

Overvåking av vegetasjonsslitasje etter ferdsel på Svalbard.

Metodeutvikling og registrering av vegetasjonsendringer i fokuslokalitetene London og Platåfjellet mellom 2009 og 2014.

Dagmar Hagen
Lars Erikstad
Vegar Bakkestuen



NINAs publikasjoner

NINA Rapport

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

NINA Temahefte

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

NINA Fakta

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

Annen publisering

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

Overvåking av vegetasjonsslitasje etter ferdsel på Svalbard.

Metodeutvikling og registrering av vegetasjonsendringer i fokuslokalitetene London og Platåfjellet mellom 2009 og 2014.

Dagmar Hagen
Lars Erikstad
Vegar Bakkestuen

Hagen, D., Erikstad, L. & Bakkestuen, V. 2015. Overvåking av vegetasjonsslitasje etter ferdsel på Svalbard. Metodeutvikling og registrering av vegetasjonsendringer i fokuslokalitetene London og Platåfjellet mellom 2009 og 2014. - NINA Rapport 1152. 34 s.

Trondheim/Oslo, april 2015

ISSN: 1504-3312

ISBN: 978-82-426-2776-6

RETTIGHETSHAVER

© Norsk institutt for naturforskning

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

TILGJENGELIGHET

Åpen

PUBLISERINGSTYPE

Digitalt dokument (pdf)

KVALITETSSIKRET AV

Per Arild Aarrestad

ANSVARLIG SIGNATUR

Forskningssjef Signe Nybø (sign.)

OPPDRAAGSGIVER(E)/BIDRAGSYTER(E)

Norsk Polarinstitutt

KONTAKTPERSON(ER) HOS OPPDRAGSGIVER/BIDRAGSYTER

John Richard Hansen

FORSIDEBILDE

Cruiseturister på land i overvåkingslokaliteten London. Foto: Vegar Bakkestuen.

NØKKEWORD

Ferdsel, flybilder, IR-bilder, overvåking, slitasje, Svalbard, turisme, vegetasjon, vegetasjonsanalyser

KEY WORDS

Aerial-photo, disturbance, human traffic, IR-picture, monitoring, Svalbard, tourism, vegetation, vegetation analyses

KONTAKTOPPLYSNINGER

NINA hovedkontor

Postboks 5685 Sluppen
7485 Trondheim
Telefon: 73 80 14 00

NINA Oslo

Gaustadalléen 21
0349 Oslo
Telefon: 73 80 14 00

NINA Tromsø

Framsenteret
9296 Tromsø
Telefon: 77 75 04 00

NINA Lillehammer

Fakkeltgården
2624 Lillehammer
Telefon: 73 80 14 00

www.nina.no

Sammendrag

Hagen, D., Erikstad, L. & Bakkestuen, V. 2015. Overvåking av vegetasjonsslitasje etter ferdsel på Svalbard. Metodeutvikling og registrering av vegetasjonsendringer i fokuslokalitetene London og Platåfjellet mellom 2009 og 2014. - NINA Rapport 1152. 34 s.

Forvaltningsmyndighetene har ønsket å etablere overvåking av vegetasjonsslitasje på Svalbard med bakgrunn i økt ferdsel på øygruppen. Ferdsel er en lokal påvirkningsfaktor som lokale forvaltningsmyndigheter og brukere kan gjøre noe med. Overvåking av slitasje som følge av ferdsel er tett koblet til forvaltningens behov for kunnskap og gjennomføring av konkrete forvaltningstiltak. Noe av formålet med overvåking av ferdselseffekter er å vurdere behovet for tiltak dersom utviklingen går i "feil retning". Det er etablert fokuslokaliteter med bakkeovervåking, på ilandstigningssteder for kyst-cruiseturisme (fire lokaliteter i 2009 og to i 2010). To av lokalitetene ble gjenanalysert i 2014. Denne rapporten beskriver endring over tid, samt metodeutvikling for å tolke sammenhenger mellom billedata og tradisjonelle vegetasjonsdata i de to lokalitetene. På hver lokalitet er det lagt ut transekter med fastmerka ruter (0,5 x 0,5 m²). Transektene krysser hovedferdselsretningene på lokaliteten og er basert på kunnskap om bruk og tilstand. I alle fastrutene er det registrert vegetasjons- og miljødata, slitasjeomfang og artslistor for karplanter. Alle fastrutene er fotografert både i vanlig RGB-format og i IR-format, noe som gir grunnlag for å beregne NDVI-indeks for enkeltruter.

I lokalitet London er det ingen klare endringstrender mellom 2009 og 2014, men det er store forskjeller mellom enkeltruter. Det er tilbakegang for lav i to av transektene som muligens kan knyttes til økt ferdsel, mens det ikke er økt slitasje i de transektene som var mest slitt i 2009. Det er dokumentert en sammenheng mellom vegetasjonsdekning og NDVI (fra IR-bilder), men ruter med samme % total vegetasjonsdekning har stor variasjon i NDVI slik at NDVI-indeksen er lite egnet til å fange opp tidlig slitasje. Sammenligning av NDVI mellom de to tidspunktene i London viser ingen klar utviklingstrend for vegetasjonsdekke, selv om det har vært en betydelig økning i registrert ferdsel i lokaliteten mellom 2009 og 2014. I lokalitet Platåfjellet går endringene i vegetasjonsdekning i litt ulike retninger. Det fuktigste transektet viser en økning i total vegetasjonsdekke som skyldes økt forekomst av moser i 2014. Begge transektene viser økning i slitasje mellom 2009 og 2014, men det er stor forskjell mellom enkeltruter og den moderate slitasjonen som øker mest. Sammenligning i NDVI mellom de to tidspunktene viser stort sett ingen endringer, med unntak av to ruter som har økning i NDVI. Her er det også registrert økt mosedekning. Menneskelig ferdsel i lokaliteten har trolig økt fra 2009 til 2014. Flere gjentak på flere av fokuslokalitetene er nødvendig for å få pålitelig kunnskap om sammenhenger mellom stress og slitasje på vegetasjonen.

Det er utfordrende å tolke endringer i vegetasjon etter ferdselspåvirkning. Det er vanskelig å skille effekter av dagens bruk fra tidligere tiders bruk, vanskelig å tolke om slitasje skyldes folk eller dyr, det er store forskjell mellom lokaliteter både i naturtyper og bruk og det er vanskelig å definere *middels slitt* vegetasjon, noe som begrenser muligheten for å oppdage tidlige effekter av ferdselsslitasje på natur. En forenklet registrering med bruk av foto (både RGB og Infrarødt) i mange lokaliteter forutsetter at man kan dokumentere en bedre sammenheng mellom bakke-data og foto enn det som finnes i dag. Det er flere mulige veger videre for slitasjeovervåkingen avhengig av målsetting og ambisjonsnivå. Det kan bli et motsetningsforhold mellom å skaffe «raske» forvaltningsrelevante data og det å skaffe robuste data med god overføringsverdi. For å få gode data om sensitiv vegetasjon og påvise tidlige endringer, er det nødvendig med mer detaljerte feltregistreringer og videre utviklingsarbeid for kalibreringer til NDVI. En annen strategi kan være å etablere en forenklet, systematisk forvaltningsrettet innsamlingsprosedyre (scoping) av påvirkning, sensitiv vegetasjon og synlige effekter.

Dagmar Hagen (dagmar.hagen@nina.no), Norsk institutt for naturforskning (NINA), Postboks 5685 Sluppen, 7485 Trondheim. Lars Erikstad (lars.erikstad@nina.no) og Vegar Bakkestuen (vegar.bakkestuen@nina.no): Norsk institutt for naturforskning (NINA), Gaustadalléen 21, 0349 Oslo.

Abstract

Hagen, D., Erikstad, L. & Bakkestuen, V. 2015. Monitoring vegetation changes from human trampling in visitor sites at Svalbard. Developing methods and monitoring changes in London and Platåfjellet between 2009 and 2014. – NINA Report 1152. 34 pp.

The management authorities wanted to establish a monitoring program at Svalbard on vegetation and effects from human trampling on Svalbard, based on the increased number of visitors at the archipelago. Trampling is a local type of pressure and local authorities and users have an influence on both level and management actions. The monitoring of effects from trampling must be closely linked to management authorities need for knowledge and the implementation of management action. One of the objectives when doing this type of monitoring is detection of “early warning” to address needed management actions. Four focus ground sites of monitoring have been established, partly on landing sites for coast-cruise tourism (four sites in 2009 and two in 2010). Two sites were resampled in 2014. We report changes in vegetation over time, and assess how pictures and traditional vegetation data can be linked in the two sites. In each site there is transects with permanent plots (0,5 x 0,5 m²). These transects are oriented to cross the main direction of tourist-movements in the sites, based on known use and present conditions. We have recorded data on vegetation, environment, tearing and recorded vascular plant species in all permanent plots, and taken pictures (both RGB- and IR-format) and from that calculated NDVI-index value for single plots.

In site London there is now trend in vegetation changes during 2009-2014, however large differences between single plots. There is a decline in lichen cover in two transects, that possibly can be related to trampling, but it was no increase of tearing in the most degraded transect. There is a relation between total vegetation cover and NDVI (from Infrared images), but plots with same cover have large range in NDVI so the index is not well qualified to uncover early effects. Comparing NDVI of vegetation cover between 2009 and 2014 shows no clear trend. The number of visitors shows clear increase in this site between 2009 and 2014. In the site Platåfjellet the changes in vegetation is a bit diverging. The most transect has a total increase in total vegetation cover, due to higher bryophyte cover in 2014. There is some increase in degradation between 2009 and 2014, but large differences between plots and the increase is moderate. Comparing NDVI between the two years show minimal changes, with the exception of two plots that also has an increase in bryophytes. Most likely the number of visitors in the site has increased between 2009 and 2014. The monitoring must be repeated more than two times to get reliable and sufficient data to elaborate the connection between pressure and effects on the vegetation cover.

For a number of reasons it can be really challenging to interpret the observed effects on vegetation in visitor sites: it is hard to divide present use from historic activity in the sites; it is hard to separate human and animal trampling effects; the landing sites varies a lot in land use history, nature conditions and present use; it is hard to identify “moderate” degradation in a unique way and consequently also to detect early warning. To use only photo as an easy way to monitor in a high number of sites, the relationship between vegetation data on ground and photo must be improved. There are alternative ways forward for the monitoring, depending on objectives and ambitions. It might be a tradeoff between sampling “quick” data for pure management purposes and sampling of more detailed data with higher level of accuracy, more general relevance and with wider impact to other sites. More detailed data in the field and further exploration of NDVI are needed to detect early warning signals. An alternative strategy can be to do a general scooping of pressure, sensitive vegetation units and visible signs of disturbance.

Dagmar Hagen (dagmar.hagen@nina.no): Norwegian Institute for Nature Research (NINA), Postboks 5685 Sluppen, NO-7485 Trondheim, Norway. Lars Erikstad (lars.erikstad@nina.no) og Vegar Bakkestuen (vegar.bakkestuen@nina.no): Norwegian Institute for Nature Research (NINA), Gaustadalléen 21, NO-0349 Oslo, Norway.

Innhold

Sammendrag	3
Abstract	4
Innhold	5
Forord	6
1 Innledning.....	7
1.1 Behov for overvåking av ferdselsslitasje på Svalbard.....	7
1.2 Ferdsel og sårbarhet.....	7
1.3 Vegetasjon og slitasje.....	9
1.4 Slitasjeovervåking må være relevant og gjennomførbar.....	10
2 Problemstilling og mål	12
3 Studieområder og metodikk.....	13
3.1 Utvalg av fokuslokaliteter.....	13
3.2 Etablering av transekter og fastruter i fokuslokalitetene	14
3.3 Tolkning og sammenligning mellom ulike bildedata.....	16
3.4 Statistiske analyser.....	17
4 Resultater	18
4.1 London, Blomstrandøya i Kongsfjorden	18
4.1.1 Vegetasjonsendring i fastrutene basert på vegetasjonsanalyser.....	18
4.1.2 Vegetasjonsendring basert på fotoanalyse	22
4.1.3 Status og utvikling for ferdsel i lokaliteten	23
4.2 Platåfjellet, Longyearbyen	23
4.2.1 Vegetasjonsendring i fastrutene basert på vegetasjonsanalyser.....	24
4.2.2 Vegetasjonsendring basert på fotoanalyse	28
4.2.3 Status og utvikling for ferdsel i lokaliteten	28
5 Diskusjon.....	30
5.1 Slitasjenivå og vegetasjonsendring i overvåkingslokalitetene	30
5.2 Er det pålitelige sammenhenger mellom foto og feltdata?	30
5.3 Slitasjeovervåking i framtidig forvaltning	31
5.4 Konklusjon	32
6 Referanser	34

Forord

Norsk institutt for naturforskning (NINA) fikk i 2009 i oppdrag fra Norsk Polarinstitutt å etablere lokaliteter for bakkeovervåking av vegetasjonsslitasje i ferdselslokaliteter på Svalbard, samt utvikle metoder for kalibrering av bakke- og flybilde- og satellittdata med tanke på å utføre ekstensiv overvåking av et større antall lokaliteter på sikt. Det ble etablert fire lokaliteter i 2009 og to lokaliteter i 2010. Denne rapporten inneholder gjenanalyser fra 2014 av to av lokalitetene fra 2009, samt vurdering av metoden for bruk i framtidig overvåking.

Kriterier for utvalg av overvåkingslokaliteter ble gjort på bakgrunn av erfaringer med prosjektet «Miljøeffekter av ferdsel» (finansiert av Svalbards miljøvernfond) som hadde generert kunnskap om turistnæringen sin bruk av enkeltlokaliteter. I tillegg hadde vi gode faglige diskusjoner med kolleger og andre med kunnskap om Svalbards vegetasjon, deriblant Per Arild Aarrestad, Hans Tømmervik, Inger G. Alsos og Elisabeth Cooper. Vi hadde god dialog med Harald Faste Aas hos Norsk Polarinstitutt ved valg av lokaliteter for flybilde- og satellittdokumentasjon i 2009/10.

Prosjektleder hos NINA har vært Dagmar Hagen som sammen med Lars Erikstad hadde ansvar for etablering av feltlokalitetene i 2009/10 og rapportering. I 2014 hadde Vegar Bakkestuen ansvar for gjenanalyse av feltet i London, mens Dagmar Hagen hadde ansvar for gjenanalyse av feltet i Longyearbyen. Vi takker Linde van Betz og Maarten Loonen (Universitetet i Groningen), Svein Solli og Ramsey Nasr for god feltassistanse. Kontaktperson hos oppdragsgiver har vært John Richard Hansen.

Trondheim, april 2015

Dagmar Hagen
Prosjektleder

1 Innledning

1.1 Behov for overvåking av ferdselsslitasje på Svalbard

Forvaltningsmyndighetene signaliserte i 2008 at det burde settes i gang overvåking av vegetasjonsslitasje på Svalbard. Dette har sin bakgrunn i økt ferdsel på øygruppen og at Riksrevisjonen sin rapport om forvaltningen av Svalbard understreket at kunnskapsnivået om vegetasjon og effekter på vegetasjon fra ulike påvirkningsfaktorer var svært dårlig (Riksrevisjonen 2006-2007). I 2009 ble det derfor etablert to overvåkingsprosjekter for vegetasjon under det nasjonale overvåkingsprogrammet «Miljøovervåking Svalbard og Jan Mayen (MOSJ)» (<http://mosj.npolar.no/>). Det ene omfattet overvåking av *ferdselsslitasje* og det andre overvåking av *markvegetasjon* etter modell fra det nasjonale overvåkingsprogrammet TOV (terrestrisk naturovervåking) på fastlandet (Aarrestad m.fl. 2010), med fokus på registreringer av vegetasjonsendringer knyttet til klimaendringer.

Ferdse er en lokal påvirkningsfaktor og en faktor som lokale forvaltningsmyndigheter og brukere kan gjøre noe med. Overvåking av vegetasjonsslitasje som følge av ferdsel er dermed svært tett koblet til forvaltningens behov for kunnskap og gjennomføring av konkrete forvaltningstiltak. Denne koblingen er mye tettere ved overvåking av effekter fra lokale påvirkningsparametere sammenliknet med overvåking av effekter av regionale eller globale påvirkningsfaktorer, der det må mer overordnede tiltak til for å få til endringer.

For å begrense og forebygge negative effekter av ferdsel på vegetasjon er det nødvendig med dokumentasjon av tilstand og systematisk overvåking. Over tid må gode overvåkingsdata være i stand til å skille mellom naturlig variasjon (naturlige svingninger) og effekter av menneskeskapt påvirkning (her; ferdsel). God overvåking vil gjøre forvaltningen i stand til å sette i verk tiltak før uønsket utvikling har kommet for langt, og dermed forhindre uopprettelig skade. Noe av formålet med overvåking av ferdselseffekter er å vurdere behovet for tiltak dersom utviklingen går i "feil retning". Dette er tiltak som forvaltningsmyndighetene på stedet kan sette i verk innenfor rammen av politiske mål, juridiske virkemidler og faktakunnskap om påvirkningen.

1.2 Ferdsel og sårbarhet

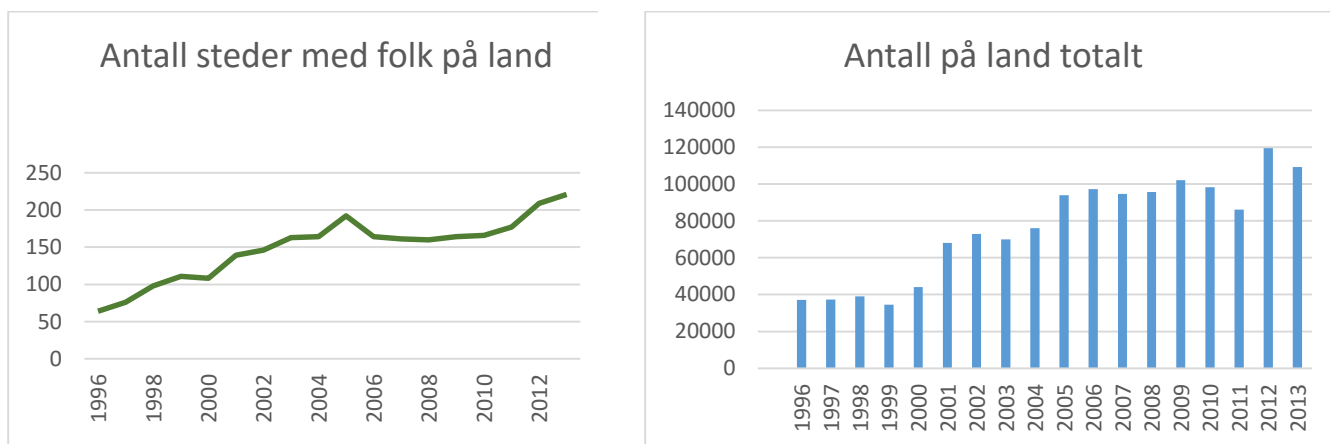
Ferdse på Svalbard

Ferdse på Svalbard kan knyttes til tre «brukergrupper»; turisme og annen næring, lokalbefolkningens aktivitet og forskningsaktivitet. Det er egenskaper ved selve ferdselen som avgjør om den får en effekt på vegetasjon, uavhengig av hvem som ferdes. Faktorer som variasjon i tid og rom (for eksempel, tidspunkt på året eller hvordan ferdselen fordeler seg i landskapet) og intensitet (for eksempel, antall besøkende) er avgjørende for hvilke effekter som oppstår.

Lokalbefolkningen står for en ukjent andel av ferdselen på Svalbard. De har ikke meldeplikt for ferdsel, med mindre turen går til et verneområde og utgjør dermed en ukjent påvirkningsfaktor i forhold til enkeltlokaliteter. Avsidesliggende og vanskelig tilgjengelige lokaliteter krever tilgang på robust båt og kunnskap om å ferdes under spesielle forhold, så det kan antas at lokalbefolkningen utgjør en begrenset bruk. *Forskningsaktivitet* genererer en god del ferdsel, gjerne knyttet til spesielle lokaliteter, ofte med gjentakende eller langvarige opphold. Denne aktiviteten har tradisjonelt vært vanskelig å kvantifisere, men i dag blir de aller fleste forskningsprosjekter på Svalbard registrert via Svalbard Science Forum (<http://www.ssf.npolar.no/>). Tilreisende forskere har også meldeplikt ved ferdsel utenfor område 10. Disse dataene kan brukes til å sammenstille ferdselsdata for forskning.

Den eneste av brukergruppene som det per i dag finnes ferdsels-statistikk på, er *turisme*. Turoperatørene har meldeplikt for turer utenfor forvaltningsområde 10 (deler av Isfjorden), og alle båter rapporterer inn til Sysselmannen om hvor mange personer som går i land på hver lokalitet

de besøker. Turismen på Svalbard har en mer enn 100 år gammel historie. De første turistene var gjerne med som gjester eller deltakere på vitenskapelige ekspedisjoner, og etterhvert mer moderne turisme, slik vi kjenner den i dag, mer vanlig (Arlov 1996). Den moderne turistindustrien på Svalbard startet på slutten av 1980-tallet, og fra 1990 har turismen vært en politisk ønsket næringsaktivitet (St. meld. nr. 50 (1990-91)). Turismen har vokst raskt, spesielt det siste tiåret. Et turistbesøk på Svalbard er nesten ensbetydende å benytte seg av en eller flere organiserte aktiviteter (90 % av gjestene, kilde: Sysselmannen på Svalbard). Mye av aktiviteten foregår i nærmiljøet til Longyearbyen, men også 3-7 dagers (eller lengre) båtturer, eller kombinerte båt- og fotturer er typiske sommeraktiviteter. Antallet ilandstigningslokaliteter på Svalbard har økt fra 64 i 1996 til 221 i 2013 (Sysselmannen på Svalbard 2008). I samme periode er antall personer på land økt fra 37 000 til 109 000. Den kraftigste økningen skjedde fram til 2004, og etter den tid har økningen stabilisert seg (**Figur 1.1**). For mer omfattende beskrivelse av turisme på Svalbard vises til Vistad m.fl. (2008). Kunnskap om ferdsel og turisme er et nyttig bakteppe for å forstå utfordringene med overvåking av vegetasjonsslitasje.



Figur 1.1. Antall ilandstigningslokaliteter (til venstre) og antall personer på land (til høyre) rapportert inn til Sysselmannen av turistnæringa i perioden 1996-2013. Kilde: Sysselmannen på Svalbard 2014.

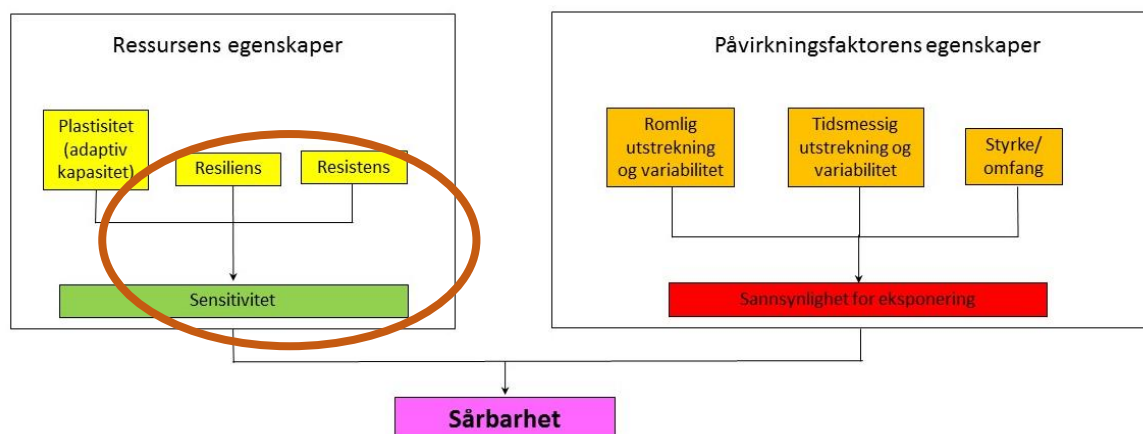
Overvåking av lokal ferdsel kan lett kobles til direkte forvaltningstiltak. Utvalget av overvåkingslokaliteter må vurderes ut fra forvaltningens behov for kunnskap, samtidig som faglige krav til innsamling og bearbeiding av data oppfylles. Etablering av et overvåkingsprogram blir dermed et samspill mellom forvaltning og faglige vurderinger.

Sensitiv og sårbar vegetasjon

Ulike områder, vegetasjonstyper og landskapsformer har ulik sensitivitet for påvirkning. Sensitivitet kan vurderes ulikt avhengig av hvilken påvirkningsfaktor det er snakk om. Her omtaler vi kun sensitivitet og sårbarhet i forhold til ferdsel til fots. Ulike vegetasjonstyper reagerer ulikt på mekanisk påvirkning, og *slitestyrken* (resistens, **Figur 1.2**) beskriver i hvor stor grad vegetasjonstypen tåler påvirkning uten å bli ødelagt. Slitestyrken avhenger av fysiske forhold som jordstruktur, vanninnhold, terrengoverflate og av hvilke arter og plantesamfunn som vokser på stedet. *Robusthet* (resiliens) (**Figur 1.2**) beskriver hvor stor evne vegetasjonsdekket har til å reparere seg selv gjennom regenerering eller gjenvekst etter påvirkning. Evnen til gjenvekst varierer avhengig av faktorer som jordforhold, mikro- (og makro-) klima, vanntilgang, artssammensetning og grad av slitasje. Områder med kombinasjon av dårlig slitestyrke og svak gjenvekst er svært sensitive for ferdsel, som for eksempel våt vegetasjon i hellende terreng eller tørr rabbevegetasjon på grovt substrat. I arktiske områder har de fleste vegetasjonstypene dårlig gjenvekst og mange typer har i tillegg dårlig slitestyrke. Dette gjør arktisk vegetasjon spesielt sensitiv i forhold til ferdsel og mekanisk påvirkning. I følge modellen (**Figur 1.2**) blir et sensitivt vegetasjonsdekke først sårbart dersom det utsettes for en påvirkning. Sannsynligheten for slitasje henger dermed

tett sammen med styrke/omfang og variabilitet av påvirkningen (her; ferdsel) i tid og rom (Hagen m.fl. 2014a).

Overvåkingsdata om ferdselsslitasje har hovedfokus på ressursens (her; vegetasjonsdekkets) sensitivitet. Men utvalg av overvåkingslokaliteter og bruk av vegetasjonsdata i praktisk forvaltning henger tett sammen med påvirkningsfaktorens egenskaper (ferdselen) og derfor har kunnskap om bruk og ferdsel også fått en del fokus i prosjektet.



Figur 1.2. Sårbarheten framkommer av egenskapene til en ressurs (her; vegetasjonsdekke) og spesifikke påvirkningsfaktorer. Adaptiv kapasitet, robusthet (resiliens) og slitestyrke (resistens) er sentrale begreper som samlet uttrykker sensitiviteten til ressursen. Egenskapene til påvirkningsfaktorene kan samlet sett uttrykkes som eksponeringen, dvs. risikoen for at det oppstår en effekt. Eksponeringen og ressursens sensitivitet gir sårbarheten til ressursen for den gitte påvirkningen. Overvåking av ferdselsslitasje fokuserer på å fange opp og måle sensitiviteten til vegetasjonsdekket. Figur fra Hagen m.fl. (2014).

For utvalg og vurdering av sårbarhetsnivå i overvåkingslokalitetene har vi brukt «Modell for sårbarhetsvurdering av ilandstigningslokaliteter på Svalbard» (Hagen m.fl. 2012, 2014b). For vegetasjon er modellen basert på kartlegging og stedfesting av definerte sensitive enheter innenfor lokalitetene. De sensitive enhetene er basert på terminologien og systemet for *Naturtyper i Norge (NiN)* (Halvorsen m.fl. 2009), nå kalt *Natur i Norge* (<http://www.artsdatabanken.no/NaturiNorge>). Sensitiviteten til naturtypene varierer langs økologiske gradienter og egenskaper og er en nyttig innfallsvinkel for å systematisere sensitivitet. Gradientene helning (HE), kornstørrelse (KO) og vannmetning (VM) er av generell betydning for sensitiviteten i mange naturtyper. Selve sårbarhetsberegningen er en kobling mellom forekomst av sensitive enheter i forhold til areal og plassering, slik at enheter som er i konflikt med bruken (ferdselen) i lokaliteten vektet høyere enn enheter som ligger i utkanten (se detaljer i Hagen m.fl. 2014b).

1.3 Vegetasjon og slitasje

Ferdsel kan føre til målbare effekter på arter, vegetasjon og terreng. For detaljert gjennomgang av parametere og målbare effekter på vegetasjon vises til Vistad m.fl. (2008). Kort oppsummert kan vi si at effekter på arter og populasjoner kan være spesielt kritiske dersom enkeltforekomster av sjeldne arter blir ødelagt, men også andre og slitasjesvake arter kan bli påvirket av ferdsel. Effekter på plantesamfunn og vegetasjon vil være redusert plantedekke, mer naken grus, eller skifte i mengdefordeling mellom arter ettersom noen arter tåler tråkk bedre enn andre. Vegetasjonsdekket bidrar til å stabilisere terrengoverflaten og jordsmonnet, og når vegetasjonsdekket blir ødelagt vil også bindingen i jorda forsvinne. Naken jord gir endret jordtemperatur, og tykkelsen på det aktive laget kan bli påvirket ved ferdsel og gi økt erosjonsfare. Moderate forstyrrelser vil også utløse svakt økt næringsomsetning som kan fremme nitrofile arter, primært grasarter. I

tillegg til disse effektene vil slitasje som følge av ferdsel ha en estetisk effekt som kan framstå som svært uheldig ut fra nasjonale miljømål (<http://fylker.miljostatus.no/Svalbard/>), samtidig som slitasjen bidrar til en negativ opplevelse for besøkende og fastboende.

Slitasjeovervåkingen som er etablert på Svalbard, retter seg mot målbare effekter på plantesamfunn og vegetasjon, men metodikken vil også avdekke effekter på enkeltarter og estetiske effekter. I et forvaltningsperspektiv er det nyttig å gradere skadeomfang. Ved *moderat slitasje* kan det oppstå en synlig skade i form av ødelagte planteskudd eller sammenpresset vegetasjon eller toppmasser. Dette kan på sikt føre til forandringer i artssammensetning, ved at arter som tåler tråkk vil bli mer dominerende. Moderat slitasje kan utvikles til kraftig slitasje dersom påvirkningen opprettholdes eller tiltar over tid. Dersom vegetasjonsovervåkingen klarer å avdekke moderat slitasje, kan det gjennomføres tiltak som hindrer at slitasjen utvikler seg videre. Ved *kraftig slitasje* er skaden så stor at det har gått hull på vegetasjonsdekket, slik at mineraljorda (sand og stein) under blottlegges. Overflata blir ustabil og det kan oppstå erosjon, noe som gir dårlig grunnlag for naturlig gjenvekst av planter. Terrenghslitasje er ofte lett å se (estetisk effekt), men likevel vanskelig å måle og kvantifisere omfang og endring over tid på en objektiv måte (se **kapittel 1.4**).

1.4 Slitasjeovervåking må være relevant og gjennomførbar

Overvåking av ferdselsslitasje på vegetasjon er en tilstandsindikator i MOSJ. Denne indikatoren er relevant å se i sammenheng med de eksisterende påvirkningsindikatorene *cruiseturisme* og *individuell reisende* i MOSJ. Her inngår parameterne *antall besøkende til meldepliktig område*, *antall ilandstigningssteder* og *antall personer i land fra cruiseskip*. Relevante data om bruk av lokalitetene styrker verdien av slitasjedata og gjør det mulig å diskutere årsaker og sammenhenger på en bedre måte. Overvåking av vegetasjonsslitasje bør foregå i samspill med utvikling av forbedrede ferdselsparametere i MOSJ. Det var også lagt inn som en forutsetning i denne overvåkingen av det skulle velges lokaliteter som er attraktive for ferdsel fra kystcruise-turisme (se kriterier for utvalg av lokaliteter i **kapittel 3**).

Ferdselsslitasje kan måles på ulike skalanivå – fra detaljstudier av enkeltarter opp til grovere studier på landskapsnivå. Generelt for all overvåking gjelder at den både skal oppfylle krav om *relevans* (være i stand til å fange opp viktige endringer) og metodisk *gjennomførbarhet* (være objektiv, enkel, ikke for arbeidskrevende). Overvåking må utføres slik at en kan skille mellom det som er naturlig variasjon (naturlige svingninger) og effekter knyttet til menneskeskapt påvirkning (her; ferdsel). Overvåkingen av lokal påvirkning er svært tett koblet til lokale forvaltningstiltak (se **kapittel 1**). Målbare endringer kan utløse konkrete forvaltningstiltak som kan påvirke videre overvåking, som for eksempel ferdselsrestriksjoner. Det er dermed mye «kortere avstand» mellom overvåkingsdata og konkrete forvaltningstiltak for denne typen overvåking enn det er ved overvåking av klimaeffekter eller andre globale påvirkningsfaktorer.

Det er en del helt konkrete og spesielle metodiske utfordringer knyttet til slitasjeovervåking, og som har betydning for om data som samles er relevante:

- Kulturhistorien i lokalitetene: En stor andel av kystcruise-lokalitetene har attraksjoner knyttet til tidligere tiders bruk. De aller fleste lokalitetene med høye besøkstall har dermed vegetasjon som fortsatt er påvirket av tidligere aktivitet som pelsfangst, gruvedrift eller kvalfangst. Den bruken som foregår i dag, kan dermed stedvis betraktes som «vedlikehold» av disse gamle sporene fra den gang. Flere lokaliteter er i en gjenvekstfase etter svært hard bruk, som for eksempel Smeerenburg eller Bjørnhamna. Det er en stor utfordring å måle effekter av dagens ferdsel i disse lokalitetene på en relevant måte.
- Det kan være vanskelig å tolke hva som er årsak til målt vegetasjonsslitasje. Slitasje kan komme fra både folk og dyr. Noen lokaliteter opplever kraftig økning av gåsebestanden, som helt klart påvirker vegetasjonsdekket, som for eksempel i London. Noen lokaliteter

er naturlig vegetasjonssløse eller har rabber med naturlig, spredt vegetasjon. Slike naturlige vegetasjonssløse områder kan være vanskelig å skille fra bar jord skapt av slitasje. Samspill mellom disse ulike faktorene har betydning for tolking av målt effekt og kan være forvaltningsmessig utfordrende.

- Både ferdsel og vegetasjonsforhold varierer mye mellom lokalitetene. For å fange opp en del av denne variasjonen, er det nødvendig å samle data fra et mangfold av lokaliteter. Likevel kan det være at variasjonen er så stor at en lokaliteten i praksis bare representerer «seg selv» og har liten overføringsverdi. Det trengs data fra svært mange lokaliteter for å fastslå representativitet.
- Det er avgjørende at feltregistreringene er gjennomførbare (økonomisk, logistisk) uten at det går ut over den faglige kvaliteten. I praksis betyr dette at feltregistreringene fra en lokalitet ideelt sett bør kunne gjøres innen en til to dager, primært med base på en båt, dersom det ikke er bosetting i nærheten.
- Det finnes ingen god og etablert metode for overvåking av vegetasjonsslitasje etter ferdsel. Vi bruker de erfaringene som finnes, men overvåking av slitasje krever metodeutvikling. Det har vist seg spesielt vanskelig å definere «middels slitt» vegetasjon i slike studier. Samtidig vet vi at en kvantitativ gradering av slitasjeeffekter er viktig for å fange opp tidlige signaler, og er dermed svært relevant for iverksetting av forebyggende tiltak og stoppe videre negativ utvikling.
- Dersom de målte endringene utløser konkrete forvaltningstiltak, vil overvåkingen i disse lokalitetene gå over fra å være en overvåking av ferdselseffekter til å bli overvåking av «effekter av tiltak». Dette kan ha betydning for overvåkingsprogrammet og behov for nye lokaliteter som kan fange opp mangfoldet av effekter.
- Dersom det kan etableres en sammenheng mellom bakkefoto og ulike typer foto (RGB/bakkefoto, infrarøde bilder, flyfoto), kan det være mulig å følge utviklingen i mange lokaliteter basert på oppfølging av bakkefoto i et begrenset antall lokaliteter. En slik kobling forutsetter at sammenhengen mellom bakkefoto og bilder er entydig og klar.

2 Problemstilling og mål

Formålet med prosjektet var todelt: å utvikle overvåkingsmetoder for ferdselsslitasje, samt å etablere fokuslokaliteter for bakkeregistreringer av vegetasjonsendringer. Etter planen skulle det etableres åtte fokuslokaliteter med bakkeovervåking der noen av lokalitetene skulle være i bruk som ilandstigningssteder for kyst-cruiseturisme. Parallelt med dette skulle det gjøres et utviklingsarbeid for å kunne bruke data fra lokalitetene som kalibrering ved framtidig overvåking fra flybilder i et stort antall lokaliteter. Det ble lagt ut fire lokaliteter i 2009 og to i 2010 (se **kapittel 3** og **Figur 3.1**). De seks lokalitetene er inkludert i NPI's flybildefotografering på Svalbard som inkluderer høyoppløselig fotografering av lokalitetene.

Det har oppstått en del endrede forutsetninger i løpet av prosjektperioden som påvirker målet og grunnlaget for konklusjonene. Det er til nå etablert seks av planlagte åtte lokaliteter. Denne rapporten omfatter første gjenanalyse i 2014 av to av lokalitetene som ble etablert i 2009 (London og Platåfjellet). Det ble ikke tatt nye flyfoto i 2014. Det er imidlertid tatt IR-foto og RGB-foto av overvåkingsruter både i 2009 og 2014, slik at det er mulig å vurdere kobling mellom bakke- og fotodata. De fire øvrige etablerte lokalitetene er foreløpig ikke gjenanalysert.

Det justerte målet for prosjektet som rapporteres her er:

- Utvikle en metodikk som på best mulig måte ivaretar utfordringene knyttet til et utvalg av lokaliteter og innsamling av bakke- og fotodata for slitasjeovervåking i ilandstigningslokaliteter.
- Følge utvikling av slitasje på vegetasjon ved gjenanalyse i to av fokuslokalitetene og diskutere dette i forhold til påvirkningsfaktoren ferdsel, samt forholdet mellom naturlige og menneskeskapte endringer.
- Gjøre et utviklingsarbeid for å tolke sammenhenger mellom bildedata og tradisjonelle vegetasjonsdata i de to lokalitetene som er gjenanalysert. På grunnlag av resultatene skulle vi diskutere grunnlaget for å gjøre framtidig overvåking i et stort antall lokaliteter basert på bildedata.

3 Studieområder og metodikk

Utgangspunktet for overvåking av ferdselsslitasje er utvalget av egnede lokaliteter. Deretter etableres fastruter for vegetasjonsanalyse, der det også tas foto (RGB og IR). Det finnes også høyoppløselige flyfoto fra etableringstidspunktet. Det er et mål for metodeutviklingen å se om det kan etableres en sammenheng mellom de ulike typene data fra disse metodene. Etableringen av overvåkingsfeltene ble utført i juli-august 2009 (4 lokaliteter; Hagen m.fl. 2010) og i august 2010 (2 lokaliteter; Hagen & Erikstad 2011), se **Figur 3.1** for navn og lokalisering. Gjenanalysen i to av 2009-lokalitetene (London og Platåfjellet) ble utført i august 2014 etter samme metodikk som i 2009.

3.1 Utvalg av fokuslokaliteter

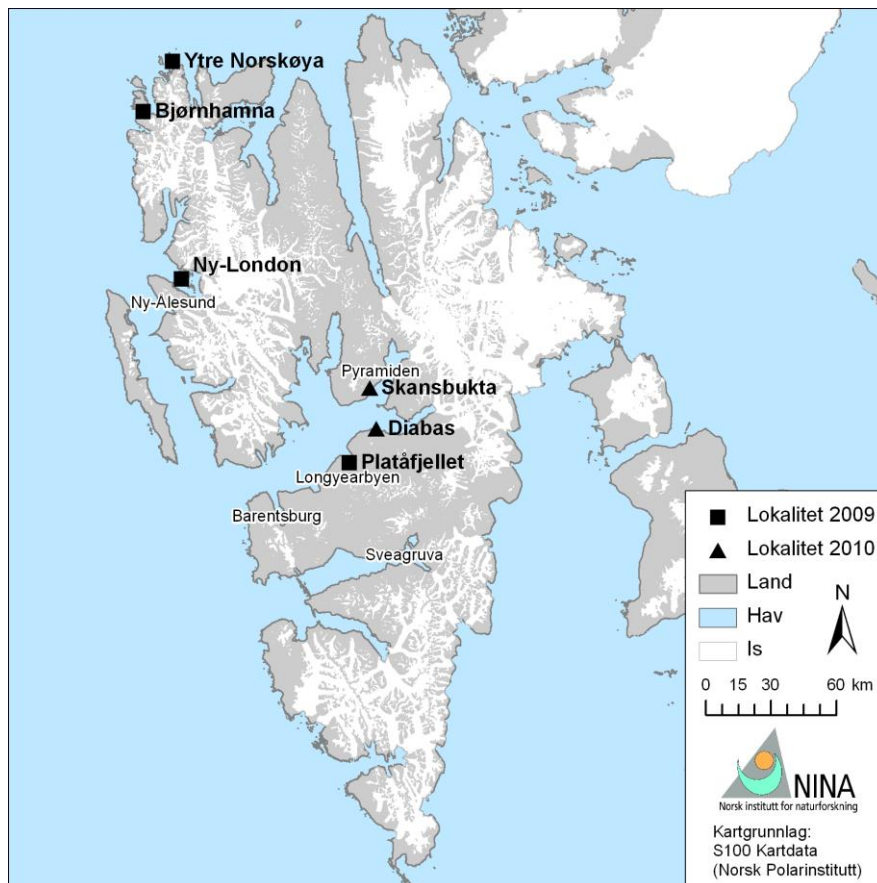
Lokalitetene skal representere en variasjon i naturforhold, sårbarhet og tilstand (**Tabell 3.1**). I fokuslokalitetene skal det utføres både bakkeregistreringer og flyfotografering.

Tabell 3.1. Kriterier for utvalg av fokuslokaliteter. På grunn av begrenset antall lokaliteter vil ikke alle kriteriene fanges opp i bakkeregistreringene. Dersom antallet lokaliteter på sikt utvides, vil kriteriene gi et godt grunnlag for utvalg.

Tema	Gradient
Variasjon i bruk	<ul style="list-style-type: none"> - forventet framtidig bruk (økt/reduert bruk, opphør/forbud, uendret bruk) - typer bruk (fast leir/dagsturer/punktbesøk, spesielle attraksjoner) - ulikt belastningstrykk (antall besøkende/intensitet, store og små grupper)
Variasjon i naturforhold	<ul style="list-style-type: none"> - ulike nivåer av sensitivitet (ulike vegetasjonstyper, terreng, fuktighet og substrat) - geografisk variasjon (ulike deler av Svalbard, ulike landskapstyper) - sjeldenhet og verdi (tilpasning av overvåking i lokaliteter med spesielle verdier)
Effekt av tiltak	<ul style="list-style-type: none"> - ved å inkludere lokaliteter der det gjennomføres tilrettelegging eller andre forvaltningstiltak, kan effekten av tiltakene fanges opp

Utvalg av fokuslokaliteter ble gjort parallelt med at Norsk Polarinstitutt gjennomførte omfattende flybildefotografering på Svalbard og delvis med høyoppløselige bilder. Fokuslokalitetene er, så langt det var teknisk mulig, dekket av høyoppløselige flybilder fra 2009/2010.

Med utgangspunkt i kriteriene og logistiske vurderinger ble det etablert fire fokuslokaliteter i 2009; Ytre Norskøya og Bjørnhamna på Nordvest-Spitsbergen, London i Kongsfjorden og Platåfjellet ved Longyearbyen (**Figur 3.1**). Det ble etablert ytterlige to lokaliteter i indre Isfjord i 2010; Skansebukta og Diabas. I 2014 ble lokalitetene London og Platåfjellet gjenanalysert.



Figur 3.1. Plassering av de seks fokuslokalitetene som er etablert for bakkeregistrering av ferdselsslitasje. Navnet på lokalitet Ny-London er etter 2009 rettet til London i tråd med offisielle stedsnavn på Svalbard (<http://stadnamn.npolar.no/stadnamn>). Gjenanalysene i 2014 omfatter de to lokalitetene London og Platåfjellet, begge etablert i 2009.

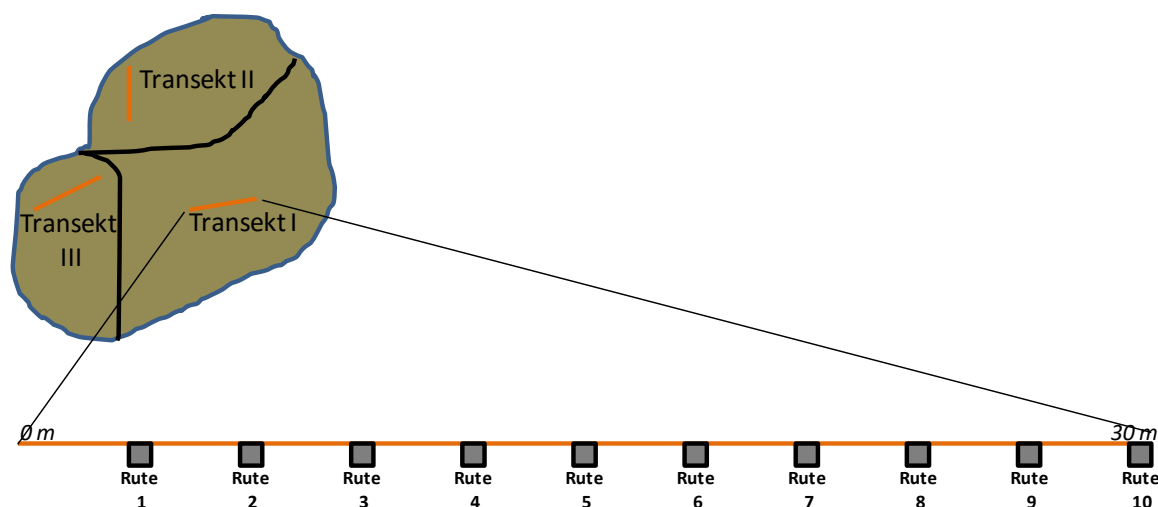
3.2 Etablering av transekter og fastruter i fokuslokalitetene

Fastruter for analyse av vegetasjon og slitasjetilstand er lagt ut etter en fastlagt feltprotokoll i alle fokuslokalitetene. I hver lokalitet er det lagt ut to til fire transekter på 30 meter, med 10 fastmerke ruter langs hvert transekt. Hver rute er $0,5 \times 0,5 \text{ m}^2$ og avstanden mellom rutene er i utgangspunktet 3 meter (**Figur 3.2** og **4.5**). Antall transekter per lokalitet er avhengig av hvor stor variasjon det er i sensitivitet innenfor lokaliteten og variasjon i bruken av lokaliteten (jfr. Sårbarhetsklassifisering (Hagen m.fl. 2012 og 2014b)) og det legges et transekt i hver hoveddel av lokaliteten. Transektene er lagt slik at de krysser hovedferdselsretningene i lokaliteten, basert på kunnskap om bruk og dagens tilstand.

I alle transektene er GPS-posisjon for rute 1 og 10 notert, samt posisjon for et fastpunkt ved den ene enden av transektet, for eksempel en stor stein. Avstand og retning fra fastpunktet til rute 1 (eller rute 10) er målt. Alle fastrutene er markert med galvanisert spiker i hjørnene. Ved gjenanalysen i 2014 ble alle rutene gjenfunnet med bruk av metalldetektor og innmålingsdata. Metalldetektor var helt avgjørende ettersom en stor andel av fastmerkene var tråkket ned under bakkenivå eller var dekket av sand eller vegetasjon.

I alle fastrutene er det utført vegetasjonsanalyser på artsgruppenivå og kvantifisering av slitasje (**Tabell 3.2**). I tillegg er det laget artslistene for karplanter i alle rutene. Det er tatt oversiktsfoto av alle transektene, fra rute 1 i retning rute 10. Alle fastrutene er fotografert med digitalt kamera (RGB-format). I tillegg er rutene fotografert med Tetracam Agricultural kamera (Tetracam 2009)

som tar bilder i det røde, blå og nærinfrarøde delen av spekteret og gir grunnlag for å analysere vegetasjonen på omlag tilsvarende måte som ved bruk av satellittdata og moderne flyfototolkninger.



Figur 3.2. System for utlegging av transekter og fastruter i en lokalitet. Lokaliteten deles inn etter variasjon i sensitivitet og bruk (Hagen m.fl. 2012 og 2014b). Det legges ut ett transekt per del av området. Det er lagt ut 2-4 transekter per lokalitet og 10 fastruter per transekt.

Tabell 3.2. Vegetasjon-, slitasje- og miljøvariabler registrert i alle fastrutene.

Tema	Variabler
Generelle opplysninger	<ul style="list-style-type: none"> - lokalitet - transektnummer - rute-nummer
Dekning av funksjonelle grupper	<ul style="list-style-type: none"> - lignoser (vedaktige arter, inkludert lyng) - urter - graminider - lav - moser - crust (organisk skorpe) - strø/humus inkl. fragmenter - total vegetasjon (uten crust)
Dekning naken jord	<ul style="list-style-type: none"> - naken jord/sand - stein/berg/grus
Slitasjetilstand	<ul style="list-style-type: none"> - moderat, ikke skade gjennom vegetasjonsdekket - kraftig, skade gjennom vegetasjonsdekket
Andre miljøvariable	<ul style="list-style-type: none"> - helling - eksposisjon - dyrespor og skit - søppel, treverk eller andre objekter fra folk

I en del av rutene er det forekomst av et "crust"-lag, en organisk skorpe som ofte dannes i tidlig suksessjonsfase ved gjengroing av åpen jord i arktiske områder. Laget er viktig for nitrogenomsetning og etablering av vegetasjon (Breen & Levesque 2008, Dickson 2000) samtidig som det bidrar til økt organisk materiale i jordsmonnet. Det kan imidlertid også virke som en barriere som hindrer andre arter i å etablere seg. Crust er vanskelig å håndtere i analysene ettersom det finnes lite kunnskap om hvilken funksjon og oppbygging belegget har. Det kan være vanskelig å skille fra ikke-organisk materiale eller fra tidlige stadier av skorpelav. Parameteren dekning av crust

ble registrert i alle rutene, men vi velger å holde crust utenfor når total vegetasjonsdekning summeres i figurene.

Det kan være vanskelig å definere slitasjenivå entydig, spesielt i ruter med lite naturlig vegetasjon og i ruter med stor naturlig dynamikk. Det er gjort et forsøk på å skille mellom moderat og kraftig slitasje etter nivået på skaden. Dette nivået defineres som andel (%) synlig slitasje innen hver rute:

- **Moderat slitt:** synlig slitasje (påvirkning) som ikke har ført til at det har gått hull på vegetasjonsdekket.
- **Kraftig slitt:** slitasje (påvirkning) der det har gått hull på vegetasjonsdekket og naken jord er blottlagt.

For hver fokuslokalitet dokumenteres artsmangfold, dekning av funksjonelle grupper, slitasjetilstand og hvordan slitasjen varierer mellom og innen transektter i lokaliteten og endringer mellom de to tidspunktene. I tillegg beskrives dagens bruk av lokaliteten, basert på kjent kunnskap om antall besøkende.

3.3 Tolkning og sammenligning mellom ulike bildedata

For fastrutene er det tatt bilder med vanlig digitalt kamera og med IR-kamera (Tetracam) (se Hagen m.fl. 2010). Bildene fra Tetracam har tre kanaler (synlig rødt (R), grønt (G) og nærinfrarødt (NIR)). Den røde og nærinfrarøde kanalen er brukt til å beregne vegetasjonsindeksen NDVI (Normalized Difference Vegetation Index). Indeksen er basert på at pigmentet i levende vegetasjon (klorofyll) absorberer synlig lys til bruk i fotosyntesen, mens cellestrukturen i plantene i stor grad reflekterer nærinfrarødt lys (se Hagen m.fl. 2010). Jo mer friskt plantemateriale som finnes, jo sterkere dominerer denne forskjellen et gitt areal. Indeksen beregnes etter formelen:

$$NDVI = (NIR - R)/(NIR + R)$$

NDVI-indeksen går fra -1 til +1. Indeksen er konstruert for å normalisere forholdet mellom nærinfrarødt og rødt signal ved tolkning av satellittbilder. Formelens form (divisjonen) gjør den følsom for store utslag der den har små verdier.

I vår analyse er verdiene transformert til en fargeskala med verdier mellom 0 og 255, med 255 som den høyeste fargeverdien. En NDVI-fargeverdi lik 0 tilsvarer NDVI-verdi -1, 127 tilsvarer NDVI-verdi 0 og 255 tilsvarer NDVI-verdi 1. NDVI-verdien følger formelen

$$NDVI = (NDVI\text{-fargeverdi}/127,5) - 1.$$

Bildene er behandlet i GIS-programvarepakke (ArcGIS fra ESRI) for oppretting (rektifisering) slik at de passer med geometrien til undersøkelsesrammen som er brukt (0,5 m x 0,5 m delt opp i 25 småruter) (Hagen m.fl. 2010). For hver av smårutene er det automatisk beregnet statistikk over NDVI indeksen. Fra denne har vi brukt middelerdien og standardavviket som et foreløpig signal på vegetasjonens dekning og friskhet i hver enkelt rute (for hver smårute og for hele rammen). Det ble etablert et polygon i hver smårute med en liten buffer langs kanten slik at verdiene ikke ble påvirket av skilletrådene i rammen som markerer smårutene.

Bildene som er tatt med vanlig kamera, er vanlige fargebilder (RGB). Av de vanlige fargebildene er et utvalg fastruter i London (ti av rutene i transektene 1 og 2; L1-3, 5-10, 19, 31) fra 2009 tolket visuelt med tanke på dekningsgrad av vegetasjon. Hensikten var å dokumentere en sammenheng mellom vegetasjonsdekke på detaljert nivå og beregnet NDVI-indeks basert på registrering med IR-kamera. Dette er et nødvendig minskeskrav hvis NDVI-indeksen skal kunne brukes som et operativt signal i overvåkingen, helst som et tidlig varsel om stress/skader i vegetasjonen. For hver av de 25 smårutene i disse 21 fastrutene (til sammen 250 småruter) er det manuelt gitt

prosent dekning av fire vegetasjonsklasser som også er brukt i vegetasjonsanalysene. Disse klassene er:

- Vegetasjon (uten crust)
- Crust (dvs. ser nakent ut, men det er ei organisk skorpe)
- Naken jord/grus
- Død vegetasjon/strø/humus

Det er utprøvd ulike prosedyrer for ta bilder. Dette gjelder særlig solskjerming der det i enkelte områder ble det brukt paraply for å skygge for solen og i andre områder er tatt bildene i sollys. Alle IR-bilder er kalibrert ved hjelp av egen kalibreringsplate som er del av kameraets utstyr.

Det er utført endringsanalyser for vegetasjonen registrert i felt og for NDVI-indeksen for lokalitetene Platåfjellet og London. I London, der IR-bildene ble tatt i direkte sollys, var ca. halvparten av bildene av dårlig kvalitet. Manuell analyse av RGB-bilder med tanke på vegetasjonsdekke i småruter er bare gjennomført for to transekter i London for bilder tatt i 2009.

3.4 Statistiske analyser

Endringer i vegetasjon-, slitasje- og miljøvariablenes mengde målt som prosent dekning i analyseruta mellom de to analyseårene, ble testet ved tosidig Wilcoxon ettutvalgstest for parete data-sett ("paired samples"). Nullhypotesen i denne testen er at mengdemålenes mediane prosentvise dekning ikke er endret. Wilcoxon-testene ble utført i SPSS og er benyttet fordi den sammenligner de samme stedfestede prøvene hvert analyseår (jfr. Sokal & Rohlf 1995, Økland m.fl. 1990).

4 Resultater

4.1 London, Blomstrandøya i Kongsfjorden

Lokalitet London (tidligere Ny-London) ble etablert i 2009 og gjenanalysert i 2014. Her er det tre fulle transekter (L 1-3; à 10 ruter) og ett transekt med fire ruter (L 4) (**Figur 4.1**). Transekt L1 og L4 ligger i flatt terreng oppe i heia på flata ved hyttene. Transekt L2 ligger i skråningen opp mot brinken fra stranda langs en svært erodert sti, mens transekt L3 ligger i fuktig mosemark på strandflaten nedenfor bygningene.

Lokaliteten er svært attraktiv som besøkslokalitet for cruiseturisme på grunn av en ideell kombinasjon av vakkert landskap, rikt fugleliv, lett forståelige kulturminner og fasinerende historier om tidlige tiders bruk. London er en av lokalitetene der AECO utarbeidet stedspesifikk guidline for ferdsel i 2010, som er gjort gjeldende for alle AECO sine medlemmer (www.aeco.no). Det ble gjennomført sårbarhetsvurdering av London i 2009 etter metodikk beskrevet av Hagen m.fl. (2012) og her kom lokaliteten ut som *svært sårbar* på både vegetasjon, kulturminner og dyreliv (Hagen m.fl. 2013).



Figur 4.1. Oversikt over lokalitet London og plassering av transekter L1-4. Foto: Norsk Polarinstitut.

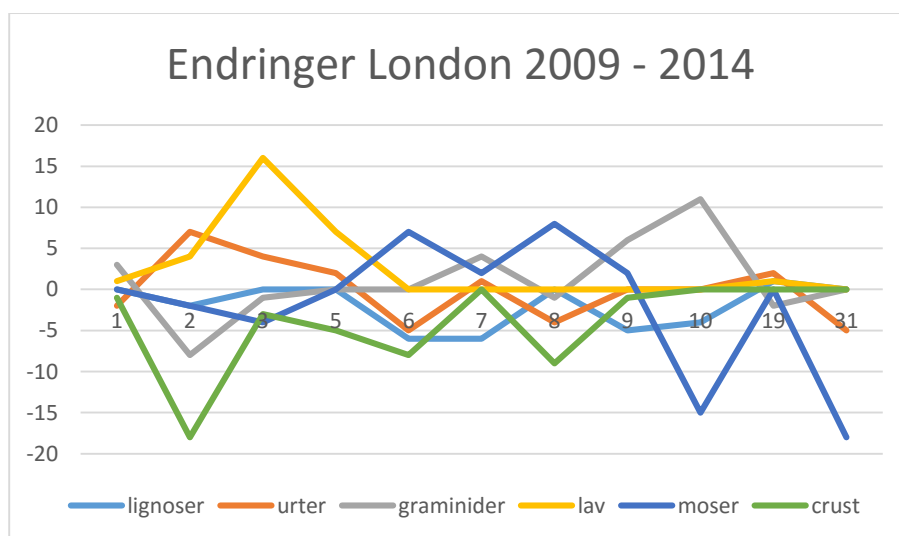
4.1.1 Vegetasjonsendring i fastrutene basert på vegetasjonsanalyser

Det er ingen klare trender for endringer i dekning av artsgrupper, ulike typer jord og humus for lokaliteten London som helhet (**Tabell 4.1**). De ulike transektene viser noe ulik retning og nivå på endringene, med færrest signifikante endringer i transekt L2 der både slitasjen og dekning av humus var høyere i 2009.

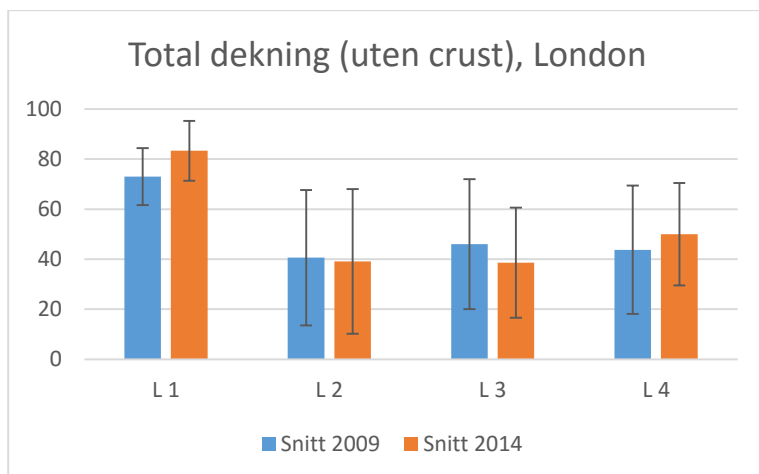
Det er stor variasjon i endret dekning av de ulike artsgruppene mellom rutene i samme transekt (**Figur 4.2**). Dette er som forventet ettersom de er lagt på tvers av ferdselsretningen, delvis så de krysser etablerte stier. Det er også stor forskjell mellom tidspunktene for enkeltruter, mens det ser ikke ut til å være signifikant forskjell over tid på transektnivå (**Figur 4.3**). Tilbakegang hos strø og humus ser ut å være en egenskap som går igjen i de fleste transektene. Videre går dekning av lav sterkt tilbake i de to transektene L1 & L4 som ligger oppe på flata ved bygningene. Slitasjen er mindre i 2014 enn i 2009 i transekt L2 (i skråningen) og transekt L3 (det fuktige søkket), men dette skyldes nok at variabelen er noe ulikt scoret i de to årene (jfr. **kapittel 3.2** og at dette er en komplisert egenskap å registrere).

Tabell 4.1. Endringer i artsgrupper og andre registrerte egenskaper (målt som % dekning) i analyserutene i London fra 2009 til 2014 og retningen på endringen (antall ruter med framgang eller tilbakegang). P er signifikansnivå, og signifikante endringer er uthevet.

NR	Variabel	TRANSEKT L1&4			TRANSEKT L2			TRANSEKT L3		
		Tilbake	Fram	P	Tilbake	Fram	P	Tilbake	Fram	P
1	lignoser	1	6	0,034	4	2	0,917	3	0	0,109
2	urter	8	4	0,270	4	4	0,528	5	0	0,039
3	graminider	4	6	0,720	0	0	1,000	0	2	0,157
4	lav	9	0	0,007	2	1	0,285	0	2	0,157
5	moser	4	7	0,229	4	2	0,917	3	7	0,759
6	crust	1	10	0,008	2	1	0,564	3	5	0,624
7	strø/humus inkl. fragmenter	9	3	0,045	10	0	0,005	6	3	0,260
8	naken jord/sand	2	6	0,139	2	3	0,893	0	5	0,042
9	stein/berg/grus	0	3	0,102	4	2	0,528	0	3	0,102
10	total vegetasjon (uten crust)	9	4	0,208	4	6	0,185	2	8	0,359
11	slitasje	4	7	0,789	8	0	0,012	9	1	0,008
12	antall karplan-tearter	4	2	0,234	4	1	0,180	8	0	0,010



Figur 4.2. Endring i dekning for hver artsgrupper (y-aksen; 0 er uendret) mellom 2009 og 2014 i et utvalg analyserute (x-aksen) i lokalitet London. Rute 1-3 og 5-10 er transekt L1, rute 19 er fra transekt L2 og rute 31 fra transekt L4. Kun ruter med gode IR-bilder og dermed akseptabel NDVI-indeks er vist.

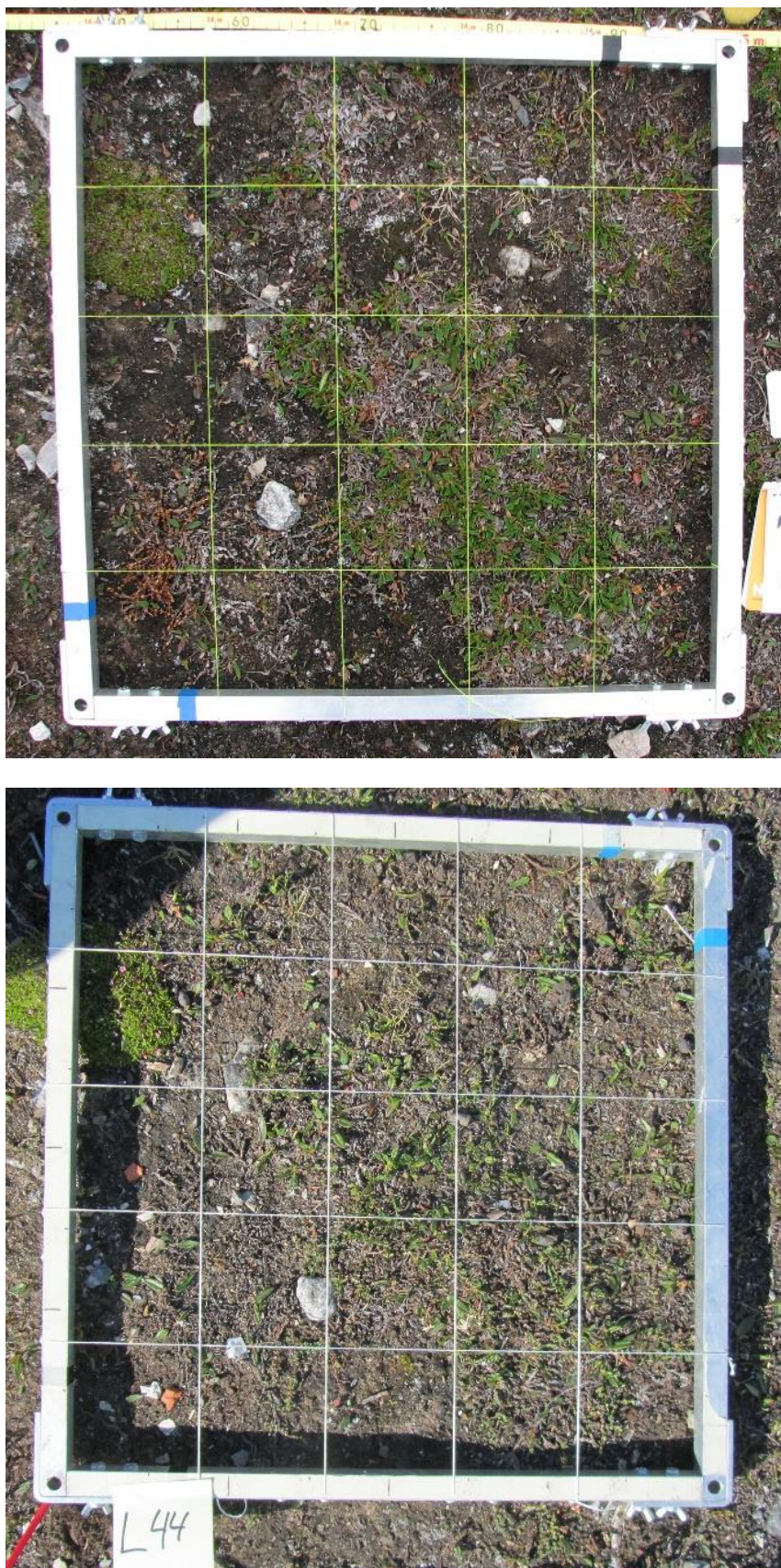


Figur 4.3. Vegetasjonsdekning (%) i alle transektene i London (gjennomsnitt for rutene og SD per transekt), 10 ruter i transekt L1-3 og 4 ruter i transekt L4 i 2009 og 2014.

Transekt L2 hadde klart mest slitasje av alle transekter i 2009 (**Figur 4.4**). De to transektene som var svært slitt i 2009 (L2 og L3) har nesten ikke endring og flere av rutene her har mindre slitasje i 2014. De to transektene med minst slitasje i 2009 (L1 og L4) har flere ruter med økt slitasje i 2014 (**Tabell 4.1** og **Figur 4.2, 4.4** og **4.5**).



Figur 4.4. Slitasje (% dekning; moderat + kraftig slitt i rutene) i de fire transektene i London for 2009 og 2014. Gjennomsnitt og SD for hvert transekt (transekt L1-3 har 10 ruter, transekt L4 har 4 ruter).



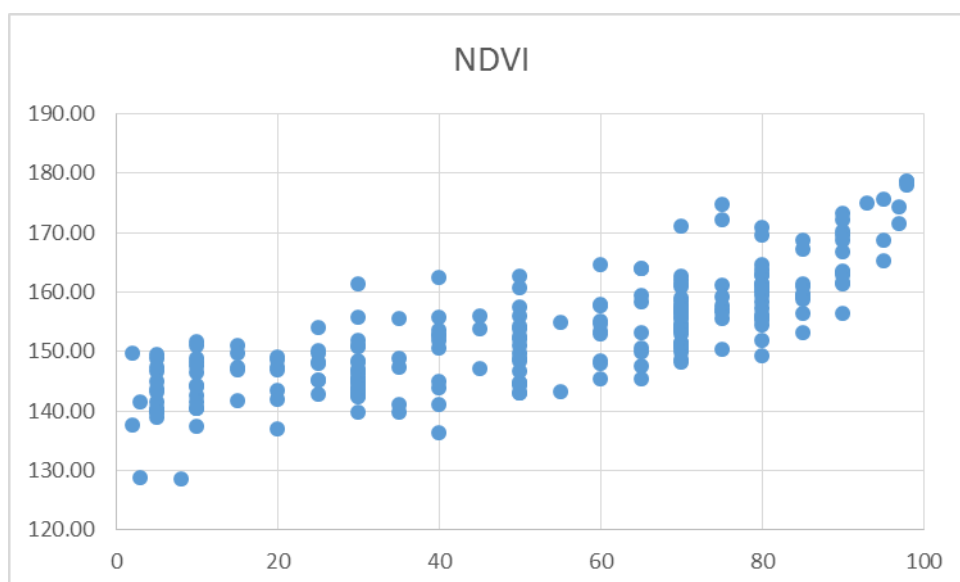
Figur 4.5. Rute 4 i transekt L4, der øverste bilde er fra 2009, mens nederste bildet viser samme rute i 2014 og betydelig mer slitt.

Tilstedeværelse av arter innen fastrutene er ganske stabilt over tid. Eksempler på vanlige og arealdekkende arter som kun hadde endringer i maks 2 av 34 ruter er:

- Harerug *Bistorta vivipara*
- Polarkarse *Cardamine nymanii*
- Reinrose *Dryas octopetala*
- Vardefrytle *Luzula arcuata* ssp. *confusa*
- Polarvier *Salix polaris*
- Rødsildre *Saxifraga oppositifolia*
- Fjellsmelle *Silene acaulis*

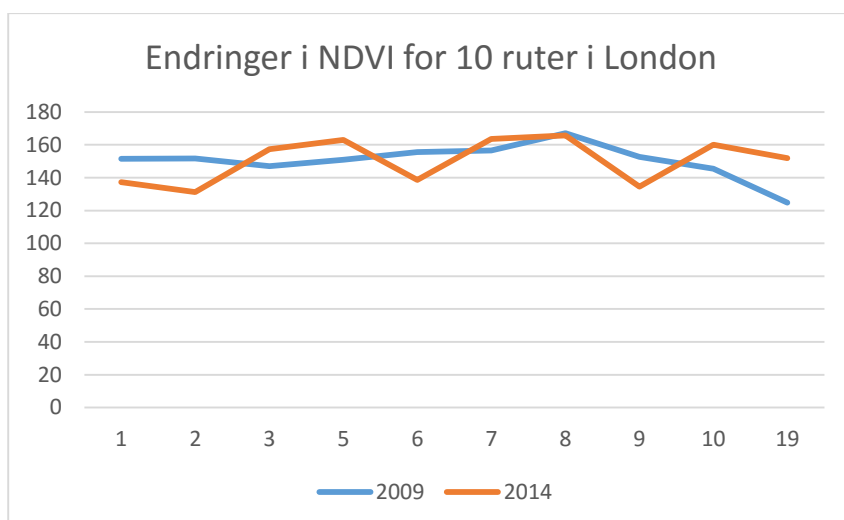
4.1.2 Vegetasjonsendring basert på fotoanalyse

Figur 4.6 viser sammenhengen mellom NDVI-indeksen og prosent total dekning av vegetasjon i de 250 smårutene fra transekt L1 og L2 som er analysert også med manuell bildetolkning. Vi ser at det er en sammenheng mellom vegetasjonsdekning og NDVI, men også at det er stort avvik på alle dekningsgradsnivåene, dvs. at ruter med samme % total vegetasjonsdekning har stor variasjon i NDVI.



Figur 4.6. Sammenheng mellom dekningsgrad i vegetasjon i 250 småruter (x-aksen) og NDVI verdi (y-aksen) for lokalitet London. Dataene kommer fra småruter i 10 overvåkingsruter i transekt 1 og 2 fra 2009.

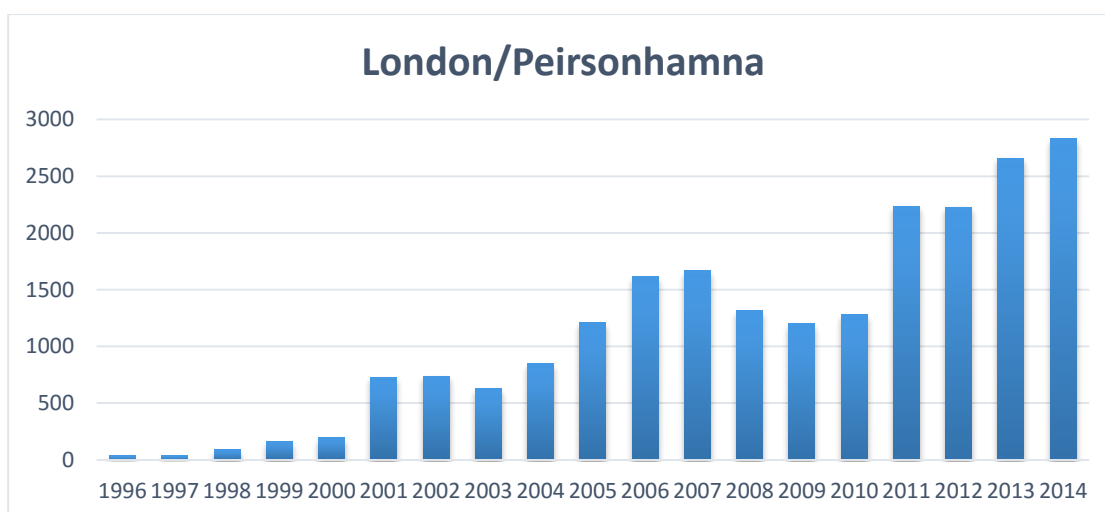
Vi har sammenliknet gjennomsnitt NDVI-verdier per rute (for de 10 utvalgte rutene) for 2009 og 2014 (**Figur 4.7**). De faktiske verdiene viste seg å være nokså ulike mellom de to tidspunktene, hvor 2014-dataene hadde lavere snitt. Dette kan være et kalibreringsspørsmål og i figuren har vi derfor utjevnet 2014-dataene med å addere forskjellen i gjennomsnittet til 2014-datasettet. Sammenligning med de kalibrerte verdiene viser en viss samvariasjon, men også at verdiene for 2014 varierer mer, og det er ingen trend i forskjellene.



Figur 4.7. Gjennomsnitt NDVI-verdier (y-aksen) for de 10 analyserte rutene fra transekt L1 og L2 (x-aksen) i London for 2009 og 2014. (Verdiene for 2014 er kalibrert, jfr teksten.)

4.1.3 Status og utvikling for ferdsel i lokaliteten

Det har vært en jevn og betydelig økning i antall personer som har gått i land fra cruiseskip i London siden år 2000 og spesielt i perioden mellom 2009 og 2014 (**Figur 4.8**).



Figur 4.8. Antall besøkende årlig på land fra cruiseskip i London for perioden 1996-2014. Kilde: Sysselmannen på Svalbard.

4.2 Platåfjellet, Longyearbyen

Lokalitet Platåfjellet ble etablert i 2009 og gjenanalysert i 2014. Her er det to fulle transekter (P1 og P2; à 10 ruter) (**Figur 4.9**). Transekt P1 ligger i flatt og middels fuktig terreng i heia innenfor Taubanesentralen, før bakken opp mot fjellet. Transekt P2 ligger i tørt terreng midt oppe i den første bratte skråningen opp mot fjellet med mye stein og naken jord.

Transektene ligger på tvers av den mye brukte turstien fra taubanesentralen til Platåfjellet i Longyearbyen. Turen inngår i Topptrimmen, som er et tilbud i regi av idrettslaget Svalbard Turn og er en av de mest populære turene for lokalbefolkningen (<http://svalbardturn.no/>). Turen opp til Platåfjellet inngår også som nærturtilbud hos flere turoperatører i Longyearbyen.



Figur 4.9. Oversikt over lokalitet Platåfjellet i Longyearbyen og plassering av transekter (P1 og P2). Foto: Norsk Polarinstitutt.

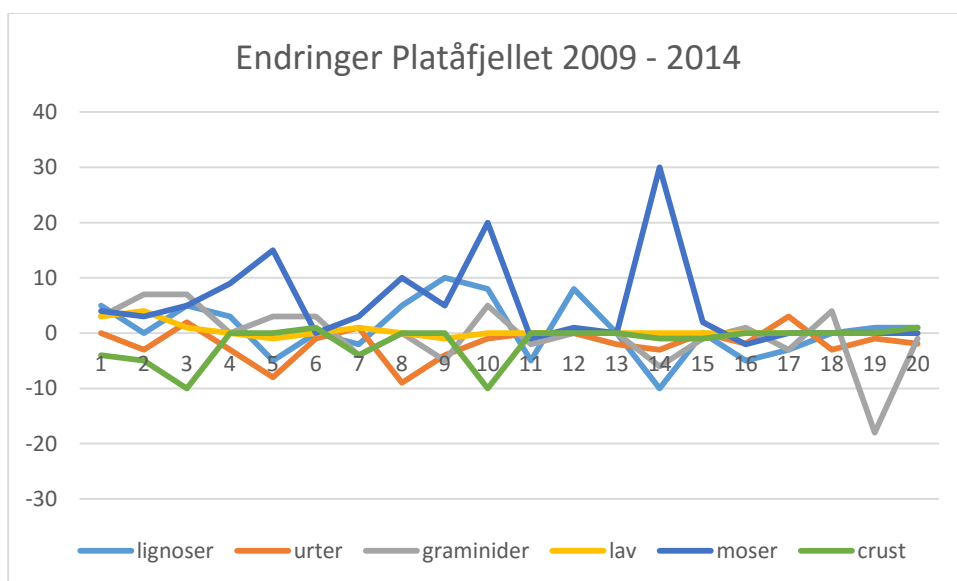
4.2.1 Vegetasjonsendring i fastrutene basert på vegetasjonsanalyser

Endringer av artsgrupper, ulike typer jord og humus går litt i ulike retninger for de to transektene opp til Platåfjellet (**Tabell 4.2**, **Figur 4.10** og **4.11**). Det er færrest endringer i det tørreste transektet (P2) der både slitasjen og dekning av humus var høyere i 2009. Det har vært økning i total vegetasjonsdekning i transekt P1 og det skyldes i hovedsak økt dekning av mosedekket (**Tabell 4.2** og **Figur 4.10**). Eneste trenden som er tydelig for begge transektene er at det er flere ruter med moderat slitasje, mens omfanget av kraftig slitasje går tilbake. I gjennomsnitt har slitasjen økt i begge transektene, men det er svært stor variasjon mellom rutene, og slitasjen er klart mest omfattende i transekt P2 (**Figur 4.12** og **4.13**).

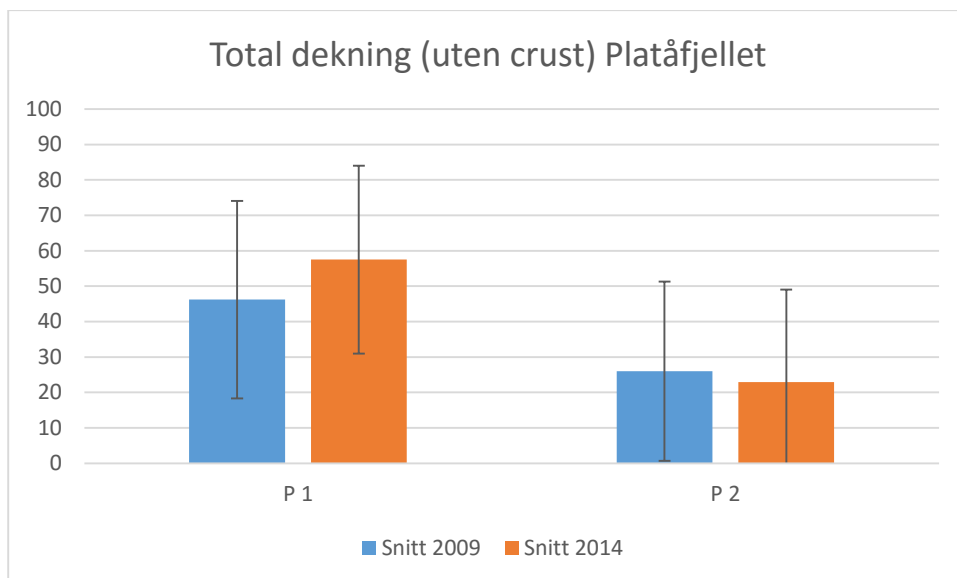
Total vegetasjonsdekning er høyere i transekt P1 enn i transekt P2 på begge tidspunkt, men det er svært stor variasjon mellom rutene (**Figur 4.11**). Størst endring er observert for moser og delvis lignoser (lyng), med økt dekning i mange ruter, mens crust og urter er de artsgruppene som total sett har nedgang i flest ruter (**Figur 4.10**). Det har vært stor bevegelse av stein og jord i de bratteste rutene, spesielt der det er liten dekning av vegetasjon (**Figur 4.13**).

Tabell 4.2. Artsgrupper og andre registrerte egenskaper i analyserutene på Platåfjellet som viser signifikante endringer i mengde (% dekning) fra 2009 til 2014 og retningen på endringen (antall ruter med framgang eller tilbakegang). P er signifikansnivå.

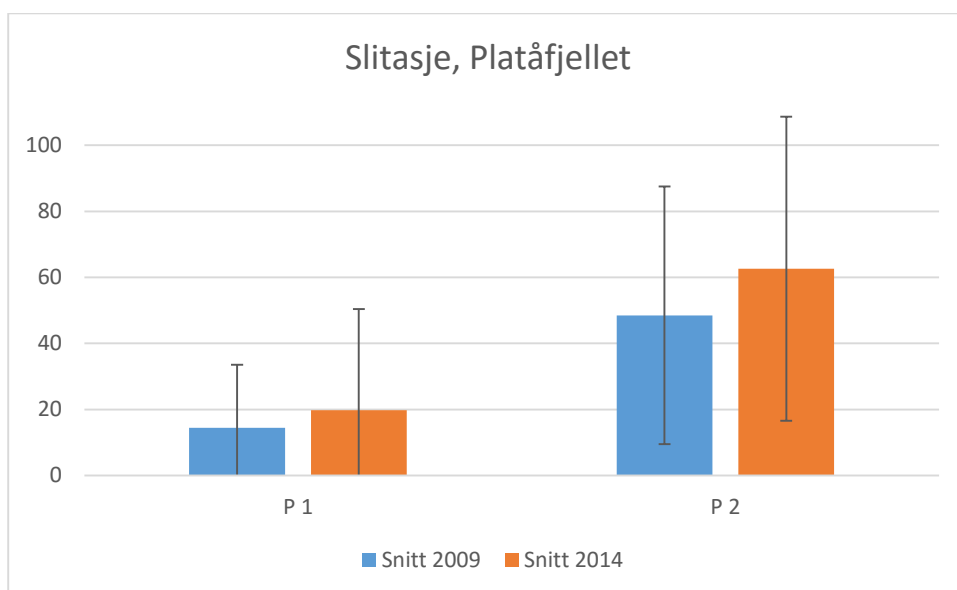
	Variabler	TRANSEKT P1			TRANSEKT P2		
		Tilbake	Fram	P	Til- bake	Fram	P
1	lignoser	2	6	0,076	4	3	0,396
2	urter	7	2	0,050	6	1	0,172
3	graminider	2	6	0,230	6	2	0,159
4	lav	2	4	0,236	0	0	1,000
5	moser	0	9	0,008	2	3	0,496
6	crust	5	1	0,045	2	1	0,564
7	strø/humus inkl. fragmenter	3	4	0,861	9	1	0,026
8	naken jord/sand	7	0	0,017	0	7	0,018
9	stein/berg/grus	6	3	0,439	5	5	0,240
10	total vegetasjon (uten crust)	1	8	0,017	6	1	0,128
11	slitasje (moderat)	0	8	0,011	0	8	0,011
12	slitasje (kraftig)	7	1	0,159	6	2	0,674
13	antall karplantearter	2	4	0,340	5	4	0,587



Figur 4.10. Endring i dekning for hver artsgrupper (y-aksen; 0 er uendret) mellom 2009 og 2014 i alle analyserutene i lokalitet Platåfjellet (x-aksen). Rute 1-10 er transekt P1, mens rute 11-20 er transekt P2.



Figur 4.11. Vegetasjonsdekning (%) i alle transektene (10 ruter per transekt) for Platåfjellet (gjennomsnitt for rutene og SD per transekt) i 2009 og 2014.



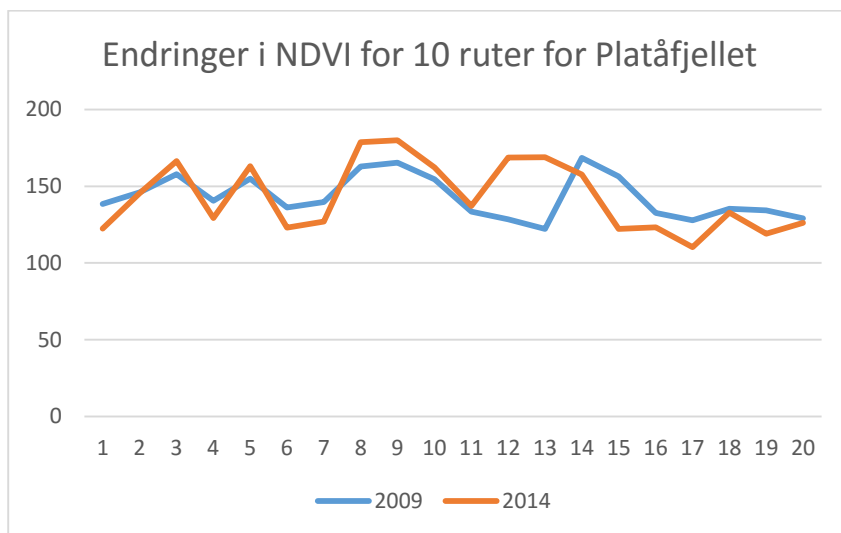
Figur 4.12. Slitasje (% dekning; moderat + kraftig slitt i rutene) i de to transektene ved Platåfjellet for 2009 og 2014. Gjennomsnitt og SD for hvert transekt



Figur 4.13. Sammenligning av bildene fra samme rute (Rute 19, transekt P2) viser at det har vært ganske kraftig bevegelse i ruta og det er også vanskelig å fastslå vegetasjonsdekning når tilstanden på vegetasjon er slik som dette. Øverste bilde fra 2009, nederste bilde fra 2014.

4.2.2 Vegetasjonsendring basert på fotoanalyse

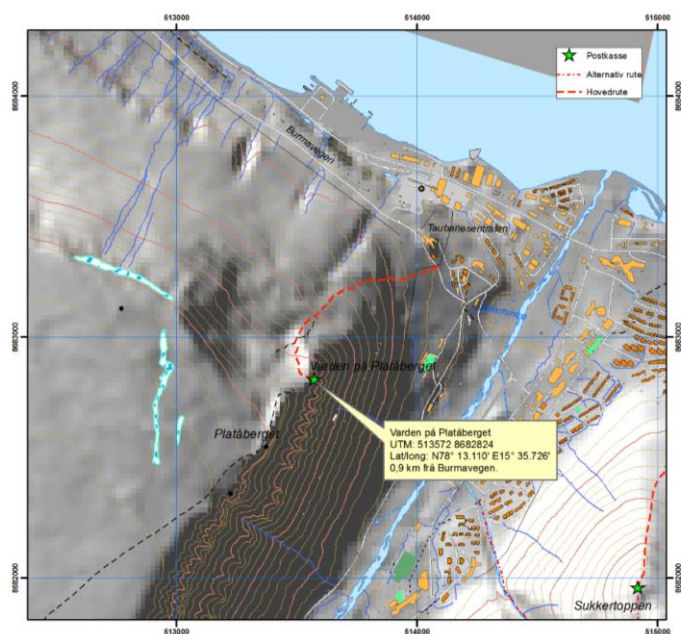
Resultatene av NDVI-verdier fra bilder tatt i 2009 og 2014 for alle de 20 rutene i begge transektene på Platåfjellet er vist i **Figur 4.14**. Som for London var gjennomsnittverdiene nokså ulike mellom de to tidspunktene, og 2014-datasettet ble kalibrert tilsvarende. Det er en tydelig samvariasjon mellom kurvene, med unntak av rutene 12 og 13. I disse to rutene er det observert en økning i mosedekning mellom de to tidspunktene, ellers er det ingen systematiske forskjeller i bakkeedata.



Figur 4.14. Gjennomsnitt NDVI-verdier (y-aksen) for hver rute (x-aksen) i de to transektene ved Platåfjellet for 2009 og 2014. Verdiene for 2014 er kalibrert (jfr teksten).

4.2.3 Status og utvikling for ferdsel i lokaliteten

Stien er svært mye brukt, sannsynligvis er den av de aller mest brukte på hele Svalbard (**Figur 4.15**). I 2014 var det 3569 personer som hadde skrevet seg inn turboka ved Varden på Platåfjellet. Dette var trolig det høyeste tallet av alle turene som inngår i Topptrimmen, og 2014 var et godt år (Kilde: Svalbardposten). I tillegg kan vi anta at også bruken av området til organiserte turopplegg har økt de senere år ettersom tur til Platåfjellet inngår som fast tur for flere operatører. Disse registrerer seg bare unntaksvis i turkassen og kommer dermed i tillegg.



Figur 4.15. Stien fra Taubanesentralen og opp til Platåberget i Longyearbyen slik den er markedsført på Svalbard Turn sin hjemmeside (<http://svalbardturn.no/index.php?id=58>).

5 Diskusjon

I diskusjonen har vi lagt vekt på å gjøre en faglig vurdering av de endringene vi har målt i perioden 2009 til 2014, både i felt og på bilder. Vi har søkt etter trender og vurdert disse i forhold til den økte ferdselen som er dokumentert i lokalitetene. Vi har i tillegg gitt en vurdering av forhold knyttet til metodikken som er brukt, og spesielt vurdert sammenhengen mellom NDVI-data og bakkedata.

5.1 Slitasjenivå og vegetasjonsendring i overvåkingslokalitetene

De største endingene ble observert i transekt L1 og L4 i London. Disse ligger på flata ved siden av husene i lokaliteten (se **Figur 4.1**). Det er hovedsakelig dekning av lav som har gått signifikant tilbake. Lav er kjent for å være slitesvak (Fremstad 1997, Tømmervik m.fl. 2008), men er også utsatt for beiting. Det er delvis et høyt beitetrykk på Svalbard (Bakkestuen m.fl. 2015) og det er observert både beitende rein og gås ved lokaliteten. Ferdselen på denne lokaliteten har økt svært mye mellom de to tidspunktene, så det er rimelig å tolke de observerte endringene i lys av dette. Det er ikke registrert økt slitasje i transekt L 2 som ble registrert med mest slitasje i 2009. Det skyldes trolig at slitasjen allerede var så stor at ytterligere slitasje ikke var målbart. Samtidig er det viktig å huske på at vi foreløpig bare har to tidspunkter i måleserien og vi må være forsiktig med å dra klare konklusjoner om hvorvidt endringene skyldes ferdsel på så tynt grunnlag.

De fleste transektene er lagt ut på tvers av det vi vet er typiske bevegelsesmønstre i lokalitetene. Dette betyr at både status og endring kan variere mye mellom rutene i transektene (mest typisk for transektene P1-2 og L2-3). Dersom vi bruker gjennomsnittsverdier for hele transektet, vil vi kamuflere de reelle endringene som er konsentrert til de midterste rutene. Vi argumenterer derfor foreløpig for at relative forskjeller rute-for-rute over tid er det som faktisk gir mest relevante resultater. Vi har også observert klare forskjeller innen smårutene ved gjennomgang av foto i et-tertids. Vegetasjonssammensetningen er ikke registrert i felt på dette detaljnivået, men resultatene indikerer at denne observasjonsskalaen kan være viktig å inkludere. Gjennomsnittsverdier på transektnivå kan allikevel gi en relevant oversikt særlig der ferdselen ikke går langs en sti, men fordeler seg spredt utover et område (som i transektene L1 og L4).

Dataene bekrefter at det har vært svært vanskelig å dokumentere slitasje i rutene på en entydig måte ved ruteanalyser, og spesielt skille mellom moderat og kraftig slitasje. Dette er kritisk for framtidig overvåking ettersom tidlig dokumentasjon av moderat slitasje kan være grunnlag for å iverksette forebyggende tiltak. Foreløpig kan vi ikke bruke bakke-slitasedata til å konkludere om utvikling i slitasje over tid.

5.2 Er det pålitelige sammenhenger mellom foto og feltdata?

Det er sammenhenger mellom vegetasjonsregistreringer gjort i felt og fotoanalysene. Men fastrutene er veldig heterogene og det er også dokumentert stor forskjell mellom de 25 smårutene innen hver 0,5 x 0,5 rute. Når man tar NDVI-gjennomsnitt for hele fastruten står man i fare for å utjevne endringene på finere skala, særlig når det gjelder tråkk og annen småskalaslitasje. I vegetasjonsanalysene er det bare anslått en prosentvis dekning av arter og andre egenskaper i hele fastruta. Bildeanalyser gjort med RGB på 250 småruter tyder på at vegetasjonen bør registreres i felt på smårutenivå for å etablere en dokumentert sammenheng mellom foto og feltregistreringer. Full vegetasjonsanalyse på smårutenivå vil imidlertid medføre anslagsvis en dobling i tidsbruk til feltarbeid på hver lokalitet.

Det er foreløpig bare gjort gjentak i vegetasjonsanalyser for to lokaliteter, Platåfjellet ved Longyearbyen og London utenfor Ny-Ålesund. Gjentakene er gjort etter 5-år. Dette er for få gjentak til å trekke sikre konklusjoner om metoden egner seg til å fange om små endringer, kunne vise

tidlig tegn på slitasje og til å skille mellom naturlige svingninger og menneskeskapte endringer. Men vi ser en sammenfallende trend i endringsanalysene for både RGB-foto-analyser, IR-foto og utregnet NDVI-indeks og vegetasjonsanalyser utført i felt. Foreløpig er vegetasjonsanalysene i felt de dataene det er minst usikkerhet med. Disse dataene er også egnet som bakkesannhet til både detaljerte fotoanalyser, samt for høyoppløselige flyfoto.

Forekomst av crust i rutene er en faglig utfordring, ettersom det kan forveksles både med naken jord og med tidlige stadier av lav. Samtidig dekker crust (eller crust-liknende vegetasjon) stedvis en svært stor del av rutene og har dermed stor betydning for helheten. Dersom dette kan fanges gjennom bruk av IR-foto vil det bety et viktig bidrag til tolking av vegetasjonsdata. Det ser imidlertid ikke ut som mengde crust gir utslag i IR-bildene. Det er dokumentert en sammenheng mellom NDVI og fotosynteseaktivitet i crust fra sørligere breddegrader (Burgenheimer m.fl. 2006), men trolig er det så lite aktivitet i crust i våre ruter at NDVI-indeksen ikke påvirkes nevneverdig. Utslagene i NDVI er generelt små på grunn av at mange av fastrutene har lite vegetasjonsdekke. NDVI påvirkes også av sesong og fuktighetsforhold, og fuktige forhold i bildet gir høyere NDVI (Walker m.fl. 2012). Dette gjør det spesielt vanskelig å sammenlikne verdier mellom år.

Vi ser noen utslag i billedmaterialet som indikerer at det kan være problemer med å få stabile resultater ved bruk av NDVI-indeksen slik vi har prøvd her. Et av disse problemene er koblet til at det er en systematisk forskjell i middelnivå for NDVI ved opptak gjort i 2009 og 2014. Selv om sammenhengen mellom NDVI og vegetasjonsdekke (**Figur 4.6**) er klar, viser resultatet her et svært bredt konfidensintervall som skaper problemer hvis man ønsker å bruke resultatene som en tidlig varslings på slitasje. Et forhold som bør undersøkes nærmere i denne sammenhengen er om klimastresset arktisk vegetasjon helt i ytterkanten av nærinfrarødt og rødt signal ved fotografering, er så lavproduktiv at endringer ikke fanges opp godt nok av NDVI-indeksen (Walker m.fl. 2012). Indeksen er i utgangspunktet utviklet for høyproduktiv vegetasjon (tropisk skog og dyrka mark) og dermed er de normaliseringsprosedyrene som ligger inne i indeksen laget for en mye grovere skala enn de som er relevant for oss her (Agribotix 2014). De eventuelle endringene som vi kan forvente å finne, vil dermed bli så marginale at indeksen ikke er i stand til å gjengi dem på en måte som vi kan utnytte for å fange opp tidlige stadier av vegetasjonsslitasje.

5.3 Slitasjeovervåking i framtidig forvaltning

Metodene vi har testet ut i dette prosjektet fanger opp hovedtrender i de undersøkte lokalitetene hvor vi har gjenanalyser (Platåfjellet og London). Derimot trengs det flere enn to gjentak, og gjentak i mer enn to lokaliteter for å konkludere om metoden er egnet til å gi et tidlig forvarsel på at lokaliteter er i ferd med å bli slitt. De analysene vi hittil har gjort, tyder imidlertid på at det er for stor usikkerhet i endringsanalyser gjort med IR-kamera og NDVI-indeks til at de gir et sikkert forvarsel på økt stress i vegetasjonen. Dette har delvis sammenheng med problemer i kalibrering av IR-bildene mellom ulike sesonger, ulike lys- og fenologiforhold og bruken av NDVI som indeks. Problemene er imidlertid forventet ut fra de vegetasjonstypene vi studerer med naturlig stor sesongvariasjon i arktiske områder, slitasje knyttet til tidligere tiders bruk og beitepåvirkning fra rein og gås. Vi har ikke tilstrekkelig datagrunnlag til å vurdere hvordan hver av disse faktorene influerer på de observerte endringene.

Sammenhengen mellom NDVI beregnet fra IR-kamera og manuell tolking av vegetasjonsdekke i småruter basert på vanlige fargebilder viser en klar sammenheng mellom vegetasjonsdekke og NDVI. Konfidensintervallet er imidlertid stort, trolig fordi man er i ytterkanten av NDVI-signal for vegetasjon og fordi NDVI-indeksen ikke er tilpasset denne detaljerte skalaen. Det betyr at IR-bildene foreløpig ikke kan brukes som et tidlig signal om slitasje slik hensikten med disse bildene var. Manuell tolking av vegetasjonsdekke i småruter ser imidlertid ut til i seg selv å være en metodikk som kan supplere vegetasjonsanalysene i felt. Det er ikke gjennomført refotografering (flyfoto) av lokalitetene. Det har derfor ikke vært grunnlag for å koble detaljregistreringene til

observasjoner på et grovere skalanivå. Dette er en viktig mulighet som bør følges opp, men det understrekes at flyfotoanalyser må kalibreres ved hjelp av grundige felldata.

Flere gjentaksanalyser på flere av lokaliteter er nødvendig for å få mer pålitelig kunnskap om sammenhenger mellom stress og slitasje på vegetasjonen. Spørsmålet er også om lokalitetene kun representerer seg selv, eller om resultater fra enkeltlokaliteter vil ha generell og overførbar betydning. Det siste er et viktig spørsmål i en forvaltningssammenheng, noe som vårt datamateriale foreløpig ikke kan gi noe sikkert svar på. Ilandstigningslokalitetene har svært mange variabler, både for historisk og nåværende bruk, klima og geografisk plassering, vegetasjonstype og arter, beitepress osv. (Hagen m.fl. 2014, Bakkestuen m.fl. 2015).

Målsettingen med overvåkingen bør klargjøres ytterligere og det må gjøres en vurdering av hvor omfattende og grundig framtidig overvåking skal være, ut fra forvaltningens behov og kravet til gode og pålitelige data. Spesielt viser denne rapporten at det trengs omfattende data for å få tilstrekkelig kunnskap om relasjon mellom foto og moderat slitasje på fin skala. Fortsatt metodeutviklingen og nye gjenanalyser vil bidra til slike data. Ved etablering av overvåkingsprogram er det alltid nødvendig å justere metodikken etter erfaringer gjort i felt og ved statistisk analyse av tilgjengelig materiale, jfr. andre vegetasjonsovervåkingsprosjekter (Økland m.fl. 2004, Bakkestuen m.fl. 2010, Bakkestuen m.fl. 2015). For eksempel hadde vi i oppstarten ikke en tilstrekkelig forståelse for skillet mellom moderat eller kraftig slitt. Dette har vi fått bedre forståelse for gjennom arbeidet i prosjektet, men det betyr at disse dataene er først analyserbare etter neste gjenanalyse. Videre kan vi sannsynligvis forbedre relasjonene mellom bilder og bakke-data ytterligere, nå når vi vet mer om hvor sensitive bildedata er for sesongvariasjon og lysforhold, evt. ved bruk av andre indekser mer tilpasset aktuelle skalanivåer.

Overvåking av ulike lokaliteter på Svalbard innebærer mye planlegging og logistikk. Lokalitetene Platåfjellet og London er de som er mest tilgjengelige ettersom de kan nås fra bosettingene Longyearbyen og Ny-Ålesund. De aller fleste ilandstigningslokalitetene er vanskeligere tilgjengelig, og de kan lettest nås fra båt. Metodikken er lagt opp slik at det skal være mulig å gjøre feltregistreringene i en lokalitet på en lang dag i felt for 2-3 personer. Dette er gjort for at overvåkingen skal kunne samkjøres med annen feltaktivitet i nærheten, slik at et forskerteam kan settes i land og plukkes opp igjen når jobben er gjort. Et framtidig overvåkingsprogram må ha en forutsigbarhet fra sesong til sesong for å optimalisere logistikk og kunne legge planer for feltarbeid og rapportering som kan tilpasses annen aktivitet. Vi vil anbefale at man bruker erfaringer og opplegg for etablerte overvåkingsprogram på fastlandet og Svalbard når man planlegger videreføring av vegetasjonsovervåking.

Vi har sett en sammenheng mellom besøksstatistikk og slitasje. Det er mulig at besøksstatistikken kan brukes som en forklaringsvariabel i en sårbarhetsvurdering. Vi har derimot ikke nok resultater ennå til å anbefale kun besøksstatistikk som observasjonsenhet, og sammenhengen mellom ferdsel og slitasje vil variere fra lokalitet til lokalitet. Ulike metoder og tiltak som er relevante for å forebygge slitasje bør sjekkes ut mot bakkesannhetsdata (intensive ruteanalyser med vegetasjonsanalyser). Når sammenhenger er påvist, kan overvåkingen gjøres mer ekstensivt, for eksempel fra flyfoto. Det er også viktig å havne på en metodikk som vil være det mest hensiktsmessige i forhold til forvaltning. Forholdet mellom forskning og forvaltning er spesielt relevant her, og det kan bli et motsetningsforhold mellom å skaffe «raske» forvaltningsrelevante data og det å skaffe robuste data med god overføringsverdi.

5.4 Konklusjon

Med de erfaringene vi nå har etter fem år ser vi at det er mulig å velge ulike veger videre for slitasjeovervåking, avhengig av ambisjoner og formål. Vi vil anbefale å involvere forvaltningsmyndighetene i vurderingene om videre overvåking, ettersom forvaltningstiltak ofte kan knyttes direkte til slitasjeovervåking.

Mulige veier videre:

- Øke detaljeringsgraden på bakkestudiene i felt til også å inkludere parameterregistreringer i småruter (dersom målet er å få kunnskap om sensitivitet i ulike vegetasjonstyper og kunne påvise tidlig påvirkning). Eventuelt bør man utvikle et tettere samspill mellom vegetasjonsregistreringer i felt og dekningsanalyser basert på vanlige foto. Ideelt sett bør da også antall transekter/ruter og antallet lokaliteter økes.
- Det bør testes ut bedre prosedyrer for bruk av IR-kamera, og det bør vurderes om begrensingene ved bruk av IR-opptak i denne typen «klimastresset» vegetasjon er så store at vanlig RGB-foto vil gi like gode resultater.
- Alternativt kan man forenkle opplegget slik at overvåkingen bare blir en forvaltningsrelevant «scoping» (innsamlingsprosedyre). Dette kan for eksempel være etablering av faste fotopunkter i et større utvalg lokaliteter, gjennomføring av systematisk sårbarhetsanalyse, samle systematisk detaljer om bruksomfang og arealbruk i lokalitetene og gjøre en generell registrering av synlig påvirkning (jfr. Hagen m.fl. 2014). Dette vil ikke gi samme detaljer og kunnskap om sensitivitet, men kan ha tilstrekkelig systematikk til å antyde en sammenheng mellom bruk og effekt – og kan være tilstrekkelig til at forvaltningen har grunnlag for å sette i verk nødvendige tiltak. Muligheten for å fange opp tidlig påvirkning vil være begrenset og metoden er avhengig av god kunnskap om arealbruk og beite.
- Gjentak av flybildefoto anbefales og vil være relevant uavhengig av hvilken veg man velger videre. Flybildefoto må kalibreres med befaringer og datainnsamling i felt.
- Det bør uansett metode for videreføring tas høyde for at overvåkingen skal kunne fange opp effekter av tiltak.
- Ideelt sett bør det gjennomføres både intensiv og ekstensiv overvåking. Intensiv overvåking på småskalanivå er helt avgjørende for å forstå mekanismene bak slitasje og endringer. Disse er nødvendige for å tolke endringer fanget opp på større skalaer som for eksempel ved flyfoto (ekstensiv overvåking). Antall områder med intensiv overvåking trenger ikke å være like mange som for ekstensiv overvåking. Her kan man bruke de lettest tilgjengelige lokaliteter.
- Det er mulig å utnytte synergier bedre mellom ulike prosjekter og annen overvåking. Et eksempel kan være en tett kobling til TOV-Endalen (Bakkestuen m.fl. 2015) hvor det er intensiv overvåking og en del ferdsel. Det er også viktig på sikt å få bedre oversikt over ulike typer slitasje, her kommer spesielt beiteeffekter inn.

6 Referanser

- Agribotix 2014. Misconceptions about UAV-collected NDVI imagery and the Agribotix experience in ground truthing these images for agriculture. <http://agribotix.com/blog/2014/6/10/misconceptions-about-uav-collected-ndvi-imagery-and-the-agribotix-experience-in-ground-truthing-these-images-for-agriculture>.
- Bakkestuen, V., Aarrestad, P.A. & Stabbetorp O.E. 2015. Gjenanalyse av intensive overvåkingsfelter for markvegetasjon i Endalen, Svalbard 2014. Endringer i vegetasjon fra 2009 til 2014 og vurdering av overvåkingsmetodikk - NINA Rapport 1122.
- Bakkestuen, V., Aarrestad, P.A., Stabbetorp, O.E., Erikstad, L. & Eilertsen, O. 2010. Vegetation composition, gradients and environment relationships of birch forest in six reference areas in Norway. - Sommerfeltia 34. 223 pp. + Suppl.
- Burgheimer, J., Wilske, B., Maseyk, K., Karnielia, A., Zaady, E., Yakir, D. & Kesselmeier, J. 2006. Relationships between Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and carbon fluxes of biogenic soil crusts assessed by ground measurements. Journal of Arid Environments 64: 651–669.
- Fremstad, E. 1997. Vegetasjonstyper i Norge. - NINA Temahefte 12: 1-279.
- Hagen, D., Systad, G.H., Eide, N.E., Erikstad, L., Moe, B., Svenning, M., Veiberg, V. & Vistad, O.I. 2014a. Sårbarhetsvurdering i polare strøk. Gjennomgang av begrep og metoder. - NINA Rapport 1045. 53 s.
- Hagen, D., Eide, N.E., Flyen, A.C., Vistad, O.I. & Fangel, K. 2014b. Håndbok i sårbarhetsvurdering av ilandstigningslokaliteter på Svalbard. NINA Temahefte 56. 65 s.
- Hagen, D., Eide, N.E., Fangel, K., Flyen, A.C. & Vistad, O.I. 2012. Sårbarhetsvurdering og bruk av lokaliteter på Svalbard. Sluttrapport fra forskningsprosjektet "Miljøeffekter av ferdsel". - NINA Rapport 785. 110 pp + vedlegg.
- Hagen, D., Fangel, K., Flyen, A.C., Eide, N.E. & Vistad, O.I. 2013. Sårbarhetsvurdering av ilandstigningslokaliteter på Svalbard. Klassifisering av sårbarhet - vegetasjon, dyreliv og kulturminner. - NINA Faktaark 1: 2013.
- Hagen, D., Erikstad, L. & Bakkestuen, V. 2010. Overvåking av ferdselsslitasje på Svalbard. Oppsummering av status etter etablering av fire fokuslokaliteter i 2009. - NINA Minirapport 292: 33 s. + vedlegg.
- Hagen, D. & Erikstad, L. 2011. Overvåking av ferdselsslitasje på Svalbard- etablering av to nye fokuslokaliteter i 2010. NINA Mini-rapport 234. 30 s. + vedlegg.
- Halvorsen, R., Andersen, T., Blom, H.H., Elvebakk, A., Elven, R., Erikstad, L., Gaarder, G., Moen, A., Mortensen, P.B., Norderhaug, A., Nygaard, K., Thorsnes, T. & Ødegaard, F. 2009. Naturtyper i Norge - Teoretisk grunnlag, prinsipper for inndeling og definisjoner. - Naturtyper i Norge versjon 1.0 Artikkel 1: 1-210. Artsdatabanken.
- Sokal, R.R. & Rohlf, F.J. 1995. Biometry. ed.3. - Freeman, New York.
- Tømmervik, H., Bakkestuen, V. & Erikstad, L. 2008. Forsøk med forsterkning og revegetering av kjøretraséer i Porsangermoen - Hálkavárri skytefelt. - NINA rapport 341. 35 s.
- Vistad, O.I., Eide, N.E., Hagen, D., Erikstad, L. & Landa, A. 2008. Miljøeffekter av ferdsel og turisme i Arktis. En litteratur- og forstudie med vekt på Svalbard. - NINA Rapport 316. 124 s.
- Økland, R.H. 1990. Vegetation ecology: theory, methods and applications with reference to Fennoscandia. - Sommerfeltia Supplement 1. 233s.
- Økland, T., Bakkestuen, V., Økland, R.H. & Eilertsen, O. 2004. Changes in forest understory vegetation in Norway related to long-term soil acidification and climatic change. - Journal of Vegetation Science. 15: 437-448.
- Walker, D.A., Epstein, H.E. m. fl. 2012. Environment, vegetation and greenness (NDVI) along the North America and Eurasia Arctic transects. Environmental Research Letters 7 (17pp).
- Aarrestad, P. A., Bakkestuen, V., Hassel, K., Stabbetorp, O.E. & Wilmann, B. 2010. Etablering av overvåkingsfelter for markvegetasjon i Endalen, Svalbard 2009 - NINA Rapport 579. 28 s. + Vedlegg.



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

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

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

ISSN: 1504-3312
ISBN: 978-82-426-2776-6

Norsk institutt for naturforskning

NINA Hovedkontor

Postadresse: Postboks 5685 Sluppen, 7485 Trondheim

Besøks/leveringsadresse: Hogskoleringen 9, 7034 Trondheim

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

E-post: firmapost@nina.no

Organisasjonsnummer 9500 37 687

<http://www.nina.no>

Samarbeid og kunnskap for framtidens miljøløsninger