinfrarød på bilder fra digitale flyfotokamera.

Tabell 2. Eksempel på en forvirringsmatrise.

| Riktig klasse ↓ | Klassifisert → | | | | | | |
|-----------------|----------------|-------|-------|------|------|---------|--------|
| | Lav | S.hei | Vegl. | Lyng | Eng | SUM | Bruker |
| Lavdominert | 48 | 0 | 1 | 1 | 0 | 50 | 96 % |
| Skrinn hei | 0 | 28 | 0 | 4 | 0 | 32 | 88 % |
| Vegetasjonsløst | 1 | 0 | 20 | 0 | 0 | 21 | 95 % |
| Lyngdominert | 0 | 3 | 0 | 76 | 3 | 82 | 93 % |
| Eng | 5 | 4 | 0 | 0 | 17 | 26 | 65 % |
| SUM | 54 | 35 | 21 | 81 | 20 | 211 | |
| Produsent | 89 % | 80 % | 95 % | 94 % | 85 % | Samlet: | 90 % |

Kappa (Khat): 86%, Tau: 86%

Når det gjelder antallet valideringsdata anbefales et minimum på 75-100 datapunkt i hver klasse dersom inndelingen består av 12 eller flere klasser⁷. Som standard for validering av klassifikasjoner benyttes forvirringsmatriser, også kalt feilmatriser eller forklaringsmatriser alt etter bruken (tabell 2). En slik matrise er til stor hjelp i analysene, da den viser hvor forvirringen er størst og dermed for hvilke klasser innsats bør legges for å forbedre klassifikasjonen. Forvirringsmatriser forutsetter at klassene kan identifiseres entydig i valideringsdataene. Som nevnt er dette vanskelig i mosaikkpreget fjellvegetasjon.

En mulighet når klassesettene er uklare er å benytte en mer fuzzy tilnærming der feilklassifiseringer graderes etter hvilken betydning feilen har for bruken av kartet^{7,8} (tabell 3). Slike lingvistiske graderinger kan best gjøres samtidig med registrering av valideringspunkt, men de kan også gjøres i en samlet vurdering ved å sette opp en matrise der betydningsindeksene fra tabell 3 brukes til å gradere feil for hver klasse. Basert på den lingvistiske gradering (skala 1-5 mest bruk) kan flere nye evalueringssatser settes opp som samlet gir en god beskrivelse av nøyaktigheten sett fra brukerens ståsted og en identifikasjon av hvor feilen er størst og hvilke klasser som forveksles mest.

Dersom klassifikasjonen skjer gjennom bruk av en algoritme som beregner sannsynlighet for tilhørighet til de ulike klassene (myk klassifikasjon) og valideringsdata innhentes slik at arealandelene av de ulike klassene innen valideringenhet (oftest en piksel) er kjent, kan valideringen baseres på metoder som sammenlikner to sannsynlighetsfordelinger⁹ (Tabell 4). Flere måttall er her mulige, felles for dem er at de uttrykker informasjonstapet som klassifiseringen medførte.

Tabell 3. Brukervurdering over graden av feil. Slik vurdering kan benyttes til å gi en mer rikt validering når det er usikkerhet knytt til klasseidentifikasjonen.

| Lingvistiske termer: | |
|---|---|
| 1. Helt feil..... | : Svaret er absolutt uakseptabelt. Veldig feil. |
| 2. Forståelig, men feil..... | : Ikke noe godt svar. Det er noen ved situasjonen som gjør svaret forståelig, men det finnes klart et bedre svar. Dette svar vil skape et problem for brukerne av kartet. Ikke riktig |
| 3. Fornuftig eller et akseptabelt svar: | Kanskje ikke det best mulige svar, men det er akseptabelt. Dette svar vil ikke skape et problem for brukere hvis det forekommer på kartet. Riktig. |
| 4. Godt svar..... | : Vil være fornøyd å finne dette svar på kartet. Veldig rett. |
| 5. Absolutt rett..... | : Ingen tvil om treffet. Perfekt. |

Tabell 4. Når både valideringsdata og klassifikasjonsresultat inneholder fordelinger kan nøyaktigheten av klassifikasjonen beregnes ut fra hvor stor informasjonstap klassifiseringen har ført til (fuzzy validering).

| Klasser | A | B | C | D | Type fordelinger |
|--------------|------|-----|-----|------|--|
| Målt (p*) | 0,05 | 0,6 | 0,2 | 0,15 | Arealfordeling i valideringsdata |
| Beregnet (p) | 0,2 | 0,5 | 0,1 | 0,2 | "Soft" klassifikasjon – sannsynlighet eller scoreverdier |

Funksjon for å uttrykke informasjonstapet = $- p_1^* \log_{g2} p_1 - p_2^* \log_{g2} p_2 - \dots - p_k^* \log_{g2} p_k$,

der p_k^* = målte arealandeler, p_k = beregnede sannsynligheter og g_2 står for grunntall 2.

For regresjonsbaserte kart er det vanlig å uttrykke nøyaktigheten gjennom å beregne hvor stor andel av variasjonen som forklares ved modellen (R^2) og ved å beregne gjennomsnittlig absolutt feil. Ved å beregne absoluttverdien i stedet for kvadratet av feilene (residualene) unngår en at enkelte avvikende verdier får stor betydning på valideringsresultatet.

Kommentarer

De tilnærmingene som på oversiktsform er forklart her har store forskjeller i produksjonsteknikk, og gir ulike typer av kartprodukt. Manuel inntegning av polygon vil i praksis bety stor grad av generalisering. Samtidig kan den manuelle klassifiseringen av polygonene gi en relativ sikker identifikasjon siden informasjon fra mange ulike kilder kan benyttes. Metodikken er tidkrevende da det medfører manuelt arbeid både i opptegningen av polygongrensene og ved at hvert eneste polygon må klassifiseres manuelt. Ikke-stytt tilnærming er raskere og klassifiseringen kan gjøres der minste kartleggingsenhetskompleksene kommer ned til pikselnivået i bildene. Metoden kan også brukes der segmenter (en homogen gruppe av piksler) utgjør klassifikasjonen. Regelsettelsen (selve klassifiseringen) er knytt til personlig erfaring og med støtte fra statistisk informasjon om klustergruppene nærmest. Klusteringens oppdeling av bildedataene til et fåttall grupper er avhengig av hvordan bildet ser ut. Det er vanskelig å få samme gruppeoppdeling i bilder fra ulike områder. Stytt klassifikasjon kan gi samme romlige detaljeringsgrad som ikke-stytt tilnærming. Klassifiseringen er da stytt av treningsdata og valg av algoritme, og kan benytte forklaringsdata fra mange ulike kilder. Metoden er sårbar for at treningsdata er representativt for området som kartlegges.

Repeterbarheten av ulike metoder er sterkt knytt til at det er så få personrelaterte avgjørelser som mulig. Personlig kunnskap gjør seg sterkest gjeldende ved manuelle metoder og minst ved bruk av matematiske algoritmer. Begrensingen av metodene er knytt til nøyaktighet og kostnad, der kostnaden er sterkt knytt til graden av manuelt arbeid. Ikke-stytt tilnærming med klustering av bildedata er trolig den minst kostnadskrevende metoden, da den trenger mindre feltarbeid enn de to andre. Høyest nøyaktighet oppnås vanligvis med modellbaserte tilnærmingene dersom kvaliteten på treningsdata er hoy. Ved bruk av matematiske algoritmer kan det også lages regresjonskart dersom

treningsdata er innsamlet til dette formål. Utviklingsmessig skjer det mye internasjonal innen bruk av automatiserte metoder. For kompleks vegetasjon skjer det mest arbeid knytt til bruk av treningsdata og modeller. Egnethet av en metodikk for overvåking er avhengig av objektiviteten og dermed repeterbarheten, og av nøyaktigheten i forhold til de endringer det er ønskelig å identifisere. De fleste endringer i fjellområder er små og gradvis og skjer mest gjennom gjengroing og hard beiting.

Litteratur

- Thomlinson, J.R., P.V. Bolstad & W.B. Cohen. 1999. Coordinating methodologies for scaling landcover classifications from site-specific to global: steps toward validating global map products. *Remote Sensing of Environments* 72: 253-267.
- Foody, G. M. 2002. Status of land cover classification accuracy assessment. *Remote Sensing of Environment* 80: 185-201.
- Congalton, R.G. 2004. Putting the Map Back in Map Accuracy Assessment. In: Lunetta, R.S. & J.G. Lyon. *Remote Sensing and GIS Accuracy Assessment*. CRC Press, Boca Raton, FL. pp. 1-11.
- Cohen, J. 1960. A coefficient of agreement for nominal scales. *Educational & Psychological Measurement* 20:37-46.
- Congalton, R.G. & K. Green. 1999. Assessing the accuracy of remotely sensed data: principles and practices. Lewis, Boca Raton, FL.
- Ma, Z. & R.L. Redmond. 1995. Tau coefficients for accuracy assessment of classification of remote sensing data. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 61: 435-439.
- Gopal, S. & C. Woodcock. 1994. Theory and Methods for Accuracy Assessment of Thematic Maps Using Fuzzy sets. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing* 60 (2): 181-188.
- Woodcock, C.E. & S.Gopal. 2000. Fuzzy set theory and thematic maps: accuracy assessment and area estimation. *Int. J. Geographical Information Science* 14: 153-172.
- Foody, G.M. 1996. Approaches for the production and evaluation of fuzzy land cover classifications from remotely-sensed data. *Int. J. Remote Sensing* 17(7): 1317-1340.

Vegetasjonskartlegging ved bruk av satellittdata

Bernt Johansen, Northern Research Institute

Reinen er tilpasset sesongvise forflytninger, et 4 delt system-
Arealkrevende
Reindrift i Norge er forbeholdt samene
Økosystemene er sårbarer for ulike typer påvirkninger og for overbeskatning

Viktige problemstillinger ved forvaltningen av nordområdene er:
hvordan skape en forståelse for sårbarheten ved disse områdene
hvordan kartlegge og overvåke naturressursene i disse områdene
hvordan detektere sårbare områder
hvordan kartlegge og detektere trendene ved økosystemforandringer, påvirkningsfaktorer
hvilke grep er nødvendige for framtidig bærekraftig forvaltning
hvordan bevare livsstilen for befolkningsgruppene som er avhengig av reinsdyr

Hvordan forvalte områdene på en god måte?
Forbedret kartlegging av nordlige naturtyper
Forbedret overvåking av sårbare naturtyper
Oppsummering av verneareal
Oppsummering av trusselbildet

Reinsdyrforvaltning
Beiteressursene
Arealbruk
Reinsdyret
Trusselbildet

Østlige fjell – bølgende heier, lav
Vestlige fjell – bratt

Tre viktige graderinger å ta hensyn til:
Nord-sør gradienten (temperatur) vegetasjon soner
Oceanic/continental
Altitudinal gradient

I tillegg er variasjoner i snødekket, fattig – rik vegetasjon og fuktighetsforhold viktige.

Lav mark og grønn vegetasjon er veldig lik i det nærinfrarøde spekteret.
Sommerbruk er ødeleggende for lavmatten

Nasjonalt vegetasjonskart
Lager en preklassifisert mosaikk basert på spektral informasjon
Henter inn tilleggsinformasjon for å korrigere det første materialet
Snø og snødekket er viktig tilleggsinformasjon for fjellområdene
Kartet som foreligger er basert på Landsat 5 og 7 data og ertatt sammen av 45 satellitt-scener som samlet dekker hele landet.

Kartlegging av vekstsesongen ved bruk av satellittdata

Stein Rune Karlsen, Northern Research Institute

Satellittbasert kartlegging av vekstsesongen

Stein Rune Karlsen, Kjell Arild Høgda og Bernt Johansen
 Northern Research Institute Tromsø (Norut)
 Postboks 6434, 9294 Tromsø
 Email: stein-rune.karlsen@norut.no
 Tlf. 934 19904

Resymé av foredrag på seminar om fjernmålingsbasert kartlegging for overvåking av reinbeiter og fjellvegetasjon, Norsk villreinsenter, 2 -4 april 2008, Skinnarbu, Rjukan.

Om satellittbasert overvåkning av vekstsesongen

Satellittdata gir oss mulighet til å overvåke både det romlige mønsteret og endringene i naturens syklus (fenologien), men det er først og fremst fenofasene start og slutt på vekstsesongen vi kan tidsfeste.

Men det er ikke all satellittdata som er egnet til dette. For å kunne måle fenologien må vi ta i bruk satellittsensorer som har instrumenter til å måle forholdet i refleksjonen fra rødt (R) og nær infrarødt lys (NIR). Vi bruker indeksen Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) som er definert som: $NDVI = (NIR-R)/(NIR+R)$. NDVI verdien gir et brukbart bilde på grad av grønhet i vegetasjonen (fotosynteseaktiviteten). I tillegg må satellittsensoren ta bilder ofte av et område, helst hver dag. Dersom vi mäter hvordan grad av grønning endrer seg fra dag til dag kan vi relatere det til for eksempel når fotosynteseaktiviteten og derav når vekstsesongen starter om våren, og når gulningen i vegetasjonen inntrer om høsten. Den første satellittsensorene som egnet seg til slike fenologiobservasjoner var AVHRR sensoren på den amerikanske NOAA satellittserien som ble først skutt opp i år 1981. Da det er en serie av satellitter som fortsatt blir fornøy med like sensorer, får vi bilder flere ganger om dagen, og vi kan māle variasjonen år for år fra 1981 fram til i dag. AVHRR sensoren, er først og fremst beregnet på værvarslingstjenester, og oppløsningen er lav, minste bildelement (piksel) er 1 kilometer, noe som gjør at vi ikke ser detaljene på bakken. Spesielt gjelder det fjell- og fjordområder med mye topografi. Sent på året 1999 ble den amerikanske AQUA satellitten med MODIS sensoren skutt opp. Denne sensoren er spesialutviklet for å overvåke naturmiljøet på jorda, og har hele 250 m oppløsning og vi får to bilder per dag.

Norut har, og har hatt, flere prosjekter i Norden hvor vi studerer endringer i start, slutt og lengden på vekstsesongen, og variabiliteten i starten på vekstsesongen. I tillegg arbeider vi nå med modellere framtidigs start på vekstsesongen. Det viktigste datasett er MODIS-NDVI data med 16 dager tidsoppløsning for årene 2000 til 2008. Spesielt har vi lagt ned mye arbeid i kalibrering av MODIS data. Vi har også brukt snøsmeltingskart laget av Norut og Norsk Regnesentral og samkjørt dem med fenologikart basert på MODIS med daglig tidsoppløsning. Et annet viktig datasett er GIMMS-NDVI

datasettet som er basert på over femtitusen NOAA-AVHRR satellittscener, hvor de mest skyfrie deler er satt sammen to ganger per måned, for periode 1982 til 2003. Fordelen er med dette datasettet er den lange tidsperioden og den gode kalibreringen, men ulempen er at datasettet kun har 8 km oppløsning.

Noen resultat

På 1990-tallet kom det flere alarmerende meldinger fra sentral Europa om at vekstsesongen startet tidligere og tidligere, og dette ble brukt som bevis på pågående klimaendringer. Da Norut prosesserte GIMMS-NDVI data over Norden for perioden 1982 til 2002 og målte endringer i start på vekstsesongen ga det ett noe overraskende resultat. I sydlige deler av Norden er det en trend mot mer en to uker tidligere start på vekstsesongen, noe som følger det øvrige europeiske mønsteret. Derimot viste det seg at fjellområdene i Sør Norge og innlandet på Nordkalotten hadde stabilt eller til og med noe senere start på vekstsesongen. Etter år 2001 har det derimot vært tidlige starter på vekstsesongen på Nordkalotten og dels i fjellene i sydlige Norge, og mønsteret ser fra nå av ut til å følge resten av Europa med en trend mot stadig tidligere start på vekstsesongen. Vekstsesongen målt med MODIS data viser at de områder som blir tidligst grønn om våren er kyststripa mellom hav og fjell langs kysten. Ofte starter våren her allerede tidlig i april måned, og kryper oppover fjellet og bruker omkring fem - seks dager per hundre høydemeter. Gulningen om høsten, sett i forhold til grønningen om våren, følger ikke et klart mønster fra lavlandet til høyden, men har ett veldig heterogent mønster med store lokale forskjeller. Prosessene bak dette heterogene høstmønsteret er langt på vei ukjente. I tillegg er korrelasjonen mellom fenologiobservasjoner på bakken og NDVI data relativt lave om høsten. Dette viser at mer forskning trengs for å forstå prosessene en måler om høsten og for å tidsfeste slutten på vekstsesongen bedre.

Ellers er det avdekket at for start på vekstsesongen så er det store forskjeller fra år til år ved kysten, mens i de indre kontinentale områder er det mindre variasjon fra år til år. Og det er relativt mindre forskjeller i tidspunktet for gulning om høsten fra år til år enn det er for start på grønningen om våren.

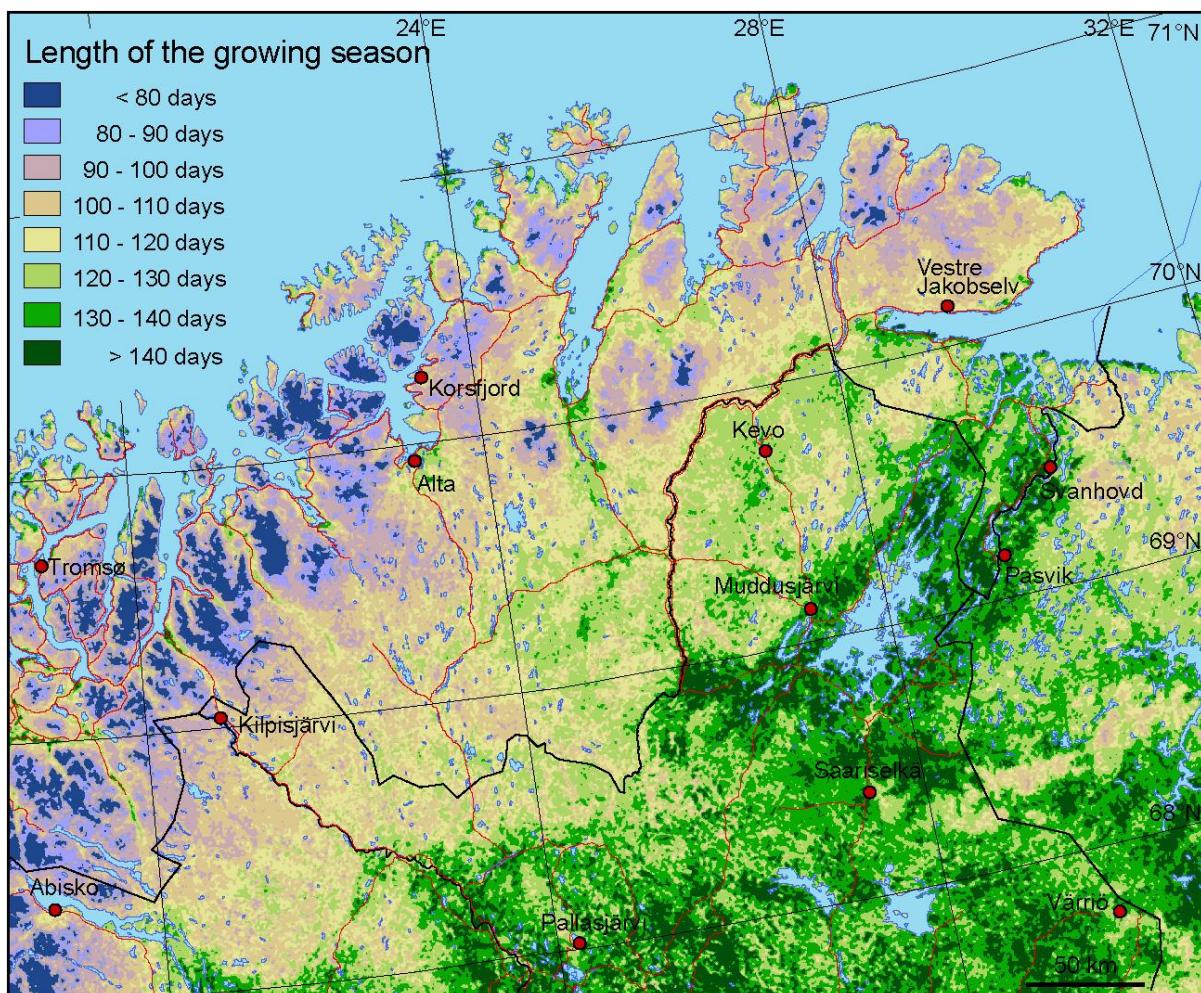


Fig. 1 Gjennomsnittlig lengde på vekstsesongen for perioden 2000 til 2006, basert på MODIS-NDVI data. Avmerket er stasjoner med fenologiobservasjoner på bjørk som er brukt i tolkningen av MODIS-NDVI data.

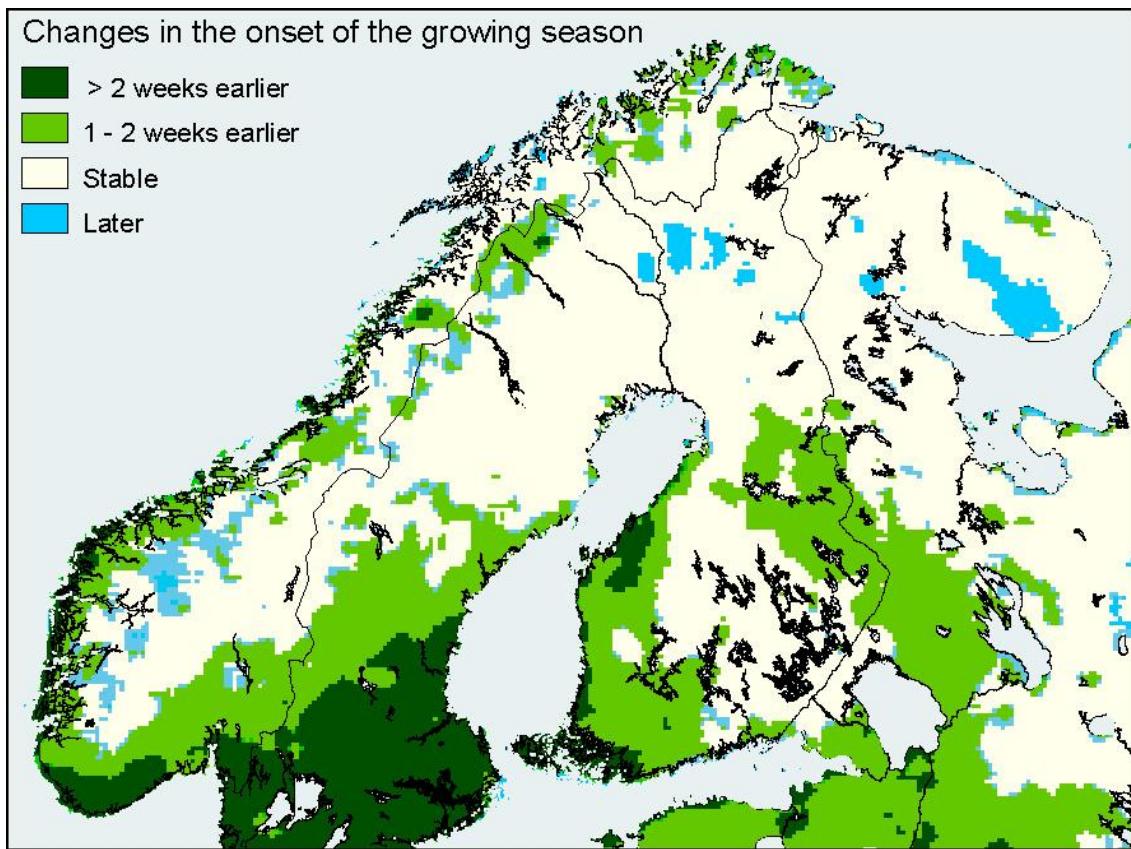


Fig. 2. Endring i start på vekstsesongen for perioden 1982 til 2003 basert på GIMMS-NDVI data.

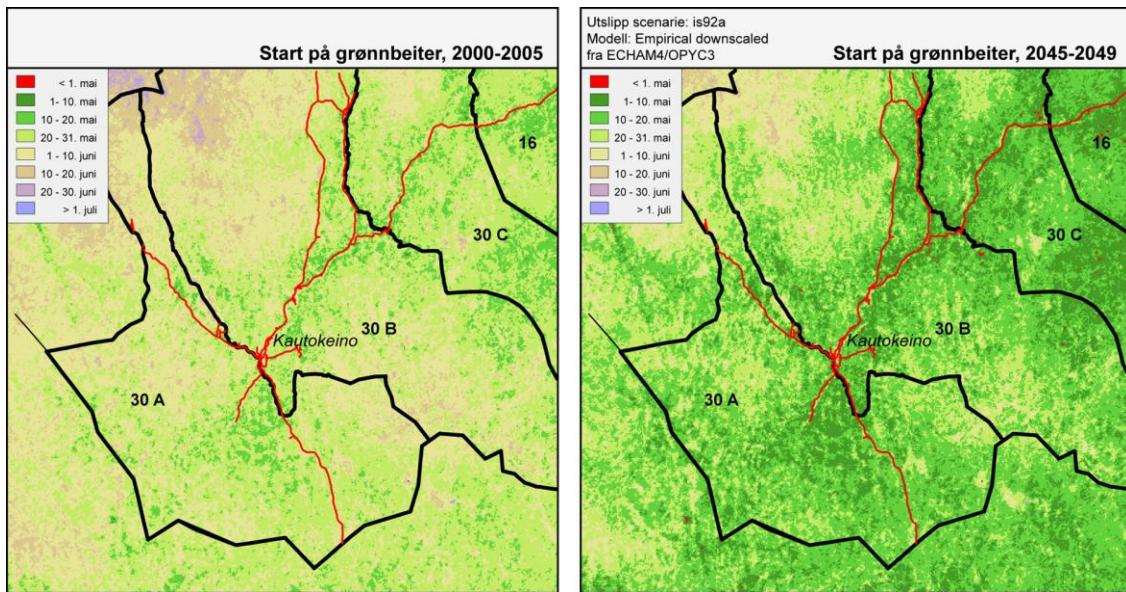


Fig. 3. Finnmarksvidda. a) Gjennomsnittlig start på grønnbeitene for rein, definert som overgangen fra lavbeiter til tilgang på grønne knopper og spirende gras og urter. b) Modellert framtidig start på grønnbeiter, basert på klimascenariet is92a, empirisk nedskalert for perioden 2045-2049.

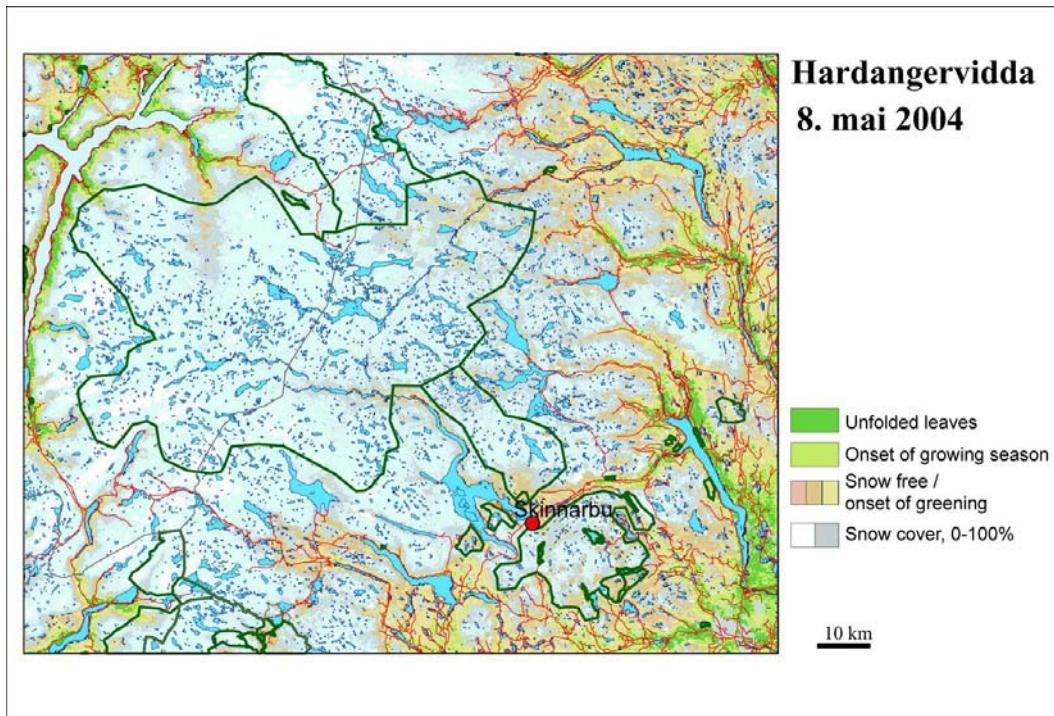


Fig. 4. Hardangervidda. Grad av snødekket og grad av grønning den 8. mai 2004. Snødata er basert på ASAR og MODIS data, og fenologidata er basert på MODIS-NDVI data.

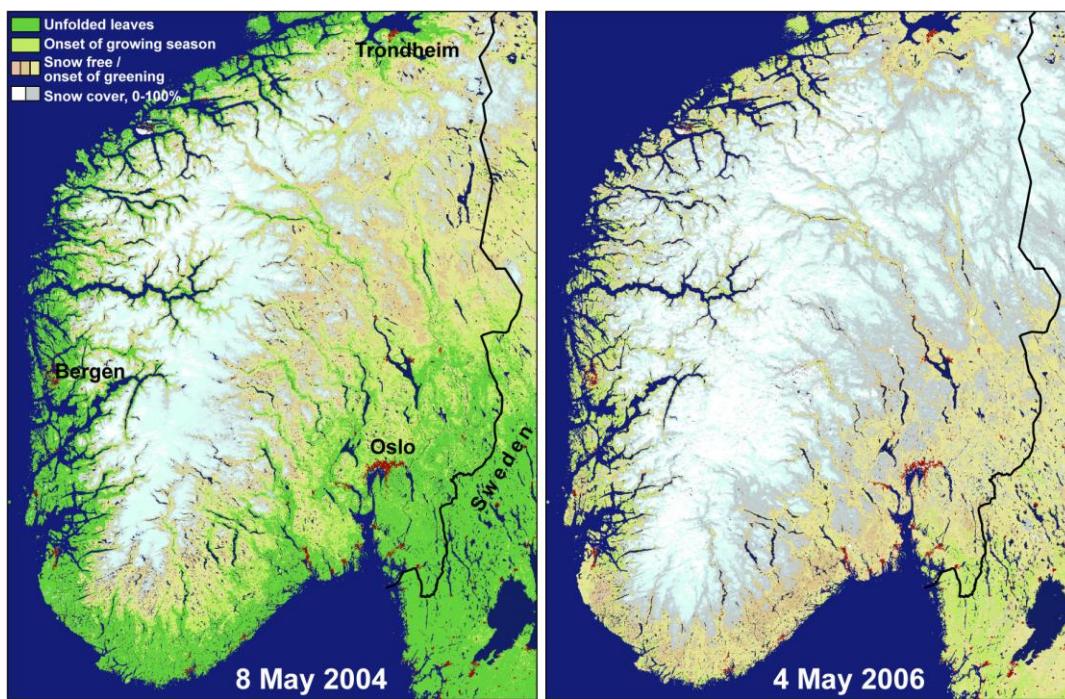


Fig. 5. Snøsmeltings og "grønning" mønsteret basert på ASAR og MODIS data. Den 8. mai 2004 var 30 % av Sør Norge snødekt og fenofasen "utfolda bjørkeblader" dekte 29 %. Den 4. mai 2006 var det fortsatt 64 % snø igjen, og fenofasen "utfolda bjørkeblader" var ennå ikke observert noen steder.

Sammendrag

Norut kan nå kostnadseffektivt overvåke start og til dels slutten på vekstsesongen med ca. 1-2 ukes tidsoppløsning og med 250m romlig oppløsning. Noe utviklingsarbeid trengs for å tidfeste/tolke slutten på vekstsesongen bedre. Trolig kan fenologikartene og snøsmeltingskartene bidra med å forklare trekkmønsteret til rein.

Relevante publikasjoner om satellittbasert kartlegging av vekstsesongen av Norut

Beck, P.S.A, Atzberger, C., Hogda, K.A., Johansen, B. & Skidmore, A.K. 2006. Improved monitoring of vegetation dynamics at very high latitudes: A new method using MODIS NDVI. **Remote Sensing of Environment**. 100: 321-334.

Beck P.S.A., Jönsson, P., Høgda, K.A., Karlsen, S.R., Eklundh, L. & Skidmore, A.K. 2007. A ground-validated NDVI dataset for monitoring vegetation dynamics and mapping phenology in Fennoscandia and the Kola peninsula. **Int J Remote Sensing**, 28: 4311-4330.

Høgda K.A, Karlsen S.R & H. Tømmervik. 2007. **Changes in growing season in Fennoscandia 1982-1999**. In: Ørbæk J.B, Kallenborn R, Tombre I, Hegseth E.N, Falk-Petersen S & A.H. Hoel (eds) Arctic Alpine Ecosystems and People in a Changing Environment. Springer-Verlag, pp 71-84.

Karlsen, S. R., Elvebakk, A., Høgda, K.A. & Johansen, B. 2006. Satellite based mapping of the growing season and bioclimatic zones in Fennoscandia. **Global Ecology and Biogeography**, 15: 416-430.

Karlsen, S.R, Solheim, I, Beck, P.S.A. Høgda, K-A, Wielgolaski, F.E. & H. Tømmervik. 2007. Variability of the start of the growing season in Fennoscandia, 1982-2002. **Int J Biometereology**. 51: 513-524.

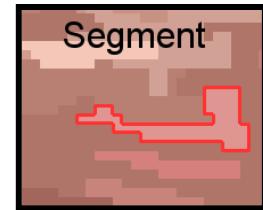
Karlsen, S.R., A. Tolvanen, E. Kubin, J. Poikolainen, K.A. Høgda, B. Johansen, F. S. Danks, P. Aspholm, F. E. Wielgolaski & O. Makarova. 2008. MODIS-NDVI based mapping of the length of the growing season in northern Fennoscandia. **Int. J. Appl. Earth Observ. Geoinform**, 10: 253-266.

Karlsen, S.R., H. Ramfjord, K. A. Høgda, B. Johansen, F. S. Danks & T. E. Brobak. 2009. A satellite-based map of onset of birch (*Betula*) flowering in Norway. **Aerobiologia**, 25: 15-25.

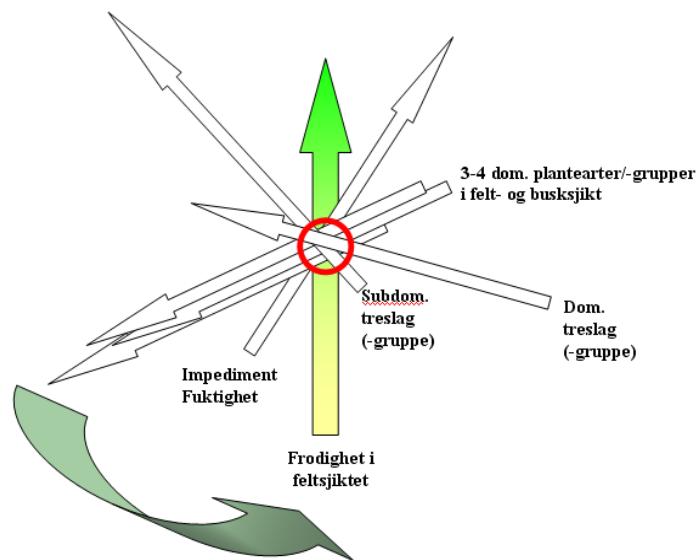
Karlsen, S.R., K. A. Høgda, F.E. Wielgolaski, A. Tolvanen, H.Tømmervik, J. Poikolainen & E.Kubin. 2009. Growing-season trends in Fennoscandia 1982 - 2006, determined from satellite and phenology data. **Climate Research**. 39: 275-286.

Kartlegging av arealdekke. Utfordringer i bildeanalysen når kompleks natur skal generaliseres til et fåtall arealklasser. Erfaringer fra tradisjonelt feltarbeid. SatNat og et prosjekt som går på hjorteproduksjon i Norge
Arne Hjeltnes, Høgskolen i Telemark

Vi har utforsket mulighetene som ligger i en objektbasert bildeanalyse med en nærmeste nabo metode (KNN). Opplegget baserer seg på erfaringer fra tradisjonell feltbasert kartlegging av landbruk og vegetasjon i Norge, SatNat prosjektet og prosjektet "Innmark og utmark som basis for produksjon av hjort i Norge (2007-2011)". Utfordringen er først og fremst knyttet til å konvertere svært kompleks norsk natur til et fåtall arealklasser.



I felt benytter vi høyoppløslige flybilder med IR kanal (der dette finnes) i stereobetrakning som gir et godt planleggingsverktøy for optimalisering av feltarbeidet og nøyaktig geografisk plassering av observasjonene uavhengig av kartprosjekasjon og geometrisk avvik i sammenpasning av bilder og kart. Formålet med feltregistreringen er å beskrive den totale variasjonen i alle høydelag og eksposisjoner. Dette arbeidet gir også en økologisk kunnskapsbase for fototolking og kontroll på kontoret av alle segment som inngår i bildeanalyesen (treningsflater). I SatNat prosjektet har vi utviklet et eget registreringssystem. Tre til fire frodigetskasser står sentralt. Dette er en parallel til fattig-rik gradienten i de plantesosiologiske system. Men vi legger mer vekt på dominansforhold og spektrale og fysiognomiske kjennetegn – tilpasset de optiske sensorene.



Figuren viser hvordan bildeobjektene (segmentene) blir klassifisert (rød ring) basert på feltregistreringen Et antall vektorer angir dekningsgrader (0-100%) for de dominerende arealtyper (>20% dekning).

Frodigetsklasse blir bestemt.

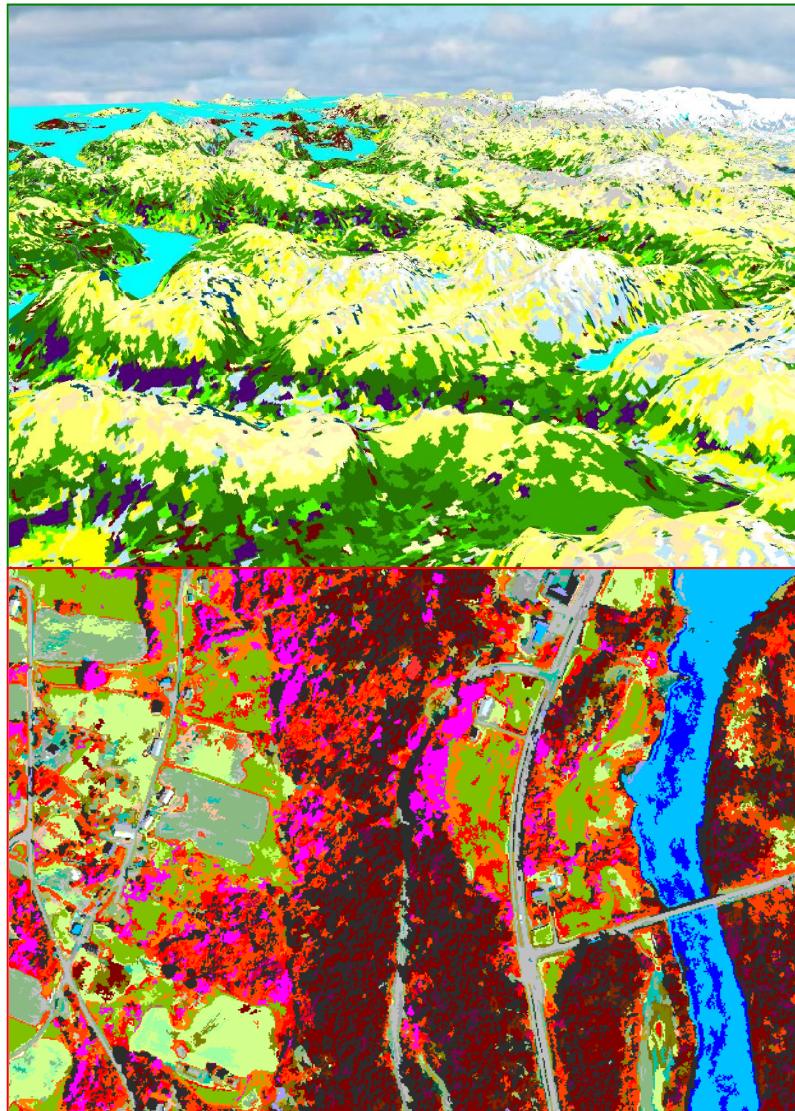
Inne på kontoret vil flybilder i stereomodell, detaljerte ortofoto og ulike kart inngå i analysegrunnlaget. Innmarksareal, vannkant, veikant og vegetasjon nær bebyggelse hentes fra kartgrunnlaget siden bildet beskriver dårlig disse kontrastrike arealene. Kantsonene bakes inn i segmentene i bildet slik at segmentene utenfor kanten ikke berøres av overgangssonene. Det legges ikke inn treningsflater i segmentene knyttet til vannkant, veikant og bebyggelse. Satellittbilder med geometrisk oppløsning på

10-15 m oppfattes å gi en optimal første generalisering av landskapet (for eksempel Landsat 7) før segmentering og bildeanalyse.

Snøindeks NDSI (normalized difference snow index) avgrenser snø og is svært godt. Nesten utsmelte areal kartlegges ved hjelp av KNN metoden. En C-korreksjon av satellittbildet korrigerer refleksjonsverdiene for hvert enkelt piksel for solvinkel og terremodellens helning og eksposisjon. Den gir ca 5 % forbedring av klassifikasjonen målt ved en "10 fold kryssvalidering" av treningsflatene.

Kontroll av bildekartet mot virkeligheten er en stor utfordring. Egenkontrollen omfatter omtrent halvparten av arbeidet med å identifisere og klassifisere treningsflatene. Hver enkelt treningsflate blir kontrollert mot alle de andre. Når bildeanalysen, flybilde tolkingen og felt-registreringen alle konkluderer omtrent med det samme resultat blir treningsflata godkjent. Ellers foretas det retting eller sletting av treningsflater. Ofte avdekkes det menneskelig feil i klassifikasjonen av treningsflatene. Og ofte står vi ovenfor flertydighet når kompleks natur skal generaliseres til et fåtall arealtyper i tegnforklaringen til bildekartet. Det er godt kjent fra tradisjonell biologisk kartlegging at 2-3 enheter i tegnforklaringen til kartet ofte kan brukes til å karakteriserer et og samme areal i naturen. Problemet er noe mindre når detaljeringen øker.

Det samme opplever vi i bildeanalysen. I kartleggingsområdet Sogn ($7\ 000\ km^2$) anslo vi dette fenomenet til å gjelde 30-40 % av arealet basert på egenkontrollen. Innenfor et mindre område på



Klassifikasjon av $7\ 000\ km^2$ hjortehabitat i Sogn, øverst (Landsat 7, 15 m piksel) og $2\ km^2$ i Brokke i Setesdalen, nederst (Vexcel-mosaikk i SatNat prosjektet, 0.5 m piksel).

Gaularfjellet over skoggrensa vil ca 80 % av arealet vanskelig la seg føre til enkelt entydige arealklasser. Begrepet "bakkesannhet" blir et "ullent" begrep i denne sammenheng.

Ved metoden 10 fold kryssvalidering testes kun treningsflatene mot hverandre. Den viser at ca 50-70 % av treningsflatene klassifiseres til andre arealklasser enn det som er bestemt under egenkontrollen. Valideringen gir en god pekepinn på hvilke arealklasser som bør slåes sammen – som står for nær hverandre spektralt. Men det er vanskelig å trekke linjer til erfaringene fra egenkontrollen. Begge metodene dokumenterer imidlertid flertydigheten i materialet – slik den oppleves i den virkelige verden og i bildeanalyesen.

1. Vi observerer altså at en stor andel av kartleggingsområdet vil kunne klassifiseres til 2-3 ulike arealklasser hvor de to til tre alternativene er like riktige, sammenlignet med virkeligheten.
2. En arealklasse oppfattes som godt atskilt fra en annen når de to ikke "overlapper" mer enn ca 30 % i egenkontrollen. Et godt eksempel er åpen bjørkeskog på lyngmark og lyngmark med noe dekning av bjørk. Det settes høyere krav til klart separate/kontrastrike arealklasser som f.eks. snø, vann og lav. Hva som er et akseptabelt nivå i kontrollmetoden "10 fold kryssvalidering" har jeg ingen klar formening om.
3. De største utfordringene møter vi i: 1) Fjellet, 2) Kulturlandskapet (beitelandskapet) Røldal er et godt eksempel og 3) Humide områder.

Presentasjon av det nye nasjonale program for vertikal flyfoto og hvordan disse bildedata er brukt i SatNat for overvåking og detaljert kartlegging av fjellvegetasjon

Leif Kastdalen, HiH/SatNat



Rapport SatNat Fjellkartlegging, del 2

Nye muligheter for detaljert vegetasjonsklassifisering

- Erfaringer fra utvikling i SatNat-programmet

Leif Kastdalen¹, Einar Lieng², Arne Hjeltnes³ og Gunnar Fjone⁴

¹Avdeling for skog- og utmarksfag, Høgskolen i Hedmark, 2480 Kopping, leif.kastdalen@hih.no

²Geodatasenteret AS, 4808 Arendal, einarlieng@geodatasenteret.no

³Institutt for økonomi og informatikk, Høgskolen i Telemark, 3800 Bø, arne.hjeltnes@hit.no

⁴Forest, Fjone, 3854 Nissedal, gunnar.fjone@forest.no

Program for omløpsfotografering

I 2006 startet de første bildeoppaktene i det nasjonale program for å flyfotografere Fastlands-Norge i regelmessige intervaller, kalt omløpsfotografering. Fornyings- og administrasjonsdepartementet, Norsk institutt for skog og landskap og Statens kartverk sammen med partnerne i Norge digitalt finansierer programmet. Målsettingen er å dekke fastlands-Norge i løpet av 6 år, og så gjenta fotograferingen hvert 7-8 år. Fotograferingen gjøres fra fly i en slik målestokk at pikselopplosningen på ortofoto blir 0,5 meter. Ortofoto blir fremstilt fra GPS og interne navigasjonsdata (INS) i flyet til en nøyaktighet på minimum 2 meter. For de fleste oppakt er den geometriske nøyaktigheten bedre enn dette.

Programmet startet med analoge oppakt, men er gradvis endret til bruk av nye digitale flyfotokamera. Fra 2008 er det bare digitale oppakt. Oppakt i den infrarøde delen av lysspekteret var ikke planlagt, men kommer med på alle oppakt med digitale kamera. Gjennom omløpsfotograferingen fremstilles ortofoto i vanlige farger og disse presenters på www.norgebilder.no. De er også tilgjengelig for annet bruk av partnerne i Norge Digitalt samarbeidet.

IR-kanalen blir pr. i dag ikke inkludert i ortofotoprosessen. Dette vanskeliggjør effektiv bruk av bildene til vegetasjonsrelatert kartlegging. Rett behandlet kan det lages 4 kanaler ortofoto med et kanalvalg tilsvarer bildene fra hoyopploselige satellittdata.

valgt en tilnærming med stort klassifikasjon og etablering av treningsdata med støtte fra hoyopploselige digitale vertikalfoto. En systematisk stripefotografering av utvalgte studieområder (Hardangervidda, Østfold, Sør-Trondelag) ble gjennomført i 2001 med bruk av video-kamera, vanlig digitalt speilreflekskamera (Kodak) og et 4-kanals industrikkamera (DuncanTech) montert på siden av et Cessna 174 småfly¹. Med denne enkle flyfotograferingsteknikken ble det tatt opp et stort antall hoyopploselige bilder. Bildene ble georeferert til ortofoto, men med bruk av GPS- og INS-dataene fra flyet ble den geometriske presisjonen ikke god nok til at bildene kunne brukes direkte som bakgrunnsbilder i en skjermbasert digitalisering av treningsdata. For noen bilder tatt over flatt lende ble nøyaktige innspenningspunkter målt med differensiell GPS. For disse ble presisjonen tilfredsstillende, men de utgjorde kun en liten prosentdel av alle bildene.

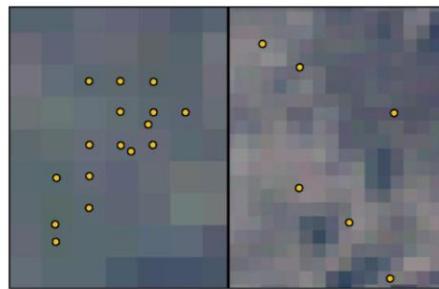
Treningsdata ble innhentet ved feltregistreringer i ulike deler av flystripene og ved punktvise skjermdigitalisering med satellittdata som bakgrunnsbilde og detaljerte flyfoto som tolkningsstøtte. I felt ble vanlig GPS brukt til stedfestingen av observasjonene. Klassifikasjon med algoritmene k-nærmeste nabo (kNN)² og Random Forest (RF)² viste nedslørende resultat for feltbaserte treningsdata, men langt bedre for de skjermdigitaliserte (tabell 1). Test viste at forskjellen ikke skyldes at dataene kom fra ulike områder. Test av nøyaktigheten på de brukte GPS-ene viste en snittfeil på ca 3 meter (median 1,7 m), en feil som er så liten at det ikke kan forklare den store forskjellen i klassifikasjonsnøyaktighet. Ser en derimot

Tidlig utprøving av digitale flyfoto i SatNat-programmet

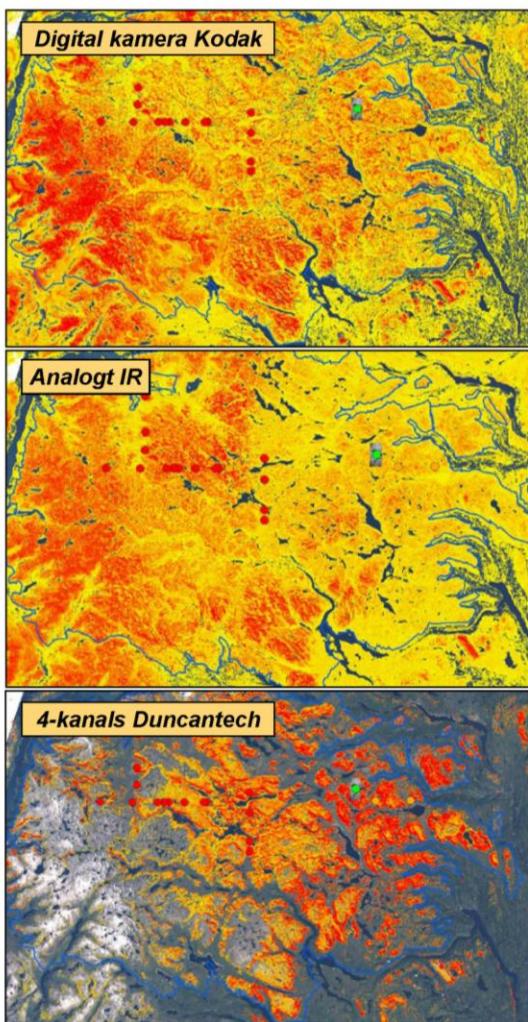
Ut fra tendensen internasjonalt innen kartlegging av vegetasjon med satellittdata ble det i SatNat-programmet

Tabell 1. Resultat fra stort klassifikasjon av Landsat7 data der referansedata ble innhentet ved feltregistreringer (GPS) og ved skjermdigitalisering.

| All data | GPS | Skjerm |
|---------------------------------|------|--------|
| n | 2686 | 15127 |
| 1NN | 33% | 82% |
| C4.5 tree | 30% | 75% |
| Random Forest | 32% | 82% |
| Samme geografiske område | | |
| n | 498 | 505 |
| Random Forest | 44% | 55% |

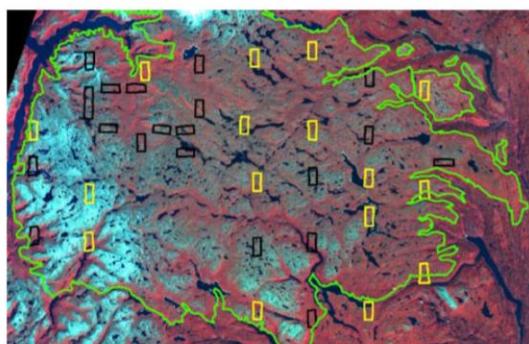


Figur 1. Ved skjermdigitalisering plasseres informasjonen riktig i forhold til satellittpixlene, mens dette ikke er tilfelle når feltregistreringer blir stedfestet ved bruk av håndholdt GPS.



Figur 2. Regresjonsanalyser basert på treningsdata hentet fra ulike kameratyper der lavdominerte piksler er forsøkt identifisert ved klustering. Best resultat ble oppådd med bruk av 4-kanals bilder. Forvekslingen var stor mellom lav og fjell, stein, grus.

på plasseringen av de GPS innmålte registreringene så ligger mange nær grensene for de 30 meters pikslene som er grunnlaget i klassifikasjonen. Konklusjonen er at skjermdigitalisering gir bedre treningsdata enn feltbasert registreringer stedfestet med GPS når disse blir innhentet uten tanke på satellittpikslenes geografiske plassering. En sub-piksel analyse for lav ble foretatt ved å identifisere alle lavpiksler i de flyfoto vi fikk nøyaktig ortokorrigert fra Kodak- og Duncantechkameraene og et skannet analog IR-opptak vi fikk fra Statens kartverk. Lavdominerte piksler (pikselopplosning 0,25 - 0,4 meter) ble plukket ut gjennom å klustre bildene til 70 klasser og med støtte fra bakkeregistreringer plukke ut klusterne med dominans av lav. Fra disse kan ble prosentandel lav innen hvert landsatpiksel beregnet og brukt som treningsdata³.



Figur 3. Områder på Hardangervidda der det er gjort stripeopptak med Vexcel Ultra Cam profesjonelt flyfotokamera. Innen de gule områdene er det utført detaljklassifisering. Villreinområdet er markert med grønn strek.

Resultatet etter sub-piksel analyser mot bildedata fra Landsat7 med hver av de tre kameratypene var nedslående. Visuelt var det tydelig å se at impediment og spesielt fjell, stein og grus ble forvekslet med lav (figur 2). Best ble resultatet basert på treningsdata fra Duncantech-kameraet med 4 spektrale kanaler. Siden resultatet av modellen varier mye mellom hvilke kildedata som ble brukt til treningen og siden forvekslingen med fjell, stein, grus ble lavest når treningsdata ble hentet fra 4-kanalsbildene tolket vi det slik at det lå et potensial i sub-piksel tilnærmingen. Vi tror feilkilden var nytt til klusteringen som separasjonsmetode og/eller at bildedataene ikke var gode nok til å skille ut lav fra fjell/stein/grus i treningsdataene.

Bruk av bilder fra nye digitale flyfotokamera

I 2004 startet norske flyfotoselskap proveopptak med digitale flyfotokamera. Disse kamera var i 2004 nylig utviklet og gjør opptak samtidig av blått, grønt, rødt og nærinfrarødt lys. Dermed gav de bilder av samme type som Duncantechkameraet, men hadde en radiometrisk opplosning på hele 12-bit i motsetning til 8-bits bildene fra Duncantech. Med 12-bits data blir den radiometriske variasjon langt større; fra 256 fargenyanser til 4096.

I SatNat prosjektet for Hardangervidda ble det i 2004 bestilt stripevisje opptak av 3 km lengde for 44 områder (figur 3). Med disse opptakene var INS og GPS dataene av en slik kvalitet at det mosaikkerte ortofoto fikk en geometrisk nøyaktighet på 1 meter eller bedre. I 16 av disse områdene er det fremstilt meget detaljerte vegetasjonskart med minsteenhetslik 0,25 m². Flyfotoene ble tatt opp med Vexcel Ultra Cam⁴, som er det samme kamera som de norske flyfotoselskapene Terratec og Blom Geomatics benytter i omloppsfotograferingen. Arbeidet med disse bildene i SatNat viste at omloppsfotograferingen åpner for langt bedre analyser og mer detaljert kartlegging enn hva som til nå har vært mulig.

Tabell 2. Resultat fra klassifisering med 1-nærmeste nabo (1NN) algoritmen i eCognition evaluert ved 10-fold kryssvalidering. Antall klasser i parantes. Beste verdi for nærmeste nabo (k) var i halvparten av områdene større enn 1, noe som indikerer at det er en del støy i dataene.

| Områder | Sted | N | Kappa | Samlet | Feilrate | | | Beste k-verdi |
|--------------|----------------|------|--------|---------|----------|------------|---------|---------------|
| | | | | | Lav | Skrinn hei | Vegløst | |
| Område 01a | Vasstulan Ø | 357 | 0,8810 | 10 (14) | 5 | 75 | 6 | 1 |
| Område 04 | Skinnarbu | 1259 | 0,6707 | 28 (21) | 39 | 50 | 67 | 6 |
| Område 15 | Halne Ø | 389 | 0,8395 | 11 (12) | 29 | 28 | 16 | 1 |
| Område 27 | Middalsbu N | 1144 | 0,6843 | 29 (23) | 29 | 26 | 7 | 1 |
| Område 29 | Viveli Vest | 243 | 0,7540 | 22 (15) | 27 | 44 | 6 | 4 |
| Område 44 | Bitdalsvatn SV | 630 | 0,6003 | 37 (14) | 29 | 44 | 27 | 7 |
| Totalt/snitt | | 4022 | | | | | | |

Erfaringer med klassifisering i eCognition

Det ble først forsøkt å detaljklassifisere Vexcelbilder ved kun å bruke programmet eCognition⁵. I eCognition ble det foretatt en detaljert segmentering av bildedataene med pikseloppløsning på 45 cm og en ”scale”-parameter på 150. Treningsdata ble etablert for et utvalg av segmentene etter standard prosedyre og klassifikasjon utført med nærmeste nabo algoritmen (1NN), den eneste algoritmen eCognition har tilgjengelig. Feltregistreringer i områdene og 3D-visualisering av flyfotoene med terregnmodell generert fra flybildene ble brukt som støtte i tolking av klasse. Dette gav en meget sikker tolking av vegetasjonsklasser.

Resultatet ble evaluert utenfor eCognition ved 10-fold kryssvalidering etter å ha eksportert til tabellform klasseverdier og alle forklaringsvariabler (9 stk) fra treningssegmentene (tabell 2). Resultatet var ikke tilfredsstillende. Årsaken til den lave nøyaktigheten antas å være belysningsvariasjonene i flyfotoene. Vi har foreløpig ingen metode for å korrigere for dette på en fullgod måte, men dersom problemet er knytt til belysningsvariasjonen skal det være mulig å korrigere for dette gjennom øke antall treningsdata og håpe at algoritmen fanger opp disse variasjonene.

SatNat produksjonslinje

Vi gjennomførte nye analyser ved å øke antall treningssegmenter betraktelig og foreta all klassifisering i datamineringsprogram utenfor eCognition. Dette gav langt større muligheter for å sammenlikne ulike algoritmer og til å teste hvilke forklaringsvariabler som gav best resultat.

I eCognition er det segmentene og ikke enkeltpikslene som danner klassifikasjonsenheten, og dermed blir alle variabler beregnet for hvert segment. Basert på bildedataene benyttet vi gjennomsnittlige refleksjonsverdier, de tre første prinsipalkomponenter av de 4 kanalene (PC1-3), transformasjon av RGB til HSI bilderommet, vegetasjonsindeks beregnet for alle de seks mulige

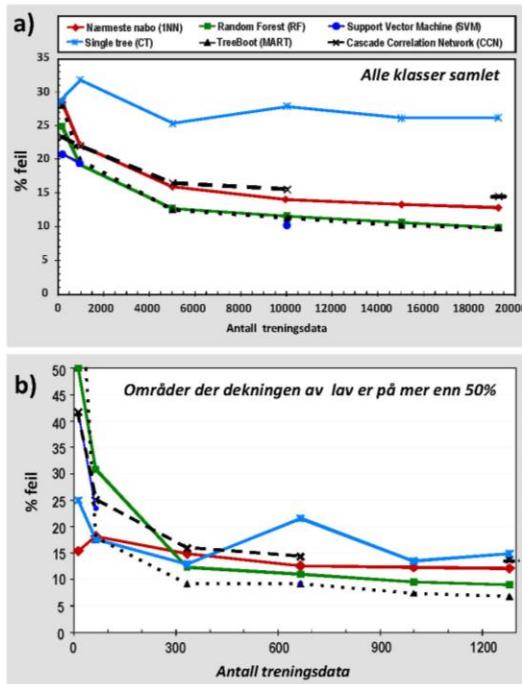
kombinasjonene, pikselverdienesstandardavvik, maksogmin verdier for hver kanal, gjennomsnittet av to eller tre bånd. I tillegg beregnet vi ulike variabler som uttrykket segmentenes form og variabler fra hoydedata. Som hoydedata benyttet vi data fra kartverkets 25 meter hoydemodell og avledet høyretning, stigning, varmekoeffisient⁶. I tillegg avledet vi også vegetasjonssoner i kombinasjon med eksterne data for tregrensenivået. Disse data ble resamplert til 0,5 meters pikselstørrelse og glattet. Vi avledete automatisk en hoydemodell fra de overlappende flyfotoene. Dersom denne var uten større feil ble den benyttet i klassifikasjonen.

Vi testet klassifikasjonsnøyaktighet og de beste forklaringsvariabler ut fra et sett på opp til 51 variabler på 8 forskjellige algoritmer; k-nærmeste nabo, lineær diskriminantanalyse, enkelt beslutningstre, beslutningstreet 4.5/4.8⁷, ”Cascade” neuralt nettverk⁸, Support Vector Machine⁹ MART^{10,11} og Random Forest¹².

Algoritmen Random Forest viste seg å være den mest egnede

Tabell 3. Evaluering av 8 ulike algoritmer i en detaljklassifisering av Vexcel Ultra Cam bilder. Undersøkelsen er gjort med 51 egenskaper på 10 000 tilfeldige data av totalt 19272 på område Halne. Nøyaktighet beregnet med 10-fold kryssvalidering eller ”out of bag”.

| Type | Algortime | % feil totalt | % feil lav | Tid |
|----------------------|-------------|---------------|------------|-----------|
| Modell | Single tree | 28,0 | 21,6 | 0,45 min. |
| | J48-tree | 27,9 | 12,9 | 3 min. |
| | LDA | 21,6 | 13,6 | 0,28 min. |
| Neuralt nett | CCN | 15,6 | 14,3 | 8,8 timer |
| | 1NN | 14,0 | 12,6 | 1,35 min. |
| “Ensemble” | TB | 11,3 | 9,2 | 12 min. |
| | RF | 11,2 | 10,0 | 2,9 min. |
| Modell | SVM | 10,2 | 9,2 | 1,4 timer |
| Alle 19272 datapunkt | | | | |
| | RF | 8,2 | 6,5 | 3,9 min. |



Figur 4. Virkningen av å øke antall treningsdata på samlet klassifikasjonsnøyaktighet (a) og på bare lav-klassen (b) for 6 ulike algoritmer.

når både nøyaktighet og tidsbruk ble lagt til grunn (tabell 3). Algoritmen fungerte bra selv med alle forklaringsvariablene, men nøyaktigheten økte 5-10% ved en optimalisering av variabler til et utvalg på 8-12 stykker. De variabler som generelt var viktigst i klassifikasjonene var prinsipalkomponentene (spesielt 1 og 2), to til fire vegetasjonsindeks og variablene høyde, varmekoeffisient og vegetasjonssone.

For ett av de 16 klassifiserte områdene på Hardangervidda (ved Halne) ble det undersøkt virkningen av å øke antall treningsdata opp til i overkant av 19 000 (figur 4). For denne test ble et optimalt utvalg av 9 variabler benyttet. Feilprosenten ble sterkt redusert med økning i antall treningsdata. Reduksjonen var størst frem til ca 7 000 datapunkt (12% samlet feil), for deretter reduseres mer sakte ned til 8,2% ved 19272 datapunkt. Objekter med lavdekning fra ca 50% eller bedre kunne identifiseres med nøyaktigheter på 95 % eller bedre.

Nøyaktigheter

For alle de detaljkartlagte områdene er det laget forvirrings-/feilklassifikasjonsmatriser med 10-fold kryssvalidering eller tilsvarende metodikk. Matrisene viser tydelig hvilke klasser som identifiseres best og hvor forvirringen er størst. I tabell 4 er dette vist for område 9 ved Skrykkjen på Hardangervidda, et område der klassifiseringen er gjort på bilder fra Vexcel Ultra Cam. Like gode klassifiseringer ble oppnådd med hoyoppløselige satellittdata (IKONOS/Quickbird) og da med langt færre referansedata. Dersom

antall klasser ble redusert økte også nøyaktigheten, slik som vist i tabelleksemplet.

For de 16 klassifiserte områdene varierte antall klasser mellom 11 og 44 med medianverdi på 24. I gjennomsnitt lå nøyaktigheten på 91%, med variasjon fra 86 til 96% (tabell 5). Nøyaktigheten som ble oppnådd i denne detaljerte klassifikasjonen var utrolig bra, og viser at det er mulig å benytte omlopsfotograferingsbildene i endringsanalyser når en ønsker sikker identifikasjon av små vegetasjonsendringer. Segmenteringen plukket ut objekter ned til en piksel i størrelse, og skilte dermed ut mindre busker og små lavflekker som egne objekt.

Undersøkelsen viser også at disse bildene utgjør en ypperlig kilde for å etablere sub-pikselbaserte treningsdata til klassifikasjon av data der bildene har en pikselopplosning på ca 5 meter eller større og til regresjonsanalyser over dekningsprosenter av ulike vegetasjonselement. I snitt innenfor en rute på 30 x 30 meter var det for de detaljklassifiserte arealene på Hardangervidda 9,7 ulike vegetasjonsklasser (og ennå flere enkeltobjekt), dvs. en romlig detaljering som er umulig å oppnå ved manuell inntegning av enheter.

Kommentarer

I denne artikkelen er beskrevet en automatisert metode som har fellestrek med visuell klassifikasjon ved at den egner seg best på hoyoppløselige bildedata. Til forskjell fra manuell inntegning benyttes matematiske algoritmer til å dele bildedata opp i homogene områder. Størrelsen styres av parametervalg. Ved at dette arbeidet gjøres maskinelt kan svært små enheter polygoniseres. Når et detaljert bilde blir delt opp i mange små enheter (segment), vil det bli et så høyt antall at segmentene må klassifiseres maskinelt. Det kan brukes klusteringsteknikk og tersklinger, men for flyfoto er belysningsvariasjonene så store at presisjonen blir høyest når klassifikasjonen skjer med bruk av treningsdata og robuste algoritmer. Metodikken gav meget høy presisjon i kartlegging av fjellområder, og vi er ikke kjent med annen metodikk som har gitt tilsvarende presisjon. Ulempen er at den kan bli tidkrevende ved kartlegging av store areal. Kostnadseffektivitet kan forbedres mye dersom bildedataene er belysningsstabile, slik som tilfelle er for hoyoppløselige satellittdata.

Et stort utviklingspotensial vil ligge i å få frem metoder som gjør flyfoto mer belysningsstabile. Med detaljkartlegging der minsteenhetsstørrelsen er 50 x 50 cm blir enheter ned til busker og små vegetasjonsflekker polygonisert og klassifisert (figur 5). Det gjør metoden godt egnet i et overvåkingsprogram dersom dette baseres på kartlegging av utvalgte ruter slik som det svenske NILS-programmet¹³. Kartene som lages vil også være et utmerket grunnlag til å hente frem treningsdata til kartlegging med satellittdata (pikselstørrelsen > 5 meter). Det gir dessuten stor fleksibilitet i forhold til valg av satellitter, da referansedata kan hentes frem uavhengig av pikselstørrelsen. Ved at enkeltobjekter klassifiseres ned til busker og små vegetasjonsflekker blir også kvaliteten på referansedata langt bedre enn om de ble hentet fra en manuell polygonisering der minsteenheten er langt større.

Tabell 4. Eksempler på forvirringsmatrise fra et av de 16 klassifiserte områdene. Matriser er vist for alle klasser i området og for et redusert antall klasser. I en slik matrise er det tydelig å se hvilke klasser som identifiseres best og mellom hvilke forvirringen er størst. Forvirringen er markert med lys rosa farge der antall feilklassifiseringer utgjorde mer enn 2% av klasses totalen, og lys gul når feilnivået var mellom 1-2%. Sammenslåingen av klasser er gjort ut fra informasjonen i den mest detaljerte matrisa og er markert med stiplete linjer.

Forvirringsmatrise Vexceldata område 9 Skrykken, 24 klasser

| Riktig klasse ↓ | Beregnet klasse → | B1a | B1b | B2a | B2c | B2d | B2e | B4b | B4h | C1a | C3e | C3g | C4a | D1a | D1b | D2a | D2b | E1b | E1e | E1f | E2c | F1a | F1b | F1c | G1b | Sum | Feil | % Feil | |
|------------------------------------|-------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|------|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|-----|------|-----|------|------|-------|------------|--------|------|
| B1a Lav >80% | | 559 | 25 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 600 | 41 | 6,8 | |
| B1b Lav 50-80% | | 28 | 470 | 17 | 0 | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 541 | 71 | 13,1 | |
| B2a Hei skinn 25-50% lav | | 0 | 21 | 520 | 0 | 25 | 11 | 0 | 0 | 2 | 14 | 0 | 10 | 2 | 0 | 1 | 0 | 4 | 1 | 26 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 637 | 117 | 18,4 | |
| B2c Hei skinn steinrik | | 0 | 0 | 0 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 11 | 4 | 36,4 | |
| B2d Lyng 25-50% lav | | 0 | 10 | 21 | 0 | 151 | 1 | 1 | 5 | 0 | 4 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 197 | 46 | 23,4 | |
| B2e Lyng lite Stein | | 0 | 0 | 5 | 0 | 3 | 509 | 16 | 0 | 2 | 0 | 0 | 10 | 1 | 0 | 19 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 565 | 56 | 9,9 | |
| B4b Dvergbjørk lite Stein | | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 22 | 863 | 7 | 0 | 1 | 0 | 9 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 909 | 46 | 5,1 | |
| B4h Vier lite Stein | | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 2 | 11 | 1069 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1088 | 19 | 1,7 | |
| C1a Finnskjegg-sau. lite Stein | | 0 | 1 | 3 | 0 | 0 | 9 | 0 | 0 | 130 | 16 | 0 | 2 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 164 | 34 | 20,7 | |
| C3e Gras/starr lite Stein | | 0 | 0 | 10 | 0 | 3 | 2 | 0 | 1 | 10 | 1547 | 0 | 16 | 0 | 0 | 15 | 3 | 1 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1611 | 64 | 4,0 | |
| C3g Museøre-grassnøleie lite Stein | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 4 | 100,0 | |
| C4a Gras/starr/musvært lite Stein | | 0 | 0 | 9 | 0 | 0 | 10 | 45 | 4 | 1 | 24 | 0 | 1295 | 9 | 0 | 11 | 0 | 1 | 0 | 2 | 6 | 34 | 0 | 24 | 0 | 1475 | 180 | 12,2 | |
| D1a Mose og mosesnøleie lite Stein | | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 9 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 13 | 129 | 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 4 | 9 | 174 | 45 | 25,9 |
| D1b Mose og mosesnøleie steinrik | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 3 | 21 | 6 | 28,6 | |
| D2a Mose fuktig-våt | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 15 | 6 | 1 | 1 | 10 | 0 | 2 | 0 | 0 | 808 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 847 | 39 | 4,6 |
| D2b Mose torrfuktig | | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 | 0 | 4 | 0 | 0 | 16 | 47 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 74 | 27 | 36,5 | |
| E1b Fjell/stor blokk m.vegetasjon | | 3 | 3 | 7 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 776 | 3 | 102 | 0 | 0 | 0 | 1 | 3 | 900 | 124 | 13,8 | | |
| E1e Grus-sand | | 6 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 98 | 27 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 145 | 47 | 32,4 | |
| E1f Stein-ur m.vegetasjon | | 25 | 14 | 13 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 9 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 34 | 5 | 2155 | 4 | 0 | 0 | 3 | 1 | 2269 | 114 | 5,0 | | |
| E2c Fjell/stein m.vann | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 | 160 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 182 | 22 | 12,1 | | |
| F1a Blautmyr og vannvegetasjon | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 | 0 | 0 | 0 | 72 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 440 | 0 | 100 | 2 | 624 | 184 | 29,5 | | | | |
| F1b Vann dypt/mørkere | | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 14 | 4 | 0 | 0 | 24 | 10 | 41,7 | | | | |
| F1c Vann grunt/fysere | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 7 | 0 | 0 | 0 | 32 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 46 | 1 | 1682 | 4 | 1782 | 100 | 5,6 | | | |
| G1b Skygge av terregn | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 18 | 333 | 359 | 26 | 7,2 | | | | |
| SUM | | 621 | 544 | 610 | 7 | 194 | 600 | 962 | 1087 | 146 | 1645 | 0 | 1489 | 151 | 17 | 877 | 53 | 824 | 108 | 2360 | 175 | 520 | 15 | 1843 | 355 | 15203 | 1426 | 9,38 | |
| Antall feil | | 62 | 74 | 90 | 0 | 43 | 91 | 99 | 18 | 16 | 98 | 0 | 194 | 22 | 2 | 69 | 6 | 48 | 10 | 205 | 15 | 80 | 1 | 161 | 22 | 1426 | | | |
| % feil | | 10 | 14 | 15 | 0 | 22 | 15 | 10 | 2 | 11 | 6 | 0 | 13 | 15 | 12 | 8 | 11 | 6 | 9 | 9 | 9 | 15 | 7 | 9 | 6 | 9,4 | Khat: 0,90 | | |

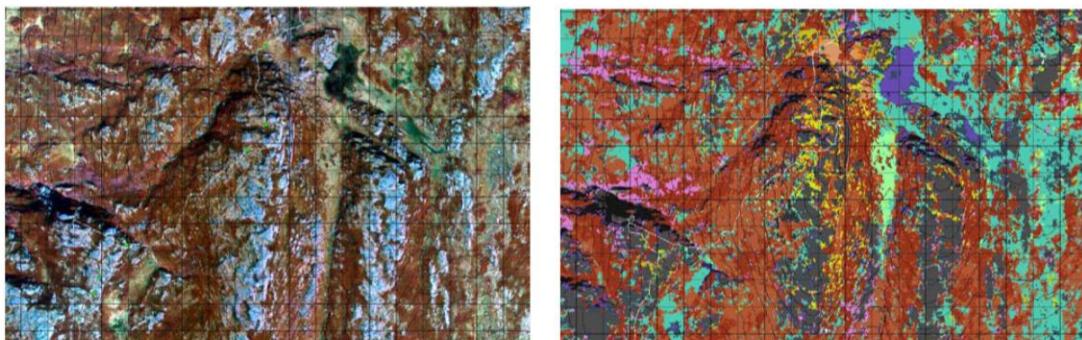
Forvirringsmatrise Vexceldata område 9 Skrykken, 12 klasser

| Kode | Klasse | E1 | B1 | B2A | B2C | B2E | B4 | C13 | C4 | D1 | D2 | F1 | G1 | SUM | Feil | % |
|-------------|----------------------|------|------|-----|-----|-----|------|------|------|-----|-----|------|-----|-------|------------|------|
| E1 | Vegetasjonsløst | 3374 | 51 | 24 | 0 | 1 | 0 | 20 | 17 | 0 | 0 | 5 | 4 | 3496 | 122 | 3,5 |
| B1 | Lavdominans | 31 | 1082 | 25 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1141 | 59 | 5,2 |
| B2A | Hei med 25-50% lav | 33 | 31 | 717 | 0 | 12 | 6 | 20 | 11 | 2 | 2 | 0 | 0 | 834 | 117 | 14,0 |
| B2C | Hei skinn uten lav | 4 | 0 | 0 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 11 | 4 | 36,4 |
| B2E | Lyngdominans | 0 | 0 | 8 | 0 | 509 | 16 | 2 | 10 | 1 | 19 | 0 | 0 | 565 | 56 | 9,9 |
| B4 | Busker og kratt | 1 | 0 | 3 | 0 | 24 | 1950 | 1 | 11 | 0 | 3 | 4 | 0 | 1997 | 47 | 2,4 |
| C13 | Magert gras | 4 | 1 | 16 | 0 | 11 | 1 | 1703 | 18 | 0 | 21 | 0 | 0 | 1775 | 72 | 4,1 |
| C4 | Våt grassdekt myr | 9 | 0 | 9 | 0 | 10 | 49 | 25 | 1295 | 9 | 11 | 58 | 0 | 1475 | 180 | 12,2 |
| D1 | Mose- og mosesnøleie | 6 | 0 | 1 | 0 | 9 | 2 | 0 | 13 | 147 | 0 | 5 | 12 | 195 | 48 | 24,6 |
| D2 | Mosedominans | 0 | 0 | 1 | 0 | 15 | 7 | 17 | 6 | 0 | 874 | 1 | 0 | 921 | 47 | 5,1 |
| F1 | Vann og blautmyr | 5 | 0 | 0 | 0 | 5 | 14 | 0 | 108 | 5 | 0 | 2287 | 6 | 2430 | 143 | 5,9 |
| G1 | Skygge av terregn | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 4 | 0 | 18 | 333 | 359 | 26 | 7,2 |
| SUM | | 3467 | 1165 | 804 | 7 | 596 | 2049 | 1791 | 1489 | 168 | 930 | 2378 | 355 | 15199 | 921 | 6,1 |
| Antall feil | | 93 | 83 | 87 | 0 | 87 | 99 | 88 | 194 | 21 | 56 | 91 | 22 | 921 | | |
| % feil | | 3 | 7 | 11 | 0 | 15 | 5 | 5 | 13 | 13 | 6 | 4 | 6 | 6,1 | Khat: 0,93 | |



Tabell 5. Klassifiserte områder på Hardangervidda med evaluering av nøyaktighet for alle registrerte klasser og for en klasse bestående av mer enn 50% dekning av lav. Tabellen viser også antall referansedata og antall objekter (enheter) som områdekartene består av, og hvor stor andel av objektene som har inngått i trening av algoritmen.

| Område nr. | Sted | Algortime | # klasser | Samlet feilprosent | Feilprosent lav >50% | # refdata | # objekt | % train |
|------------|------------------|-----------|-----------|--------------------|----------------------|-----------|----------|---------|
| 1 | Vasstulan | SVM | 29 | 11,0 % | 2,7% | 7419 | 1621429 | 0,5 |
| 2 | Gausetdalen N | RF | 17 | 6,5 % | 6,6% | 4999 | 389167 | 1,3 |
| 3 | Gvepsborg | RF | 25 | 11,6 % | 9,6% | 14745 | 697478 | 2,1 |
| 4 | Skinnarbu | RF | 21 | 9,1 % | 9,9% | 5302 | 394296 | 1,3 |
| 5 | Kilstfjorden V | RF | 24 | 5,8 % | 7,0% | 6484 | 203316 | 3,2 |
| 6 | Mår Ø | RF | 22 | 10,0 % | 6,4% | 12656 | 851759 | 1,5 |
| 8 | Tuva | RF | 23 | 10,4 % | 5,3% | 8064 | 537526 | 1,5 |
| 9 | Skrykkjen | RF | 24 | 9,4 % | 5,2% | 15203 | 1242515 | 1,2 |
| 14 | Gjuvsjå | RF | 30 | 10,1 % | 11,9% | 13960 | 1501348 | 0,9 |
| 15 | Halne | RF | 31 | 9,8 % | 6,7% | 19272 | 1227638 | 1,6 |
| 24 | Hjølmo Ø | RF | 28 | 9,4 % | 13,5% | 12192 | 842990 | 1,4 |
| 26n | Solfonn N | SVM | 11 | 3,9 % | - | 11229 | 77564 | 14,5 |
| 27 | Middalsbu | 1NN | 27 | | - | | | |
| 35 | Vendevatn V | RF | 24 | 11,4 % | - | 14954 | 516540 | 2,9 |
| 37 | Byen Ø | RF | 20 | 14,5 % | 10,4% | 12754 | 717783 | 1,8 |
| 44s | Bitdalsvatnet NV | RF | 44 | 7,2 % | 7,3% | 8410 | 1699459 | 0,5 |
| Snitt: | | | 25 | 9,3 % | 7,9% | 11176 | 834721 | 2,4 |



Figur 5. Med segmentering og objektorientert klassifikasjon på høyoppløselige bildedata fra fly eller satellitt er det mulig å overvåke enkeltobjekt som trær, busker og små vegetasjonsflekker. Vexcel flyfoto til venstre og kart over samme utsnitt til høyre. Rutenettet, som er på 30 x 30 meter, viser til sammenlikning størrelsen på et Landsatpiksel.

Litteratur

- Lieng, E., Slaymaker, D.M., and Kastdalen, L. 2002. Use of airborne small-format digital cameras as tools for collecting ground truth. *Int. Symposium Remote Sensing of Environment* 30, Argentina.
- Tan, P.-N., M. Steinbach & V. Kumar. 2006. Introduction to Data Mining. Pearson International Edition, Boston, MA.
- Engebakken, Lars Ole U. 2003. Reinbeteikartlegging på subpixsel nivå. Hovedfagsoppgave Norges landbrukshogskole, Ås. 53s.
- Vexcel Imaging. 2008. Digital Photogrammetric Aerial Mapping Systems. (www.microsoft.com/ultracam) sist kontrollert 110408.
- Definiens AG. 2006. eCognition professional 5. User Guide. Definiens AG. www.definiens.com sist kontrollert 110408.
- Parker, K. C. 1998. Environmental relationships and vegetation associates of columnar cacti in the northern Sonoran desert (Arizona, USA). *Vegetatio*, 78(3):125–140.
- Quinlan, J.R. 1993. C4.5: Programs for machine learning. Morgan Kaufmann, San Francisco.
- Fahlman, Scott E. and Christian Libiere. 1990. *The Cascade-Correlation Learning Architecture*. Carnegie Mellon University. CMU-CS-90-100.
- Vapnik, V. 1999. The nature of statistical learning theory, 2.ed. Springer-Verlag, New York.
- Friedman, J.H. 1999. Stochastic Gradient Boosting. Technical report, Dept. of Statistics, Stanford University. (<http://www-stat.stanford.edu/~jhf/ftp/stobst.pdf>) sist kontrollert 110408.
- Friedman, J.H. 2002. Tutorial: Getting Started with MART in R. Technical report, Dept. of Statistics, Stanford University. (<http://www-stat.stanford.edu/~jhf/r-mart/tutorial.pdf>) sist kontrollert 110408).
- Breiman, L. 2001. Random Forest. *Machine Learning*, 45: 5-32.
- Sveriges lantbruksuniversitet. 2008. Nationell inventering av landskapet i Sverige (NILS). 2008. (<http://nils.slu.se>) sist kontrollert 110408).

Mapping distribution and reindeer winter pastures and lichens biomass from Landsat5 images

Olav Strand, Norsk Institutt for Naturforskning

Spatial and temporal variations in lichen forage biomass as estimated from LANDSAT 5 satellite images

Tobias Falldorf and Olav Strand; Norwegian institute for Nature Research, 7485 TRONDHEIM, NORWAY

We conducted our study at the Hardangervidda reindeer population in southern Norway. This population has fluctuated more than five fold during the last 40 years and has suffered previous periods of overgrazing. Managers have deliberately reduced population numbers by subscribing high hunting quotas aiming to recover pasture quality and reindeer body condition. We therefore wanted to estimate the spatiotemporal distribution of lichen winter forage and to test for possible trends and changes in lichen biomass. We used a LANDSAT 5 scene recorded in August 2003 as our master data set. This image was classified into a land cover map with 9 different habitat classes. In this process we used a supervised classification method (KNN) and app 5000 ground truths was taken as training points. In our land cover map lichen ridges could be classified with a user accuracy of app. 80%. In order to estimate lichen biomass we later reduced our land cover map to a 1 bit information mask (lichen ridge, not lichen ride) and tested for linear relationships between spectral properties in areas classified as lichen ridges and measures of lichen biomass. We found that lichen biomass could be estimated on the basis of a simultaneous application of two different indices (NDLI), and a normalized index derived from band 4 and 5($R^2 = 0,70$, $P < 0,001$). Estimates of the lichen biomass reviled large spatial variation with less biomass in central and more heavily grazed parts of the area. Since the 1980's the reindeer population has been reduced from app 25 000 animals to app. 6000 animals in 2003. By comparing our analysis of the 2003 scene to LANDSAT 5 images recorded in 1983 and 1994 we found an overall increment in lichen biomass of app. 82%, but also that re-growth of likens had a significant spatial component with less increments in central areas.

Presentasjon av NILS (Sveriges nasjonale program for miljøovervåkning), endringer i vegetasjon som forutsetning for biologiske mangfold, med hovedvekt på fjellmiljø. Pluss egne erfaringer med kartlegging av lav og endringer i lavdekket (fra egen avhandling)

Anna Allard, Sveriges Lantbruksuniversitet, Umeå

Nationell Inventering av Landskapet i Sverige (NILS)



NILS är ett rikstäckande miljöövervakningsprogram som följer tillstånd och förändringar i det svenska landskapet och hur dessa påverkar förutsättningarna för den biologiska mångfalden.

Programmet startade år 2003 och är det första svenska inventeringsprogrammet som omfattar alla landmiljöer. Såväl jordbruksmark som skogsmark, våtmarker, stränder, fjäll och bebyggda miljöer inventeras.

Ett viktigt syfte med NILS är att bistå med fakta för uppföljning av de nationella miljömålen. NILS bidrar även med data till miljöforskning och internationell rapportering samt tillhandahåller uppgifter till andra övervakningsprogram.

Resultaten från NILS kommer att öka vår förståelse för hur människans bruk av naturen påverkar den biologiska mångfalden. I framtiden är resultaten tänkta att användas för prognosar och konsekvensanalyser.

NILS stickprovsbaserade design ger möjlighet att samla in objektiva data med så hög precision som möjligt, vilket är en förutsättning för att kunna förmedla tillförlitliga uppgifter på nationell och regional nivå.

Biologisk mångfald

För en ökad förståelse av hur förutsättningarna för olika arters fortlevnad ser ut, behöver data samlas in på flera skalor, från enskilda arter och grupper till den större sammansättningen i landskapet. Förutsättningarna studeras genom att inventera viktiga biotoper och livsmiljöer såsom död ved, stenmurar, gräsremnar längs diken och åkrar och skogsby. NILS övervakar också arters potentiella livsutrymme, genom att de påverkas i hög grad av exempelvis effekterna av ändrad markanvändning i jordbruket, skötsel av ängs- och hagmarker, skogsbruket, naturvårdshänsyn, slitage på vegetation och mark samt effekterna av fysisk exploatering.

Landskapets sammansättning

Människans olika åtgärder i landskapet påverkar, ihop med naturgivna förutsättningar, såväl biotopers förekomst som deras sammansättning och strukturer. Inom NILS följs variation,

kvalitet och strukturer inom landskapet i flera skalor, från enskilda arter via biotoper till hur mönstret av biotoper och konstruerade strukturer förändras, med nya markanvändningar och över tid. Några exempel ges nedan.

Kulturmiljön och dess värden

Kulturmiljön i dagens landskap är en mix av gårddagens markanvändning och naturliga processer. Det är viktigt att följa utvecklingen, från äldre tider och framåt, för att kunna förstå landskapets utveckling. NILS följer exempelvis kulturbärande landskapselement och dess hävd, grova och bredkroniga träd, äldre markanvändning och viktig markanvändning idag såsom våtmarksslätter, skogsbyte och åkerbruk.

Fjällens miljöer

Såsom kulturmiljön är dagens fjällandskap en produkt av markutnyttjandet och programmet samlar in sådana saker data om marktäcke, fuktigheter och täckning av träd och buskar. Utifrån data kan olika vegetationstyper sättas samman och förändringar följas i den starkt mosaikartade miljö som fjället utgör, se exempel på moränmark i en IR-färbild i figur 1. NILS samlar även in data på linjer, såsom körspår och stigar.

Så här arbetar NILS

NILS omfattar alla naturtyper inom ramen för ett landsomfattande stickprov, bestående av ca 600 permanenta landskapsrutor, som inventeras var femte år. Varje år inventeras cirka 120 rutor fördelade över hela landet. NILS är framförallt tänkt att tillhandahålla data för nationell miljöövervakning och miljömålsuppföljning men kommer också att erbjuda myndigheter, länsstyrelser och andra regionala beställare möjlighet till ett tätare stickprov. Detta för att kunna erhålla resultat på regional nivå.

Urvälj av naturtyper

För att i vårt skogrika land kunna täcka in jordbruksmark, våtmarker, fjäll och bebyggd miljö har utlägget av NILS provrutor styrs mot dessa naturtyper. I utpräglade skogsregioner är intensiteten av provytor något lägre, då denna naturtyp i dagsläget övervakas noga genom Riksinventeringen av skog (RIS)*.

Landskapet komposition och struktur är viktiga element i NILS och för att följa dem krävs att stickprovet omfattar större landskapsavsnitt. Genom en kompromiss mellan behov och kostnad har NILS valt en landskapsruta (5x5 km) för övergripande beskrivningar och en central kilometerruta (1x1 km) för mer intensiva mätningar.

NILS har designats för att kunna utföra skattningar av till exempel index på landskapsstruktur, arealer av marktäcke och förekomstfrekvenser av indikatorarter.

Stratifiering

Sverige har indelats i tio geografiska strata. Indelningen ligger till grund för kunna förtäta stickprovet i vissa områden, som till exempel odlingslandskapet och fjället. Se figur 2.

Flygbildsinventering

För att kostnadseffektivt kunna beskriva landskapets sammansättning baseras NILS i hög grad på flygbildstolkning. Landskapets sammansättning och strukturella förändringar är storskaliga företeelser som är svåra att se från marken, men som lätt kan analyseras genom tolkning av infraröda flygbilder. Många olika variabler och naturtyper registreras och man får en översiktig bild av landskapets struktur och sammansättning. Inom en central ruta som är 1x1 km görs en mer detaljerad tolkning med digitalisering av landskapselement och biotoper. Användning och analys av historiskt kartmaterial ger dessutom möjligheter att följa den historiska utvecklingen. Metod för tolkning av landskapsrutan (5x5km) är under utveckling.

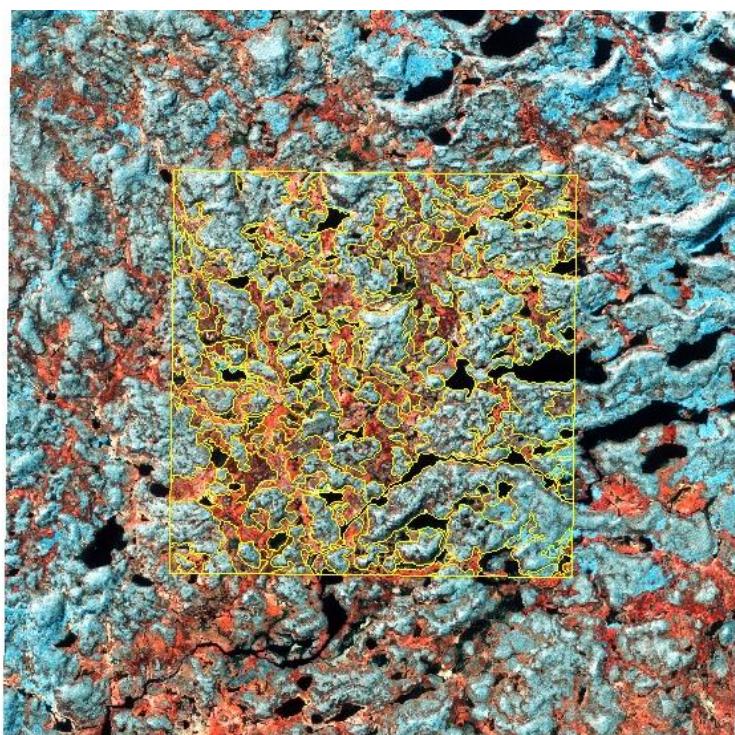
Fältinventering

Fältmätningarna i de detaljtolkade centrala rutorna används för att komplettera resultaten från tolkningen, men också för inventering av objekt, strukturer och arter som inte kan tolkas eller mäts i flygbilder. Inventeringsarbetet i fält bedrivs av ett tiotal arbetslag med två personer i varje. Detta arbete pågår under perioden juni–september.

Linjekorsinventering

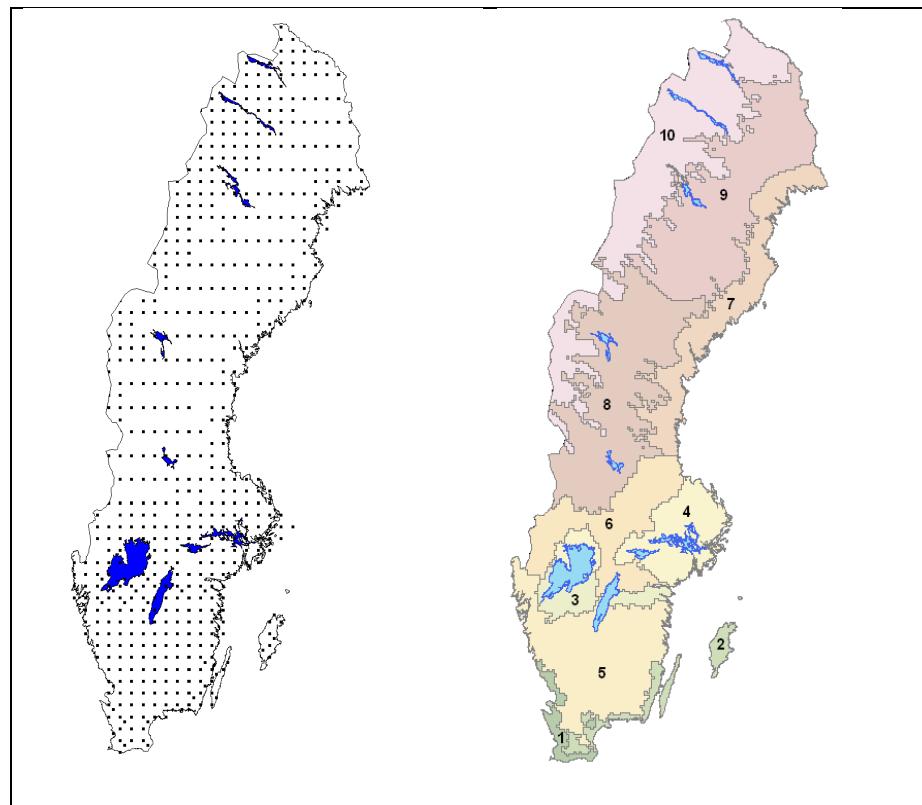
Linjekorsinventering genomförs för att få bra uppskattningar av längder och kvalitet på linjära landskapselement (som vägar, häckar och diken).

För mer information om programmet, se vår hemsida: <http://nils.slu.se/>



Figur 1. En NILS-ruta i de svenska fjällen med polygoner inritade. Dessa avgränsningar görs utifrån ett stort antal variabler och underliggande klasser. Fjällens marker är ofta

mycket mosaikartade, denna del är av typen småkullig moränterräng och är en formation från istiden.



Figur 2. Design i NILS, där 631 rutor finns med ett statistiskt utlägg och är fördelade på 10 strata, efter svenska landskapstyper.

Presentasjon av resultatene fra SatNat prosjektet vedrørende bruk av optiske satellittdata for klassifikasjon av fjellvegetasjon og måling av lavressurser

Leif Kastdalen, Høyskolen i Hedmark



Rapport SatNat Fjellkartlegging, del 3

Heldekkende kart fra sub-pikselbaserte referansedata

- Erfaringer fra utvikling i SatNat-programmet

Leif Kastdalen¹, Einar Lieng², Arne Hjeltnes³ og Gunnar Fjone⁴

¹Avdeling for skog- og utmarksfag, Høyskolen i Hedmark, 2480 Koppang. leif.kastdalen@hihm.no

²Geodatasenteret AS, 4808 Arendal. einar.lieng@geodatasenteret.no

³Institutt for økonomi og informatikk, Høyskolen i Telemark, 3800 Bø. arne.hjeltnes@hit.no

⁴Forest, Fjone, 3854 Nissedal. gunnar.fjone@forest.no

Målsetting

En av målsettingene i SatNat-programmet, et felles utviklingsprogram for Norsk Romsenter og Direktoratet for naturforvaltning, var å komme fram til robuste og nøyaktige metoder for å lage tematiske kart over vegetasjonstyper og kart som uttrykker lavmengder. Her beskrives en metode som ble utviklet for kartlegging i fjellområder gjennom et arbeid på Hardangervidda og i Setesdal/Ryfylkeheiene. For det tematiske kartet var målsettingen å oppnå en samlet nøyaktighet på 85% eller bedre med en inndeling i minst 20 klasser. For kart over lavmengder hadde vi ikke noe konkret nøyaktighetsmål. For produksjonen valgte vi en styrt tilnærming ved å etablere et sett med treningsdata, et sett med forklaringsvariabler og analysere dette i en matematisk modell¹. Dette valget ble gjort siden andre miljø i Norge jobbet med visuell kartlegging og ikke-styrt klassifikasjon, og siden tendensen internasjonalt går mot økende bruk av modellbaserte tilnæringer i kartlegginger med sensordata.

Klargjøring av analysedata

Vi presenterer her analyser gjort på bildedata fra Landsat5-satellitten kombinert med høydedata og data over bioklimatisk variasjon. Vi benyttet oppatak fra Landsat5 tatt 9.august 2003, 14.juni 2006 og 16.juli 2006 og georefererte disse til et 30 meters rutenett som vi etablerte i UTM32 WGS84 for hele Sør-Norge. Georefereringen ble basert på høyoppløselige fly- og satellittbilder der det var tilgjengelig. Statens Kartverks digitale 25 meters terrengmodell ble benyttet i georefereringen. Alle scenene ble belysningskorrigert etter c-korreksjonsmetoden^{2,3}. Kartverkets høydemodell ble resamplet til det samme 30 meters rutenettet og det ble avledet nye kart over helningsretning, stigning, varmeinnsstråling⁴ og akkumulert solinnstråling gjennom sommersesongen. Videre har vi laget kart over vegetasjonsgeografiske soner etter samme mønster som i Nasjonalatlas for Norge⁵, men produsert med en detaljeringsgrad tilpasset kartverkets høydemodell^{6,7}. Derved fikk vi frem et sonekart som følger de lokale topografiske forhold.

Vi avledet mange forklaringsvariabler fra bildedataene. Fra hver av de tre scenene beregnet vi 3 prinsipalkomponenter (PC) ut fra bånd 1-5 og 7. Vi klustret også de samme bånd i scenen fra 2003 til 180 klustre

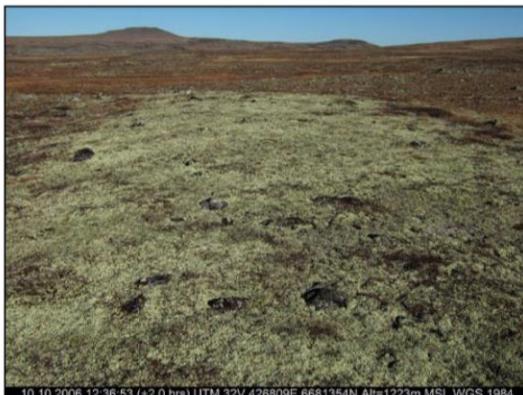
med k-means algoritmen i programmet PCI Geomatica. Videre beregnet vi normaliserte indeks med en rekke båndkombinasjoner etter samme formeloppsett som for den normaliserte vegetasjonsindeksen NDVI. Vi beregnet dette for kombinasjonene 21, 31, 32, 41, 42, 43 (NDVI), 47, 51, 52 (NDLI⁸/NDSI⁹), 53, 57. I tillegg beregnet vi SAVI¹⁰, en indeks med samme båndkombinasjoner som NDVI, men med en korreksjonsfaktor for effekten av jordsmonnets lyshet. Denne skal være bedre egnet enn NDVI under skriner vegetasjonsforhold. Vi beregnet også vegetasjonsindeksene MSAV12¹¹, en modifisert versjon av SAVI og ARVI¹², en vegetasjonsindeks som benytter data fra det blå båndet til å korrigere for atmosfærisk støy.

Teksturinformasjon fra bildedata har vist seg nyttig i klassifikasjoner av sensorbasert data¹³. For hele studieområdet avledd vi 9 teksturvariabler i 3 vindusstørrelser (5, 11 og 25 piksler) fra prinsipalkomponent 1 i opptaket fra august 2003. Teksturene er basert på andre ordens statistikk fra en gråtone "co-occurrence" matrise.

Nylig er det laget en trinnløs modell for å beskrive den bioklimatiske variasjon i Norge¹⁴. Denne modellen er en prinsipal komponentanalyse av 56 klimatiske, topografiske, hydrologiske, geologiske og orografiske variabler. Fra modellen er det laget et kartmessig punktnett på 2,5 km for hele landet. Dette punktnettet, som inneholdt både resultatet av analysen og inngangsvariablene, ble ved interpolasjon (spline metoden) glattet og tilpasset det samme 30 meters rutenettet som alle øvrige variabler. I tillegg til hovedproduktet av analysen, de to første PC-komponentene som uttrykte biogeografiske seksjoner og soner, interpolerte vi også flere av inngangsvariablene som var brukt.

Etablering av referansedata

For å fremstappe så gode trenings- og valideringsdata (referansedata) som mulig valgte vi en tredelt produksjonsprosess. Første ble det gjort feltregistreringer innen mindre områder (1-25 km²) der vi hadde fått gjort oppatak med Vexcel Ultra Cam digitalt flyfotokamera eller høyoppløselige satellittdata (IKONOS/Quickbird). Feltinformasjonen og visuell bildetolkning ble benyttet for å lage en meget detaljert klassifikasjon slik som beskrevet i artikkelen "Nye



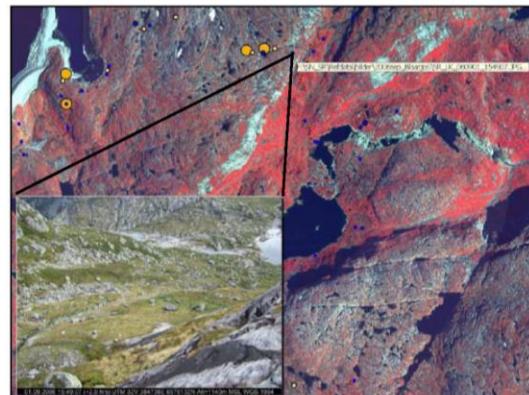
Figur 1. Eksempel på foto fra feltregistreringene. Tid og sted er etset inn i hvert bilde. Fotografiene brukes som støtte ved skjermdigitaliseringen.

muligheter for detaljert vegetasjonsklassifisering”.

For at disse detaljerte kartene skulle bli så gode som mulig ble det lagt stor vekt på innsamlingen av feltdata. Det ble utviklet en feltmetodikk basert på registrering av kompakte koder som inneholder både informasjon om dominansforhold (dekningsgrader) mellom 8 hovedgrupper av areaklasser, mellom plantegrupper og enkelte planterarter. Kodesettet gav også informasjon om fuktighets- og frodighetsnivå og trehøyder. I tillegg til feltkodene registrerte vi dekningen av lav i prosent og lavhøyden som et gjennomsnitt for 3 målinger der lavhøyden var mer enn 0,5 cm.

Disse opplysningsene ble knyttet til arealer som enten var registrert som punkt med GPS eller tegnet inn på flyfoto med brakt i felt. Inntegningen på flyfoto var meget fleksibel med tanke på å tilpasse arealstørrelsen etter forholdene. Det siste feltåret tok vi også i bruk PDA slik at feltkoder og registreringsområdet ble digitalisert direkte i felt. Avgrensningen av området feltkodene gjaldt for ble gjort med ortofoto som bildebakgrunn. Med digitalisering i felt var det raskt å ta i bruk feltinformasjonen når referansedata skulle etableres gjennom manuell klassifisering av segmentene områder. For et stort antall av feltregistreringene ble det også tatt digitale fotografi, både vertikalt mot bakken og som oversiktsbilde. Til fotografiene er det knyttet en kartkoordinat fra GPS-målingen, og denne stedsreferansen er sammen med dato og klokkeslett blitt etset inn i bildet (figur 1). Dette gir et bildenett som er egnet som støtte til å fastsette treningsdata, til validering og som også kan benyttes som bildedokumentasjon ved endringsstudier på et senere tidspunkt. Alle disse bildene kan hentes frem ved sin rette lokalisering med hyperlinker i et kartprogram (figur 2).

Fra de detaljerte kart vi har laget er det mulig i et geografisk informasjonssystem (GIS) å hente referansedata til analyser av bildedata der pikselopplosningen er 4-5 meter eller større. I denne artikkelen presenteres resultat der referansedata er hentet fra 16 detaljkartlagte områder på Hardangervidda og 17 i



Figur 2. Med GPS-informasjon knyttet til hvert foto kan bildene raskt hentes frem ved å klikke på lokaliseringspunktene i et GIS.

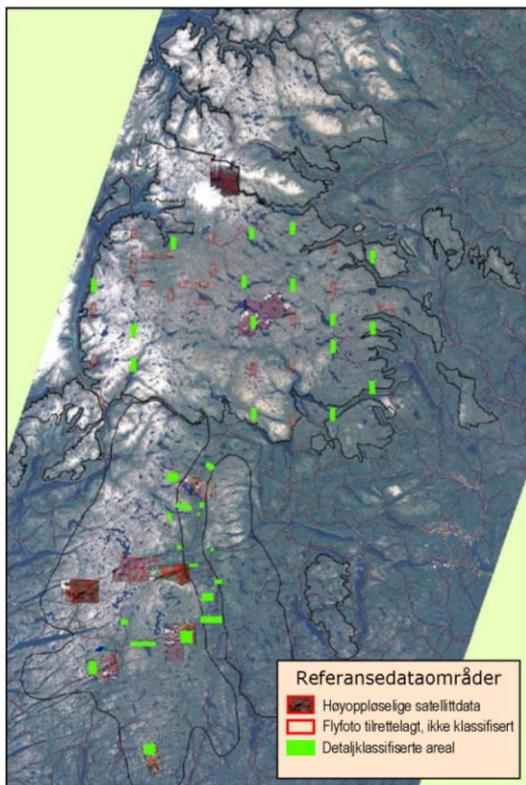
Setesdal/Ryfylkeheiene. Disse data er brukt som trening mot forklaringsvariabler hentet fra tre hovedkilder; den nasjonale høydemodellen til Statens kartverk, bioklimatiske data som uttrykker vegetasjonssoner og -seksjoner (oseanitet) og optiske satellittdata fra Landsat5-satellitten. Alle forklaringsvariabler er tilrettelagt for en rutestørrelse på 30 meter (pixelsestørrelsen i Landsat5).

For å få en god modell ved bruk av matematiske algoritmer, og dermed et godt kart, er kvaliteten på treningsdata svært viktig. Det betyr at treningsdataene må tilfredsstille følgende fire punkter. De må være 1) representative for kartleggingsområdet, 2) de må fange opp variasjonen som er innen de ulike klassene, 3) klassetypen må være relativ entydig definert og det bør 4) være så lite støy som mulig i dataene.

Det første punktet er et resultat av plasseringen av områdene for detaljkartleggingen. Disse områdene burde vært lagt ut tilfeldig, men det var det ikke mulig å få til. På Hardangervidda er plasseringen et kompromiss mellom en systematisk fordeling med en viss stratifisering mot lavrike områder og hva som lot seg fotografere med lavt innslag av skyer og slør. De detaljerte kartene i disse områdene er alle basert på klassifisering av digitale flyfoto (figur 3).

I Setesdal/Ryfylkeheiene ble det benyttet en kombinasjon av bildedata fra høyoppløselige satellitter og flyfoto fra Vexcel Ultra Cam kameraet. Her ble referanseområdene først basert på 6 områder med satellittdata lokalisert etter beste skjønn fra lokalkunnskap, og siden supplert med digitale flyfoto fra Geovestprosjekter (figur 3).

Det andre punktet har med innhenting av tilstrekkelig mange treningsdata til å fange opp variasjonen innen de ulike klassene. Vegetasjonsmosaikken på Hardangervidda og i Setesdal/Ryfylkeheiene er stor. Fra analysene med rutestørrelser på 30 x 30 m fant vi at for over halvparten av arealet (57%) var det ingen dominans av noen klasse. Dette gjaldt i begge områder. En slik finskala vegetasjonsmosaikk øker variasjonen og skaper vansker når arealer skal klassifiseres til



Figur 3. Langfjellaområdet med inntegnet referansedataområder fordelt på a) der detaljerte bildedata er fremskaffet, b) der feltarbeid er utført, men klassifikasjon ikke foretatt og c) områder som er detaljklassifisert.

et begrenset utvalg av tematiske klasser. For mange arealer vil det bety at i et 30 meters rutenett vil det ikke være mulig å fastsette en klasseetikett entydig.

Vårt valg av produksjonsmetode med treningsdata hentet via detaljerte karter gjort nettopp for å få data nok til å takle den store vegetasjonsmosaikken. For både å få så stort datamateriale som mulig og en så lik behandling som mulig av kartene for Hardangervidda og Setesdal/Ryfylkeheiene har vi slått sammen referansedataene fra disse to fjellområdene. Totalt utgjorde det henholdsvis 77 874 og 179 156 datapunkt.

For produksjon av lavkartet var det ikke så mye å hente på en slik sammenslåing. Innen de detaljkartlagte områdene i Setesdal/Ryfylkeheiene var det meget lite lav, kun en eneste 30 meters rute hadde lavdekningen på mer enn 50%. Derfor hentet vi referansedata over lavdekning bare fra Hardangervidda, og brukte disse som treningsgrunnlag til lavkartene for Setesdal/Ryfylkeheiene og Nordfjella. Dette er en svakhet, som bør rettes opp ved å supplere referansedataene med et par områder i Setesdal/Ryfylkeheiene der det er en del lav. Det bør også gjøres slike registreringer innen noen utvalgte områder i Nordfjella, slik at eventuelle lokale effekter blir fanget opp og valideringen blir mer korrekt.

Uten slike supplerende data er vi usikre på hvor godt vi har fanget opp den store gradienten fra Filefjell i nord til Ryfylke i syd med bare data fra Hardangervidda.

Utvelgelse av referansedata

Det tredje og fjerde punktet går på å få frem så kvalitativt gode treningsdata som mulig. For klassifikasjonen benyttet vi et kriteriesett der vi fjernet rene mosaikker og silte dataene for å ta vekk støy (outliners). Algoritmer som baserer seg på statistisk informasjon fungerer beste dersom antallet treningsdata i hver klasse ikke skiller seg for mye. Tilsvarende gjelder også for analyser med kontinuerlige variabler. Blir fordelingen av datapunkt for skjev gir det en systematisk feil i estimatene. Når referansedata hentes direkte fra detaljkartlagte områder vil fordelingen av datapunkt på vegetasjonsklasser eller langs en tetthetsgradient gjenspeile arealfordelingen i terrenget, og dermed gi skjeve fordelinger. For å kompensere for dette la vi inn utvalgskriterier som gav et mer balansert datasett.

Når det gjaldt dekningsprosenten av lav bestod treningsdataene av en sterkt overvekt av punkter med ingen eller liten andel av lav, og relativt få punkt (279 stk.) der lavandelen var mer enn 50%. Siden vi var usikre på hva som ville være den beste tilnærming i forhold til den skjeve fordelingen i antall datapunkt, testet vi to utvalgstilnærmingar. Først gjorde vi et utvalg der vi gjorde fordeling av datapunkt så lik som mulig. Dette gjorde vi ved å lage en gruppeinndeling etter arealandelen lav (0%, 0-10%, 10-20% osv.), og trekke ut et tilfeldig utvalg fra hver gruppe. I dette fordelingsoptimaliserte utvalget begrenset vi antall datapunkt i hver gruppe til ca 1 200. Det gav en fordeling med 1 200 datapunkt for de fem første arealgruppene og overkant av 700 og 200 datapunkt på de neste (gruppe 5 og 6). Kun 72 ruter hadde lavdekning på mer enn 60%. Med disse utvalgskriteriene utgjorde referansesettet 7 066 datapunkt.

Deretter valgte vi et utvalg som gav langt flere datapunkt, men begrenset utvalget til 12 000 i hver gruppe. Dette utvalget gav ca 12 000 punkt i de fire første gruppene og langt færre deretter, totalt 42 492 datapunkt. I tillegg trakk vi fra hver gruppe ut 25 tilfeldige punkt som ikke inngikk i treningsdataene, og som dermed kunne benyttes til å korrigere eventuelle underestimeringer i resultatet.

I produksjonen av det tematiske kartet valgte vi et annet kriteriesett:

1. Vi tok vekk ruter der snø eller terrengskygge utgjorde mer enn halvparten av arealet.
2. En vegetasjonstype skulle utgjøre minst 40 % av rutas areal og forskjellen til nest største klasse (arealmessig) skulle være mer enn 10 %.
3. Ruter med støy, dvs. at det var lite samsvar mellom klassekode og forklaringsvariabler ble fjernet. Som kriterium brukte vi scoreverdien fra en innledende analyse.



4. En klasse skulle ikke for noen av kartleggingsområdene dominere i materialet med mer enn 3 ganger antallet til den midterste klassen når klassene ble ordnet i rekkefølge etter antall datapunkt.
5. Dersom det var svært mange datapunkt for en klasse benyttet vi kun data for rutene som inneholdt et eller flere treningssegment fra den detaljerte kartleggingen. Dette økte også ytterligere kvaliteten på disse referansedataene.

Med disse reglene reduserte vi antall treningsdata for Hardangervidda og Setesdal/Ryfylkeheiene fra 257 030 til 58 951, dvs. at vi satt igjen med 23% av de opprinnelige dataene. Fortsatt var det en viss skjevhett i fordelingen, men den var nå langt mindre.

Modellvalg

Algoritme

Vi har i artikkelen som omhandler detaljert kartlegging beskrevet ulike algoritmer som er testet for klassifikasjon av sensordata. Tilsvarende gjelder for analysene på 30 meters data, og gjentas ikke her. Vi benyttet algoritmen Random Forest¹⁵ på både regresjonsanalysene over dekningsgraden av lav og klassifikasjonen til tematisk kart. Algoritmen er basert på beslutningstremetodikken, men benytter mange trær og velger klassesettihørighet etter en veiling av alle trærne. I utvelgelse av data til hvert tre benyttes et utplukk med tilbakelegging (eng. bagging). Det betyr at mange datapunkt blir benyttet flere ganger og noen aldri. Algoritmen holder kontroll på hvilke data som

Tabell 1. Analyseresultater for klassifikasjons- og regresjonsmodeller basert på algoritmen Random Forest. Analysene er foretatt med 1 – 7 egenskaper fra a) hver datakilde og ved b) kombinasjoner av kilder.

| Forklарingsvariable | Antall variable | Klassifikasjon | | Regresjon lavkart | |
|--|-----------------|---------------------|-------------------------|---|-------------|
| | | Treffprosent samlet | Treffprosent lavklassen | Forklарingsprosent (R^2) lavdekning | |
| a) Kilder enkeltvis | | | | | |
| Nasjonal høydemodell (1) | 3 | 47,8 | 49,7 | 35,3 | 28,7 |
| Vegetasjonssoner N50-tilpasset (2) | 1 | 19,4 | 45,0 | 21,3 | |
| Bioklimatiske data 2,5 km nivå (3) | 2 | 25,4 | 86,3 | 52,3 | 44,7 |
| Refleksjonsverdier fra 09aug03 (4) | 6 | | | | 54,6 |
| PC1-3 fra L5-14jun06 (5) | 3 | 44,9 | 72,7 | 57,9 | |
| PC1-3 fra L5-16Jul06 (6) | 3 | 47,1 | 69,9 | 52,8 | 40,1 |
| PC1-3 fra L5-09aug03 (7) | 3 | 47,5 | 78,9 | 62,9 | 51,1 |
| Vegetasjonsindeks ¹ fra L5-14jun06 (8) | 5 | 49,8 | 70,6 | 53,6 | |
| Vegetasjonsindeks ¹ fra L5-16Jul06 (9) | 5 | 53,8 | 76,9 | 61,6 | 46,2 |
| Vegetasjonsindeks ¹ fra L5-09aug03 (10) | 5 | 51,7 | 77,2 | 63,2 | 47,8 |
| Hyperklustering fra 6 bånd i L5-09aug03 (11) | 1 | 23,6 | 68,5 | 56,6 | 43,0 |
| Tekstur fra PC1 i L5-09aug03 (12) | 7 | 68,3 | 68,8 | 58,6 | 56,8 |
| b) Kombinasjoner av kilder (optimalisert) | | | | | |
| <u>Høyde- og satellittdata</u> | | | | | |
| 1,4,10,12 | 13/15 | 78,2 | 83,6 | 75,8 | 70,8 |
| 1,7,10,12 | 13/14 | 78,1 | 82,0 | 76,6 | 70,9 |
| 1,6,7,9,10,12 | 14/20 | 78,9 | 82,6 | 77,3 | 72,3 |
| <u>Høyde-, satellitt og bioklimatiske data</u> | | | | | |
| 1,3,4,10,12 | 15/17 | 82,6 | 86,3 | 79,9 | 76,4 |
| 1,3,7,10,12 | 15/16 | 82,2 | 84,8 | 79,2 | 75,6 |
| 1,3,6,7,9,10,12 | 16/22 | 83,0 | 85,4 | 79,5 | 75,7 |
| 1,3,4,10,12,lavkart ² | 16 | 83,5 | 94,6 | | |
| 1,3,7,10,12, lavkart ² | 16 | 83,4 | 93,9 | | |
| 1,3,6,7,9,10,12,lavkart ² | 16 | 84,1 | 94,4 | | |

¹ Vegetasjonsindeks etter samme formeloppsett som normalisert vegetasjonsindeks (NDVI) for båndkombinasjonene: 43 (NDVI), 52 (NDSI/NDLI), 53, 57, 47, 31, 42, samt SAVI (kun lavkartet).

² I klassifikasjonsmodellen inngår data fra lavkartet som en del av referansedatassettet.

aldri blir valgt ut og benytter disse til valideringen.

Denne metodikk har vist seg å ha mange fordeler, ikke minst gir algoritmen robuste resultat som ikke blir overtilpasset til treningsdataene, den takler godt at det er lite relevante variabler eller korrelerte variabler blant forklaringsvariablene og den er rask. Med denne algoritmen er det også mulig på få frem viktigheten av de ulike variabler og dermed kunne velge ut hvilke forklaringsvariabler som gir det beste resultat etter validering på uavhengige data.

Resultat

Bruke data fra en kilde

Ved bruk av optiske satellittdata har den vanligste analysemetoden vært å hente data fra en kilde enten ved å benytte kanalenes spektralverdier direkte eller som bearbeide produkter fra klustering, prinsipalkomponenter eller vegetasjonsindeks.

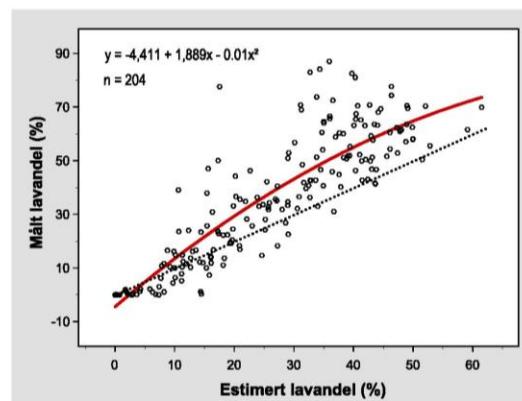
Vi har sett på hvilken nøyaktighet det var mulig å få dersom vi brukte data bare fra en av de tre tilgjengelige kildene. Høydedata alene gav som forventet en modell med liten nøyaktighet både i regresjon av lavdekning og klassifikasjon av vegetasjon (tabell 1a). De bioklimatiske variablene var derimot mer egnet, spesielt til kartlegging av lav. At disse to variablene alene skulle gi så høy nøyaktighet for lav er det vanskelig å forklare, spesielt med tanke på den romlige opplosning disse data hadde før interpolering til 30 m. Resultatet viser tydelig hvor styrt lavdekningen er av de bioklimatiske forhold.

Ser vi på bruken av bare satellittdata gav det bedre modeller, spesielt med forklaringsvariabler fra augustopptaket. For den samlede nøyaktighet i klassifikasjonen var faktisk teksturvariablene fra PC1 best. Teksturfiler er lite benyttet i klassifikasjon, men resultatene fra denne undersøkelsen viser tydelig at slike filter får fram informasjon som er egnet til å separere vegetasjonsklasser. I kartleggingen av lav var mønsteret noe ulikt mellom de to datasettene. Utvalget av data der vekten var lagt på jevn fordeling gav gjennomgående bedre modellresultat enn utvalget med større vekt på antall.

Kombinere data fra flere kilder

Vi testet så effekten av å kombinere data fra ulike kilder. I denne analysen startet vi med å teste mer enn 65 variabler. Etter en grovsortering satt vi igjen med et utvalg på 45 forklaringsvariabler fordelt på gruppene høydedata, bioklimatiske data, refleksjonsverdier fra 6 spektralbånd, prinsipalkomponenter, vegetasjonsindeks, hyperklustering av spektralverdier og teksturer avledet fra prinsipalkomponent 1 (PC1). De to siste er fra augustopptaket i 2003.

Ved å kombinere ulike datakilder ble modellene betraktelig forbedret med økning i både treffprosenter og forklaringsgrad på 10-15% (tabell 1b). Ved å inkludere de bioklimatiske variablene økte nøyaktighetene ytterligere med 3-6 %. Med



Figur 4. Forholdet mellom verdier estimert av lavmodellen og valideringsdata. Valderingsdataene er holdt utenfor i trening av modellen. P.g.a. skjevhets i materialet underestimerer modellen verdiene med økende lavtettet. Dette er korrigert i kartet ved bruk av regresjonsligningen. Den stiplede linja viser 1: 1 forholdet.

forklaringsvariabler avledd fra den nasjonale høydemodellen, fra Landsat5 satellitten og fra bioklimatiske data fikk vi modeller for lavdekning der forklaringsgraden (R^2) lå mellom 76 - 80%. Vi laget kart fra den beste modellen i hvert av datasettene. Kartene kontrollerte vi så visuelt mot høyoppløselige flyfoto andre steder enn der treningsdataene kom fra. Det viste da at modellen basert på kun 7 066 treningsdata skilte dårligere lav fra magre og steinrike areal enn modellen basert på et stort antall treningsdata.

Vi valgte derfor å legge modellen som var optimalisert med hensyn på mengden av treningsdata til grunn for det endelige lavkart. Denne modellen kontrollerte vi også mot det uavhengige datasett vi hadde trukket ut (figur 4). Forklарingsgraden var den samme som i "out of bag"-valideringen. Sammenlikningen viste at det var en økende underestimering av lavmengden når den beregnede lavdekningen økte, et resultat av den skjeve fordelingen. Underestimeringen viste en jevn trend og kunne dermed korrigeres ved en regresjonslikning. Best sammenheng mellom treningsdata og estimerte verdier ble oppnådd med en polygonfunksjon. Denne er dermed benyttet til å korrigere resultatet fra beslutningstremodellen. En slik korreksjon kan trolig unngås dersom treningsdatasættet for lav blir forbedret gjennom en bedre balanse i datasettet. Det vil innebære å supplere den detaljert klassifikasjonen med et eller to nye areal i lavdominerte områder på østre delen av Hardangervidda.

I produksjonen av det tematiske kartet inkluderte vi lavkartet som en av forklaringsvariablene. Dette gav en markert forbedring for lavklassen. Dette viser potensiælet av å lage egne heldekkende kart fokusert på enkelte vegetasjonssobjekt og så benytte disse videre i klassifikasjoner. Trolig vil det være mulig å lage tilsvarende kart for dekning av vier og gras.



Også for det tematiske kartet ble det oppnådd best resultat med å benytte båndene blått, rødt og nærinfrarødt direkte uten transformering av de seks relevante bånd (1-5,7) til PC-verdier. Multitemporære analyser der satellittoppaketet fra juni 2006 var inkludert gav ingen forbedring i resultatet, og med bruk av både juli og augustdata var forbedringen marginal. Dette kan skyldes støy i disse dataene ved at store arealer var dekket med snø i juni og juli.

I tillegg til arealklassene så beregner modellen en verdi for hver piksel som uttrykker sikkerheten i tildelingen av klasseeitikkett. Dette er ikke et direkte sannsynlighetstall, men gir et godt uttrykk for hvor i kartet klassifiseringen er usikker og hvor den er best. Dette "sikkerhets"-kartet vil være nyttig når kartet brukes i lokale forvaltningsavgjørelser, og kan med fordel presenteres i et mindre vindu ved plott av kartet.

Produksjon av kart

Landsat5-opptaket fra 9. august 2003 er et sammenhengende skyfritt opptak i en 185 km bred stripe fra Steinkjær til Jæren. Siden dette opptaket er tatt opp under samme omdrev kan de atmosfæriske forhold betraktes som like for hele dette området. Det gjør det mulig, med de treningsdata vi har, å lage et sammenhengende kart for fjellområdene fra vegen over Filefjell i nord til sørre delen av Setesdal/Ryfylkeheiene, et område vi har kalt Langfjella. I den videre bruk av kartene er det viktig å være klar over at for det tematiske kartet kommer treningsdataene kun fra Hardangervidda og Setesdal/Ryfylkeheiene, og for lavdekkekartet bare fra Hardangervidda. Nøyaktigheten til kartene er basert på et uavhengig datasett hentet fra treningsdataene. Det er viktig å merke seg at valideringen av kartene kun er gyldig i de fjellområdene der vi har fått laget detaljerte vegetasjonskart, dvs. i de fjellområder der vi har referansedata.

Tabell 2. Forvirringsmatrise for arealdekkekart SatNat Langfjella inndelt i 24 klasser. Matrisa viser tydelig hvilke klasser som identifiseres best og mellom hvilke forvirringen er størst. Forvirringen er markert med lys rosa farge der antall feilklassifiseringer utgjorde mer enn 5% av klasses totalen, og lys gul når feilnivået var mellom 2-5%.

| Kode | Klasse | 1 | 11 | 20 | 35 | 40 | 50 | 60 | 64 | 70 | 80 | 90 | 95 | 100 | 110 | 115 | 120 | 130 | 140 | 150 | 160 | 170 | 180 | 190 | 210 | Sum | Feil | %feil | |
|-------------|------------------------|------|-----|------|------|------|------|------|-----|------|-----|------|------|------|------|------|-----|------|-----|-----|------|-----|-----|-----|------|-------|--------------|-------|------|
| 1 | Furu | 2097 | 2 | 63 | 143 | 0 | 0 | 0 | 25 | 0 | 0 | 0 | 40 | 48 | 27 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 8 | 15 | 0 | 1 | 3 | 2473 | 376 | 15.2 | |
| 11 | Gran | 37 | 218 | 44 | 22 | 0 | 0 | 1 | 16 | 0 | 0 | 1 | 142 | 5 | 6 | 0 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 495 | 277 | 56.0 | |
| 20 | Boreal løvskog | 57 | 1 | 5713 | 178 | 0 | 3 | 27 | 1 | 26 | 3 | 0 | 4 | 12 | 36 | 24 | 0 | 0 | 0 | 6 | 13 | 1 | 0 | 0 | 3 | 6108 | 395 | 6.5 | |
| 35 | Skogsskygge | 178 | 17 | 165 | 1514 | 0 | 0 | 2 | 0 | 2 | 0 | 0 | 6 | 10 | 7 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 21 | 11 | 0 | 0 | 11 | 1946 | 432 | 22.2 | |
| 40 | Lav | 0 | 0 | 0 | 0 | 1247 | 67 | 1 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1318 | 71 | 5.4 | |
| 50 | Skrinn hei | 4 | 0 | 7 | 4 | 57 | 4469 | 233 | 1 | 67 | 7 | 133 | 0 | 1 | 79 | 11 | 14 | 57 | 12 | 5 | 206 | 0 | 0 | 1 | 5 | 5373 | 904 | 16.8 | |
| 60 | Frodig lyngmark | 5 | 0 | 33 | 4 | 0 | 119 | 6002 | 3 | 107 | 11 | 77 | 0 | 5 | 24 | 43 | 5 | 14 | 4 | 22 | 16 | 0 | 0 | 0 | 2 | 6496 | 494 | 7.6 | |
| 64 | Røsslyng | 115 | 7 | 31 | 5 | 0 | 1 | 42 | 165 | 19 | 0 | 3 | 4 | 8 | 47 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 5 | 0 | 0 | 2 | 455 | 290 | 63.7 | | |
| 70 | Kratt og busker | 0 | 1 | 31 | 2 | 3 | 67 | 218 | 2 | 3560 | 57 | 33 | 0 | 2 | 19 | 72 | 0 | 52 | 0 | 19 | 3 | 0 | 0 | 1 | 7 | 4149 | 589 | 14.2 | |
| 80 | Vier | 0 | 0 | 12 | 0 | 0 | 13 | 31 | 0 | 138 | 461 | 6 | 0 | 0 | 2 | 13 | 0 | 59 | 0 | 14 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 751 | 290 | 38.6 | |
| 90 | Finnskjegg | 7 | 0 | 4 | 2 | 3 | 239 | 219 | 2 | 43 | 0 | 3399 | 1 | 6 | 38 | 17 | 0 | 22 | 7 | 7 | 54 | 0 | 0 | 0 | 6 | 4076 | 677 | 16.6 | |
| 95 | Mager eng | 135 | 19 | 27 | 13 | 0 | 0 | 1 | 3 | 1 | 0 | 4 | 1324 | 76 | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 | 10 | 0 | 0 | 3 | 1630 | 306 | 18.8 | | |
| 100 | Frodig eng | 171 | 0 | 57 | 15 | 0 | 4 | 8 | 5 | 5 | 0 | 0 | 33 | 1142 | 13 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 53 | 0 | 0 | 0 | 1513 | 371 | 24.5 | |
| 110 | Bjørnskjegg | 73 | 1 | 82 | 17 | 0 | 115 | 128 | 21 | 34 | 0 | 33 | 9 | 17 | 1815 | 0 | 2 | 69 | 2 | 14 | 15 | 4 | 0 | 4 | 12 | 2467 | 652 | 26.4 | |
| 115 | Fuktig gras, myrgras | 0 | 0 | 16 | 1 | 9 | 51 | 61 | 0 | 95 | 13 | 11 | 0 | 0 | 0 | 1460 | 0 | 193 | 0 | 72 | 3 | 0 | 0 | 4 | 7 | 1996 | 536 | 26.9 | |
| 120 | Museøre-grassnøleie | 0 | 1 | 2 | 0 | 0 | 111 | 40 | 6 | 7 | 0 | 2 | 0 | 0 | 24 | 0 | 749 | 49 | 3 | 0 | 69 | 0 | 0 | 0 | 2 | 1065 | 316 | 29.7 | |
| 130 | Gras,starr,museøre våt | 4 | 0 | 4 | 2 | 0 | 172 | 53 | 0 | 75 | 21 | 24 | 0 | 1 | 128 | 149 | 15 | 2403 | 2 | 18 | 29 | 0 | 0 | 59 | 34 | 3193 | 790 | 24.7 | |
| 140 | Mose-mosesnøleie | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 73 | 12 | 0 | 0 | 0 | 17 | 0 | 0 | 1 | 2 | 1 | 8 | 195 | 0 | 0 | 103 | 0 | 0 | 0 | 10 | 423 | 228 | 53.9 |
| 150 | Mose våt-fuktig | 1 | 0 | 6 | 0 | 0 | 23 | 40 | 0 | 97 | 20 | 8 | 0 | 0 | 13 | 95 | 0 | 22 | 1 | 497 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 825 | 328 | 39.8 | |
| 160 | Vegetasjonslest | 37 | 0 | 19 | 52 | 2 | 110 | 21 | 0 | 1 | 1 | 38 | 4 | 4 | 9 | 9 | 32 | 12 | 30 | 0 | 5622 | 2 | 26 | 1 | 57 | 6089 | 467 | 7.7 | |
| 170 | Jord/humus/død veg. | 114 | 0 | 16 | 44 | 0 | 1 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 17 | 117 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 181 | 0 | 0 | 0 | 0 | 501 | 320 | 63.9 | |
| 180 | Snø | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 90 | 0 | 137 | 0 | 2 | 229 | 92 | 40.2 | | |
| 190 | Blautmyr | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 6 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 9 | 0 | 165 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 286 | 35 | 514 | 228 | 44.4 | |
| 210 | Vann | 24 | 1 | 6 | 14 | 0 | 9 | 1 | 1 | 4 | 0 | 6 | 6 | 0 | 2 | 2 | 3 | 65 | 3 | 0 | 110 | 1 | 2 | 10 | 4596 | 4866 | 270 | 5.5 | |
| SUM | | 3067 | 268 | 6339 | 2032 | 1321 | 5648 | 7142 | 253 | 4289 | 595 | 3795 | 1590 | 1455 | 2305 | 1909 | 823 | 3194 | 259 | 676 | 6376 | 284 | 165 | 367 | 4799 | 58951 | 9699 | 16.45 | |
| Antall feil | | 970 | 50 | 626 | 518 | 74 | 1179 | 1140 | 88 | 729 | 134 | 396 | 266 | 313 | 490 | 449 | 74 | 791 | 64 | 179 | 754 | 103 | 28 | 81 | 203 | 9699 | | | |
| % feil | | 32 | 19 | 10 | 25 | 6 | 21 | 16 | 35 | 17 | 23 | 0 | 17 | 22 | 21 | 24 | 9 | 25 | 25 | 26 | 12 | 36 | 17 | 22 | 4 | 16.5 | Khat: 0.8227 | | |

Nøyaktigheten på kartene er blitt meget god. På lavkartet er forklaringsgraden på 76% målt ved modellens treffprosenter på uavhengige data ("out of bag"-metoden). For det tematiske kartet med 24 klasser er samlet nøyaktighet 84% og for lavklassen hele 95% (tabell 2). Dette er et resultat tett opp til de ambisjoner vi hadde som målsetting, og viser at den metodiske tilnærmingen som ble valgt har fungert godt. Spesielt interessant er den store forbedringen som kom i det tematiske kartet for den lavdominerte klassen når lavkartet ble tatt med som en av forklaringsvariablene.

Av matrisen er det tydelig å se hvordan materialstørrelsen påvirker nøyaktigheten. For klasser med stor forvirring er forvekslingen vanligvis mot nærliggende klasser. For eksempel er forvirringen stor mellom klassen "Mose-mosesnøleie" og klassene "Vegetasjonsløst" og "Skrinn hei". Dette skjer som en følge av at disse tre klassene ofte inngår i en mosaikk slik at det mange steder er vanskelig å identifisere et areal til en av klassene.

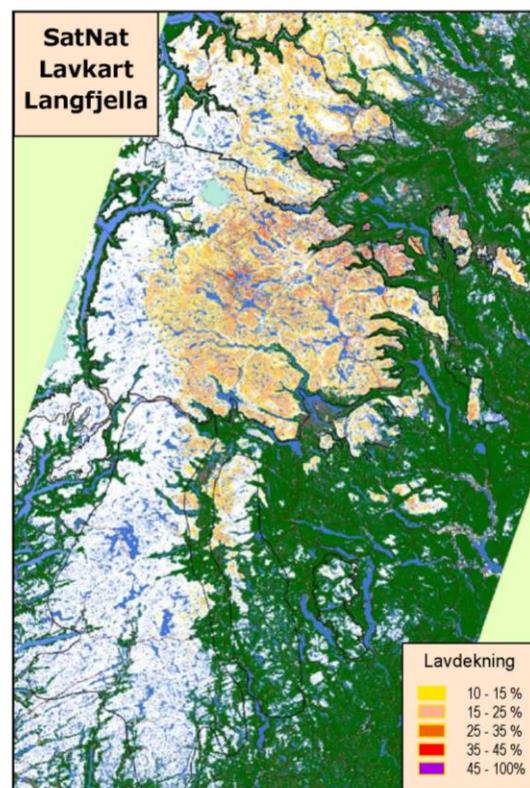
I de endelige kartene er N50-data og et kart vi laget over estimert tregrense benyttet i en etterkorrigering. Blant annet har vi omklasset skogskygger til den skogtype som dominerte rundt de enkelte skyggepixsler. Ved å ta vekk slagskygger fra treningsdataene førte det til at en del bratte og mørke fjellsider ble klassifisert til vann. Dette ble rettet opp i en postklassifisering ved hjelp av data fra høydemodellen.

Klassen "Jord, humus, død vegetasjon" er for det meste åkre med bar jord eller uten fotosynteseaktiv vegetasjon (mye høstet grasmark). Der denne er nær jordsareal i N50 har i omdefinert pikslene til Jordbruksmark.

Siden snødekte areal endres mye i løpet av sommersesongen og mellom år har vi istedenfor å bare basere snødekningen på en statistisk kartlegging av snødominerte pixsler i augustopptaket laget tre snøkart. Disse er laget for hver av Landsat5-scenen ved en terskling av den normaliserte snøindeksen NDSI (bånd 5 og 2)¹⁵. Selv om disse kart viser snøfordelingen ved bare tre tidspunkt (to på forsommeren 2006 og et på seinsommeren 2003) har de høy detaljeringsgrad sammenliknet med snøkart fra radar eller MODIS/MERIS satellittene. De vil derfor være egnet til å identifisere de areal der snøen blir liggende lenge og som dermed kan være viktige arealer for villrein.

Endringsstudier

Når matematiske modeller danner grunnlaget for produksjon av tematiske kart og mengderelaterte kart er det raskt å kjøre modellene på nye bildedata. Dette kan være bilder fra andre steder eller annet tidspunkt. Men før en etablert modell kan benyttes på slike data må disse normaliseres. Det vil si at det blir gjort en beregning for å fjerne den forskjell mellom bildene som først og fremst er forårsaket av endringer i de atmosfæriske forhold. I



Figur 5. Lavkart for Langfjellaområdet. Kartet dekker villreinområdene Nordfjella, Hardangervidda og Setesdal/Ryfylkeheiene, og er utarbeidet med referansedata fra kun Hardangervidda.

modellbaserte endringsundersøkelser blir kvaliteten på normaliseringen helt avgjørende for påliteligheten. Kvaliteten på normaliseringen bør derfor kunne verifiseres kvantitativt.

Atmosfæriske endringer skjer lineært innen hvert sensorbånd, men graden er forskjellig for hvert bånd (spektralrområde). For å korrigere dette relativt gjelder det å finne frem til pixsler der tilstanden ikke er endret mellom de aktuelle tidspunkt eller satse på at en regresjon med alle pixsler (unntatt skyer, vann og snø) vil domineres av pixsler uten endring. I dette utvalget benyttes så verdiene for stigningstallet og skjæringspunkt fra en lineær regresjon i hvert par av bånd til å normalisere scenetiden andre ellertilet felles radiometrisk nivå. Kvaliteten på en normalisering kan måles ved å se på verdiene for stigningstallene som fremkommer i de lineære regresjoner mellom hvert bånd med bruk av pikselverdier etter at en scene er korrigert. Stigningstallene for hvert bånd skal være så lik 1 som mulig. Avviket de fra 1 må prosedyren gjentas med strengere krav for å plukke ut pixsler som er minimalt endret.

Vi har benyttet "Ridge method"¹⁶ til å gjøre en relativ normalisering. Med denne metoden benyttes alle pixsler


Fjernanalyse til kartlegging og overvåking av fjellvegetasjon

etter fjerning av piksler med vann, snø og slør/skyer. Tanken er at de fleste piksler ikke har gjennomgått noen endringer og at disse vil dominere regresjonslinja.

Normaliseringen førte til at forskjellen i refleksjonsverdier mellom 1984 og 2003 scenen ble redusert fra 22% til 2%. Mellom scenene fra 1995 og 2003 ble forskjellen redusert fra 25% til 2%. Dette er kraftige forbedringer og viser at det var store atmosfæriske forskjeller for disse opptakstidspunkt.

Før en endelig endringsanalyse blir gjort vil vi teste ut en alternativ og trolig mer presis metode for relativ normalisering av ulike bildedata¹⁷. Dette er en metode som benytter prinsipalkomponenter for å finne frem til de piksler som er lite endret.

Kommentarer

Presisjonen i kartleggingen med den metodikk som her er beskrevet vurderes som meget høy selv for fjellområder der mosaikkgraden er stor. Metoden forutsetter tilgang til kartdata av den romlige detaljeringsgrad og klassifikasjonsnøyaktighet som er beskrevet i artikkelen "Nye muligheter for detaljert vegetasjonsklassifisering". Metoden kan brukes både til å lage tematiske kart og kart over kontinuerlige variabler. Etter etablering av referansedata fra slike kartprodukt følger metoden en standard prosedyre for styrte klassifikasjoner, men i stedet for å benytte noen av de mer vanlige algoritmer innen bildebehandling benyttes her en algoritme som er mer vanlig innenfor datamineringsfeltet. Det gir stor fleksibilitet til å optimalisere forklaringsvariablene (også kalt egenskaper) mot uavhengige data gjennom kryssvalideringer eller liknende metodikk, og det gir muligheter for å ta inn alle tenkelige variabler som kan fremstilles i det samme heldekkende rasteret som bildedataene. Siden klassifiseringen er basert på en matematisk algoritme er klassifiseringen objektiv og repeterbar.

Begrensningen i metodikken er tilgang på høykvalitets treningsdata, og for regresjonsanalyser tilgang på målte variabler. Benyttes dekningsandeler i en regresjon kan disse raskt avledes fra de samme referansedata som brukes i en klassifikasjon. En nøyaktig beregning over biomassen av lav kan trolig også bli gjort ved først å beregne lavbiomassen i de detaljerte bildene og deretter benytte dette til å hente ut referansedata til et biomassekart. Dette er ennå ikke gjort. Det ligger flere mulighet for å forbedre metodikken, ikke minst når det gjelder å identifisere områder for å hente referansedata og øke forståelsen for hvilke forklaringsvariabler som er optimale på tvers av bildeoppdrag og sensor typer. Metodikken vil være spesielt aktuell dersom det samtidig etableres et rutebasert overvåkingssystem med rutestørrelse 1-25 km² der vegetasjonen kartlegges etter den detaljerte metoden beskrevet i artikkelen "Nye muligheter for detaljert vegetasjonsklassifisering". Da vil referansedata raskt kunne hentes fra overvåkingsrutene og produksjon av heldekkende kart og oppdateringer av disse kan nærmest skje helt automatisert.

Litteratur

1. Homer, C., C. Huang, L. Yang, B. Wylie & M. Coan. 2004. Development of a 2001 National Land-Cover Database for the United States. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing 70 (7): 829-840.
2. Teillet, P.M., B. Guindon & D.G. Goodenough. 1982. On the Slope-Aspect Correction of Multispectral Scanner Data. Can. J. Remote Sensing, 8(2): 84 - 106.
3. Meyer, P., Kiltten, T. Kellenberger, S. Sandmeier & R. Sandmeier. 1993. Radiometric corrections of topographically induced effects on Landsat TM data in an alpine environment. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing. 48(4): 17-28.
4. Parker, K. C. 1998. Environmental relationships and vegetation associates of Columnar Cacti in the northern Sonoran desert (Arizona, USA). Vegetatio, 78(3):125-140.
5. Moen, A. 1998. Nasjonalatlas for Norge: Vegetasjon. Statens kartverk, Hønefoss
6. Lieng, E. 2002. Vegetasjonssoner – teknisk notat. Statens kartverk, Aust-Agder. 6 s. (upublisert notat).
7. Lieng, E og J. Rustand. 2000. Vegetasjonssoner. Økt detaljering gjennom GIS-analyser. Rapport fra Statens kartverk. Miljøenheten
8. Nordberg, Mai-Liz. 1998. Vegetation and Biomass Changes in Mountainous Areas in Sweden using Satellite and Airborne Imaging Scanner Data. In: Proc. 27th International Symposium on Remote Sensing of Environment, Tromsø, 431-435.
9. Dozier, J. 1989. Spectral signature of alpine snow cover from the Landsat Thematic Mapper. Remote Sensing of Environment, 28: 9-22.
10. Huete, A. R. 1988. A Soil-Adjusted Vegetation Index (SAVI). Remote Sensing of Environment 25: 295-309.
11. Qi, J., A. Chehbouni, A.R. Huete & Y.H. Kerr. 1994. Modified Soil Adjusted Vegetation Index (MSAVI). Remote Sensing of Environment 48: 119-126.
12. Kaufman, Y. J. & D. Tanre. 1992. Atmospherically resistant vegetation index (ARVI) for EOS-MODIS, In: Proc. IEEE Int. Geosci. and Remote Sensing Symp. '92, IEEE, New York, pp. 261-270.
13. Berberoglu, S., P.J. Curran, C.D. Loyd, P.M. Atkinson. 2007. Texture classification of Mediterranean land cover. *Int. J. of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 9: 322-334
14. Bakkestuen, V., L. Erikstad & R.H. Økland. 2008. Stepless models for regional biogeoclimatic variation in Norway. *J. of Biogeography* 35: I trykk.
15. Breiman, L. 2001. Random Forest. *Machine Learning*, 45: 5-32.
16. Song, C., C.E.Woodcock, K.C.Seto, M.P.Lenny & S.A. Macomber. 2001. Classification and Change Detection Using Landsat TM Data: When and How to Correct Atmospheric Effects? *Remote Sensing of Environment* 75: 230-244.
17. Paolini, L., F. Grings, J.A. Sobrino, J.C. Jiménez Munoz & H. Karszenbaum. 2006. Radiometric correction effects in Landsat multi-data/multi-sensor change detection. *Int. J. of Remote Sensing*, 27 (4): 685-704.

Renbruksplaner och Realtids- GPS halsband – värdefulla verktyg i svenska samebyar

Per Sandström, Svenska Lantbruksuniversitetet, Umeå

Per Sandström
Institutionen för skoglig resurshushållning
Fjärranalysavdelningen, SLU, Umeå
per.sandstrom@srh.slu.se
+46-90-786 86 53

Vad är en Renbruksplan och vad ska den göra?

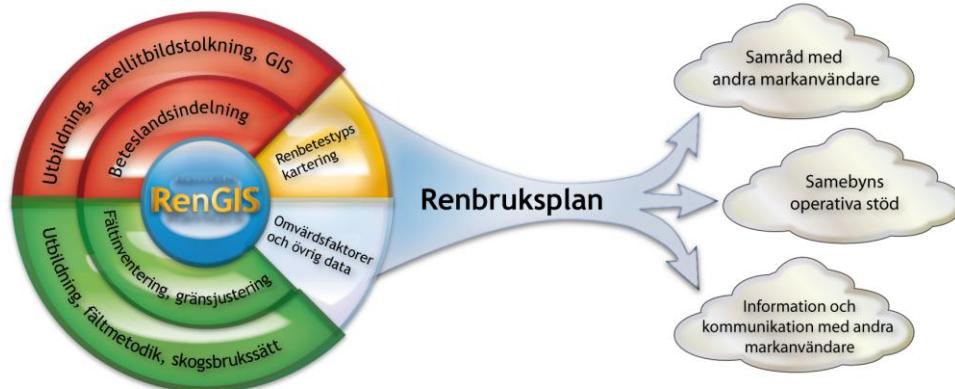
Renskötsel är en unik areell näring som bedrivs på nästan 50 % av Sveriges yta, uppdelad på 51 samebyar. Marken inom renskötselområdet samutnyttjas med övriga markanvändare, exempelvis skogsbruk. Dialogen mellan ren- och skognäring har ofta präglats av olika uppfattningar om vilka behov respektive näring har och vilken påverkan näringarna har på varandra. De delade uppfattningarna är till stor del baserade på okunskap om varandras verksamheter. För att minska negativ påverkan mellan näringarna krävs en ömsesidig anpassning av respektive verksamhet till den andra näringens krav. För att en fungerande anpassning ska ske krävs ökad kunskap om varandras aktiviteter och behov.

Framtagandet av underlag för brukandet av markerna, för informationsutbyte vid de lokala samråden, är en av de viktigaste åtgärderna. Skogsbruket har under lång tid utnyttjat skogsbruksplanen som instrument för dokumentation, analys och planering. Skogsbruksplanen är både en tillståndsbeskrivning och ett åtgärdsförslag som utgår från ett långsiktigt hushållningsperspektiv. Samebyarna har länge efterfrågat ett liknande arbetsverktyg för att underlätta planeringen av den egna verksamheten, för anpassningen till andra markanvändare och för hänsyn till den omgivande miljö. I dialog med samebyarna har idéer om framställandet av Renbruksplaner vuxit fram, och under 2000 påbörjades detta arbete i Malå och Vilhelmina Norra sameby tillsammans med Skogsstyrelsen och SLU. Visionen var att en Renbruksplan ska fungerar som ett planeringsunderlag för samebyn, på samma sätt som skogsbruksplaner används inom skogsbruket. Målet är att en Renbruksplan ska förbättra underlaget för operativ renskötsel, förbättra underlaget för samrådsdiskussioner med övriga markanvändare och producera information som kan kombineras med andra markanvändares databaser.

Hur tar man fram en Renbruksplan?

Arbetssättet med en Renbruksplan skiljer sig från traditionell ”renbetesinventering” genom att man utgår från de renskötande samernas kunskap om tillgängliga betesområden. Med satellitbilder som bakgrund karteras lokal information av den lokala experten för samtliga renskötselårets åtta årstider. Den lokala informationen för varje område fogas samman och skalas upp till att omfatta hela samebyn. Detta ger ett noggrannare resultat med avseende på rennäringens förutsättningar och behov. Den specifika karteringen av viktiga områden med tillhörande fältinventering kompletteras med information från existerande vegetations- och renbetestypskarteringar samt kartläggning av konkurrerande markanvändaraktiviteter. All

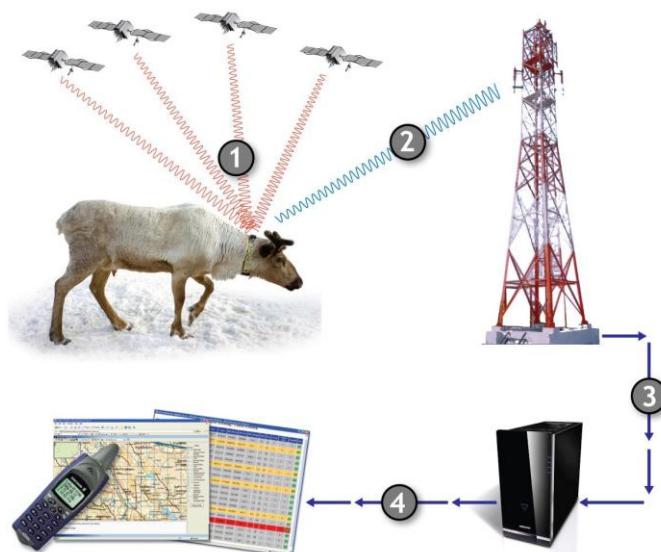
information ställs samman i ett för ändamålet skräddarsytt ”RenGIS” vilket är verktyget för Renbruksplanens användande.



Figur 1. Arbetsförfarande och metoder i framställandet av en Renbruksplan.

Realtids-GPS på ren

Som en vidareutveckling av arbetet med att ta fram Renbruksplaner inleddes Vilhelmina Norra sameby och SLU ett projekt där renar förseddes med GPS/GSM-halsband för realtidsvisning av renars positioner. Genom en GSM-modul i halsbandet skickas detaljerad information om var renarna befinner sig till en dataserver och renarnas positioner visas i realtid på webbaserade kartor. Målen med detta projekt var dels att utveckla mer kostnadseffektiva GPS-halsband, dels att undersöka vilka direkt operativa fördelar denna teknik har inom renskötseln. Vidare var målen att förbättra kunskapen om renars betesutnyttjande under respektive säsong i förhållande till skogstillstånd, skogsskötselåtgärder, marklavsförekomst och viktiga identifierade betesområden i samebys Renbruksplan.



Figur 2. Beskrivning av hur systemet för GPS-positionering, kommunikation och realtidsvisning av renarnas positioner fungerar med vårt standardinställda positioneringsschema med 14 positioner per dygn

som exempel: **1.** Renen positioneras var annan timme med hjälp av halsbandets GPS enhet. **2.** Positionerna lagras i halsbandet och när 7 positioner samlats in skickas dessa som ett SMS via GSM nätet. **3.** Positionerna skickas till en webbserver på SLU i Umeå. **4.** Positionerna visas på webbaserade kartor i realtid och kan på begäran erhållas som koordinater i mobiltelefonen.

Under 2005 sattes de första GPS-halsbanden i ut i Vilhelmina Norra sameby där hittills 120 renar burit halsband. Sedan våren 2008 bär 40 renar i Vilhelmina Norra sameby och 80 renar i Malå sameby de nyutvecklade och mer kostnadseffektiva halsbanden. Vi har nu samlats in över 300 000 positioner från renar. Inom ramen för arbetet med Renbruksplaner har ytterligare 5 samebyar sökt och beviljats medel för inköp av GPS-halsband.

Hur har verktygen fungerat?

Renbruksplaner har etablerat sig som ett användbart verktyg för att sammanställa, överblicka och planera markanvändningen för en sameby och fungerar som viktigt stöd i dialogen med andra markanvändare. Renbruksplaner har färdigställts för sex samebyar och arbete pågår i ytterligare åtta samebyar. Vi har pågående och färdigställda karteringar av viktiga betesmarker på 120 000 km². Mer än 100 renskötare har genomgått utbildningar i satellitbildstolkning, GIS och fältmetodik. Renbruksplaner har använts i samråd med skogbolag, gruvbolag, vindkraftverksutbyggnad, torvbrytning, planering av skoterleder, utbyggnad av turist och renskötselanläggningar. Vidare används RBP av Skogsstyrelsen som stöd vid rådgivning, handläggning och uppföljning av avverkningsärenden, samt uppföljning av de upprättade, mätbara skogliga sektorsmålen.

Användandet av realtids-GPS systemet har visat sig vara ett mycket värdefullt stöd i praktisk renskötsel. Renskötarens arbetsdag inleds numera med en webbaserad överblick av renarnas nattliga förflyttningar och baserat på den informationen planeras arbetsdagen. Som en följd av vårt arbete finns nu en ny generation halsband tillgänglig, anpassad enligt rensköternas krav och till ett pris ca 5 gånger lägre än vid projektets början. Ny information om renars habitatutnyttjande byggs kontinuerligt upp och användandet av realtids-GPS är nu ett viktigt komplement till arbetet med Renbruksplaner.

För rennäringens framtid spelar relationen till skogsbruket och andra markanvändare en viktig roll. Renbruksplan har etablerat sig som ett användbart verktyg för att sammanställa, överblicka och planera markanvändningen för en sameby och fungerar som viktigt stöd i dialogen med andra markanvändare. De insamlade GPS-positionerna ger oss kunskap som ytterligare förstärker informationsinnehållet i RBP och dess värde i markanvändardialogen. Ökad kunskap om hur renens val av betesområden påverkas av olika skogsbruksåtgärder och skogstillstånd leder till ett mer hållbart resursutnyttjande och en förbättrad dialog mellan ren- och skogsnäring och andra markanvändare. Ytterligare 11 samebyar ansöker nu om att påbörja sitt arbete med Renbruksplaner och realtids-GPS.

Finansiering

För 2005-2010 genom anvisade medel till Skogsstyrelsen i Regeringsbudgeten och i form av Bygdemedel från Länsstyrelser och Sameting. För 2004-2005 av Rymdstyrelsen, Jordbruksverket, Statens Fastighetsverk, Sveaskog AB, Holmen Skog AB, Stora Enso AB och SCA AB.

Endringsanalyser basert på fjernmålinger – erfaringer fra SatNat prosjektet *Rune Ødegård, Høgskolen i Gjøvik*

1. Presentasjon om endringsanalyser i kulturlandskapet, et prosjekt knyttet til DN, retta mot endring av kulturlandskap og biologisk mangfold.

Målet er å få til robuste metoder, kan gjentas med 3- 5 års intervaller.

Uavhengig av bestemte sensorer eller satellitter

Ønsker ikke å knytte seg til en bestemt klassifikasjon

Mest mulig kostnadseffektivt

Har brukt Landsat 5 og 7, Spot 5 og IRS til del 1, Spot og Quikbird til del 2

Er det hensiktsmessig å bruke satellittdata for å identifisere endringer i kulturlandskapet?

Risiko å knytte til bestemte sensorer og satellitter. Heller ikke knyttet endringsanalysene til bestemte klassifikasjoner.

Satellittdata har et stort potensiale, men det kreves at det settes inn i rett sammenheng. Utfordring å håndtere de store tallmengdene.

Hele produksjonsapparatet for norske kart er tuna inn mot flyfoto.

Konklusjon:

For å detektere gjengroing trenger man høyoppløselige bilder.

NDIV kan brukes til endringsdeteksjon

2. Overvåking, kartlegging, kartteknologi

Metodiske valg

1. Kartleggingsprosjekt

Det bygges geodatabaser. Med en slik base, kan en legge direkte kobling til web. Stor jobb å bygge slike systemer.

Hvilke elementer skal kartlegges? Hvilke spesifikke krav skal settes? Hva er godt nok for formålet?

2. Hierarkisk overvåkingsmodell

Hierarkisk: Systematisk innsamling av data i ulik skala – for eksempel 4 nivåer.

3. Utvikling av et produkt basert på flere plattformer

Bruke eller tilpasse et eksisterende produkt – for eksempel MODIS

Romlig oppløsning typisk 15 meter – 1 km.

Diskusjonspunkter:

Repeterbarhet romlig og langs tidsaksen

- går an å få til, en kan alltid komme ut i felt, og digitale bilder finnes

Nøyaktighet / oppløsning

- er mye en vurdering av hva en trenger, hva er nødvendig for å løse problemet?

Utviklingsmuligheter

- Problemet med å lage et overvåkingssystem, er at en låser seg litt. Hvis du er kommet inn på et feilspor, har du tapt lite grann. Gjøre det skikkelig fra starten av, bruke det som er tilgjengelig av data i Norge.

Kostnad

- uhyggelig vanskelig å vurdere for framtida hva dette vil koste. Satellittdata er vanskelig å forutse, det dreier seg også om politikk.

Satellittfjernmåling av snødekning og snøens egenskaper

Rune Solberg, Norsk Regnesentral

Snøprodukter utviklet på Norsk Regnesentral

Snødekning i høyfjellet vil en gjerne vite noe om. Halvparten av nedbøren i fjellet kommer som snø. Norsk Regnesentral kom inn i bildet på slutten av åttitallet, utviklet snøsystem i slutten av 90-årene.

Snøfuktighet

Ser på snøtemperatur og optisk kornstørrelse

Snøkartjeneste, prototype som begynner å bli operativ

Leveres operasjonelt av Ksat

Nær samtidsservice, der en kan få nye kart hver dag.

Snøkartene kan en få tilgjengelig.

Pris kan forhandles

Statkraft putter en god del penger i dette.

The EuroCryoClim vision - overvåkingsprosjekt

Samarbeid mellom Norsk Regnesentral, Meteorologisk institutt, NVE og Polarinstituttet

Norsk bidrag til Geosamarbeidet

Globalt overvåkingssystem – webtjeneste

Snøtjeneste med gratis produkter, ligger noe inn i framtiden

rune.solberg@nr.no

<http://earthobs.nr.no>

ISSN: 1891-5330

Norsk Villreinsenter Nord: NO-2661 Hjerkinn | +47 95 05 47 55 | E-post: post.nord@villrein.no
Norsk Villreinsenter Sør: NO-3660 Rjukan | Telefon: +47 35 08 05 80 | E-post: post.sor@villrein.no
Stiftelsen Norsk Villreinsenter: NO-7485 Trondheim | Telefon: +47 48 10 10 48

Org.nr: NO 990 697 809 MVA