

Effekt av sykling og ridning på vegetasjon langs stier

Resultater fra en feltstudie

Dagmar Hagen, Marianne Evju, Siri Lie Olsen, Oddgeir Andersen, Odd Inge Vistad



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 Kortrapport

Dette er en enklere og ofte kortere rapportform til oppdragsgiver, gjerne for prosjekt med mindre arbeidsomfang enn det som ligger til grunn for NINA Rapport. Det er ikke krav om sammendrag på engelsk. Rapportserien kan også benyttes til framdriftsrapporter eller foreløpige meldinger til oppdragsgiver.

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.

Effekt av sykling og ridning på vegetasjon langs stier

Resultater fra en feltstudie

Dagmar Hagen, Marianne Evju, Siri Lie Olsen, Oddgeir Andersen, Odd Inge Vistad

Hagen, D., Evju, M., Olsen, S.L., Andersen, O. og Vistad, O.I.
2016. Effekt av sykling og ridning på vegetasjon langs stier. Resultater fra en feltstudie. - NINA Rapport 1288. 50 s.

Trondheim, oktober 2016

ISSN: 1504-3312

ISBN: 978-82-426-2954-8

RETTIGHETSHAVER

© Norsk institutt for naturforskning

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

TILGJENGELIGHET

Åpen

PUBLISERINGSTYPE

Digitalt dokument (pdf)

KVALITETSSIKRET AV

Per Arild Aarrestad

ANSVARLIG SIGNATUR

Forskningsjef Signe Nybø (sign.)

OPPDRAKSGIVER(E)/BIDRAGSYTER(E)

Miljødirektoratet

OPPDRAKSGIVERS REFERANSE

M-623|2016

KONTAKTPERSON(ER) HOS OPPDRAGSGIVER/BIDRAGSYTER

Line-Kristin Larsen

FORSIDEBILDE

Sti. Foto: Dagmar Hagen

NØKKEWORD

ferdsel, fjell, ridning, skog, slitasje, sti, sykling, vegetasjon

KEY WORDS

alpine, forest, horse-riding, biking, tracks, tearing, vegetation

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., Evju, M., Olsen, S.L., Andersen, O. og Vistad, O.I. 2016. Effekt av sykling og ridning på vegetasjon langs stier. Resultater fra en feltstudie. - NINA Rapport 1288. 50 s.

Å kunne ferdes i naturen er et gode folk flest setter pris på og som myndighetene ønsker å legge til rette for. Samtidig kan ferdsel også gi uønskede effekter på natur. Sykling i utmark og ridning er eksempel på aktiviteter som har økt eller endret seg i bruksomfang og intensitet de senere år. I regjeringens Friluftslivsmelding (Stortingsmelding 18 (2015-2016)) «Friluftsliv. Naturen som kilde til helse og livskvalitet» er det foreslått endringer som kan medføre at det blir tillatt å sykle i områder der det i dag er forbudt. Forvaltningsmyndighetene trenger derfor systematisk og etterprøvbart kunnskap om effekten av disse aktivitetene. I dette prosjektet har vi studert slitasje fra sykling og ridning på vegetasjon og terreng langs ikke opparbeidede stier med varierende bruksintensitet og i ulike naturtyper.

Prosjektet har bestått av en feltstudie hvor vi registrerte slitasje langs stier som ble brukt til sykling og ridning i henholdsvis skog og fjell. I tillegg samlet vi kunnskap om bruksomfanget langs de samme stiene. Studien omfattet registreringer langs 21 stier med til sammen 202 segmenter, hvorav 15 stier med totalt 143 segmenter som i hovedsak benyttes til sykling og 6 stier med til sammen 59 segmenter hovedsakelig brukt til ridning. Vi fokuserte analysene på total stibredde (sti + overgangssoner) og stidybde, undersøkte effektene av bruk (mye/lite), fuktighet (tørt/fuktig) og helling (flatt/bratt), da dette er faktorer som tidligere er dokumentert å ha stor innvirkning på slitasje som følge av ferdsel.

Vi fant de samme trendene i både skog og i fjell: mye bruk og fuktige strekninger gir stor slitasje, der slitasje i hovedsak er målt som stibredde. Fuktige sykkelstier var omtrent dobbelt så breie som stier i tørre områder både i skogen og på fjellet, og effekten av økt bruk var større i fuktige enn i tørre områder. Dette var spesielt tydelig på sykkelstiene i skogen. Også hestestier var mye breiere i fuktige enn i tørre områder. Helling hadde også betydning for slitasje, og stier i bratt terreng var hovedsakelig dypere enn stier i flatt terreng. Disse generelle trendene, som ser ut til å gjelde både i skog og fjell og uavhengig av type ferdsel, tyder på at resultatene fra denne studien kan overføres til andre områder og naturtyper på et overordnet nivå (f.eks. fuktig vs. tørt, flatt vs. bratt).

Kunnskap om bruksomfang har vært en utfordring av for studien. Vi har brukt erfaringer fra lokale brukere og dels egne ferdselstillinger for å få oversikt over bruksomfang for stiene som er inkludert i denne studien. Imidlertid er stiene normalt brukt av flere brukergrupper enn syklistene og hester, både folk til fots og beitedyr. Noen stier er nye, dvs. har vært i bruk i relativt kort tid, mens andre er gamle, etablerte stier. Noen stier brukes jevnt over i sesongen, mens andre har mye bruk konsentrert til korte tidsperioder. Vi har imidlertid et klart inntrykk av at det er den samlede ferdselen som er avgjørende for slitasje på vegetasjonen langs stiene.

Med økte bruk og en eventuell endring i lovverket vil det trenge en mer aktiv forvaltning både i og utenfor verneområdene overfor det stadig mer mangfoldige friluftslivet. Våre funn viser hvor slitasjeutfordringene er størst, og gir dermed informasjon om hvor det eventuelt bør prioriteres innsats for å legge om stien eller forsterke underlaget. Dersom tiltak skal ha ønsket effekt, må de imidlertid treffe både de forskjellige brukergruppene og verneinteressene. Det er ikke usannsynlig at forholdet mellom ulike friluftslivsaktiviteter kan bli en vel så stor utfordring framover som friluftslivets effekt på naturen.

Dagmar Hagen (dagmar.hagen@nina.no), Norsk institutt for naturforskning (NINA), Postboks 5685 Sluppen, 7485 Trondheim. Marianne Evju (marianne.evju@nina.no) og Siri Lie Olsen (siri.lie.olsen@nina.no), NINA, Gaustadalléen 21, 0349 Oslo. Oddgeir Andersen (oddgeir.andersen@nina.no) og Odd Inge Vistad (odd.inge.vistad@nina.no), NINA, Fakkelgården, 2624 Lillehammer.

Abstract

Hagen, D., Evju, M., Olsen, S.L., Andersen, O. and Vistad, O.I. 2016. Effects from biking and horseback riding on vegetation in tracks. Results from a field study. - NINA Report 1288. 50 pp.

Outdoor recreation is a benefit much appreciated by most people, and activities that the authorities wish to facilitate. At the same time outdoor recreation could potentially also have unwanted impact on nature. Biking and horseback riding in nature are examples of increasing and changing activities during the last years. In the White paper on outdoor recreation Friluftslivsmeldingen (Stortingsmelding 18 (2015-2016)) new legislation for biking in nature is suggested. The management authorities need more knowledge about the effects of these activities. In this project we studied the tearing and effects on vegetation from biking and horseback riding along tracks with different use intensities in different nature types. The project is a field study, and tearing and wearing of vegetation and terrain along tracks used for biking and horseback riding was recorded in forest and alpine habitats. In addition, data about the human use along the same paths was collected. The study included 21 trails with a total of 202 segments, of which 15 trails and 143 segments were mainly used for biking and 6 trails and 59 segments were mainly used for horseback riding. We focused the analyses on total width of the tracks, including transition zones between the track and intact vegetation, and track depth, and explored effects of use (much/little), soil humidity (dry/humid) and slope (flat/steep). These are factors previously shown to influence the tearing of vegetation from outdoor recreation.

Similar trends were detected for forest and alpine sites: heavy use and high soil humidity leads to a higher degree of wearing, measured as width of the track. Biking tracks in humid vegetation were approximately twice as wide as tracks in dry vegetation, both in the forest and the alpine, and the effect of heavy use was larger in humid than in dry sites. This was particularly visible in biking tracks in the forest. Horseback tracks were also wider in humid compared to dry vegetation. Slope was also important for measured effects, and tracks in steep terrain were generally deeper than tracks in flat terrain. These general findings, that seem valid both for forest and alpine sites and independent of type of use, suggest that the results from this study are transferable to other sites and habitats on a general level (e.g. humid vs. dry, flat vs. steep).

To get good and relevant data about the amount of use on the tracks included in this study was very challenging. We collected experiences from local users and used our own counting data to get an overview. However, the tracks are normally used by more user groups than just bikers and horseback riders, including both use by foot and by livestock. Some tracks are new, i.e. they have been used for a relatively short time-span, whereas others have been used for a long time. Some tracks are used continuously throughout the summer, whereas in others the use is concentrated in a short time-span. Our main impression is that it is the overall use that is decisive for the level of tearing of vegetation along the tracks.

With increased use and a potential change of the legislation a more active management towards outdoor recreation activities may be required, both inside and outside of protected areas. Our findings point to where the challenge of vegetation tearing is largest. This information can be used to give priority areas for management initiatives, such as relocation of tracks or strengthening of the track surface. However, to get the wanted outcome of such measures the management actions must be rooted in the interests of both the users and the nature management authorities. It is highly likely that the relationship between different outdoor recreational activities can be as big a management challenge in the future as the measured effects of outdoor recreation on nature itself.

Dagmar Hagen (dagmar.hagen@nina.no), Norwegian Institute for Nature Research (NINA), Postboks 5685 Sluppen, NO 7485 Trondheim, Norway. Marianne Evju (marianne.evju@nina.no) and Siri Lie Olsen (siri.lie.olsen@nina.no), NINA, Gaustadalléen 21, NO 0349 Oslo, Norway. Oddgeir Andersen (oddgeir.andersen@nina.no) and Odd Inge Vistad (odd.inge.vistad@nina.no), NINA, Fakkeltårnet, NO 2624 Lillehammer, Norway.

Innhold

Sammendrag	3
Abstract	4
Innhold	5
Forord	6
1 Innledning.....	7
1.1 Bakgrunn for oppdraget.....	7
1.2 Eksisterende kunnskap om sykling/ridning på vegetasjon.....	7
1.3 Målsetting.....	9
2 Metoder	11
2.1 Valg av studieområder.....	11
2.2 Metoder for registrering av stislitasje.....	13
2.3 Beskrivelse av bruk.....	16
2.3.1 Generell kunnskap om bruk langs stiene i studieområdene	16
2.3.2 Ferdselstellere	17
2.4 Analyser	19
3 Resultater	20
3.1 Generelt om naturforhold og bruk langs analyserte stier	20
3.2 Sykkel	21
3.3 Hest.....	28
3.4 Været	33
4 Diskusjon.....	34
4.1 Resultater – hovedtrender.....	34
4.2 Kunnskap om bruk.....	36
4.3 ...og så da...?	39
5 Referanser	40
Vedlegg 1. Kart over studieområdene	42
Vedlegg 2. Ferdelsdata	46
Vedlegg 3 Analyserte stisegmenter klassifisert etter NiN 2.0	50

Forord

Friluftsliv i form av sykling og organisert ridning har økt i omfang og intensitet de senere år. Samtidig foreslår regjeringen i Friluftsmeldingen (Meld. St. 18, 2015-2016) endringer i forvaltningen av verneområder som kan medføre at sykling blir tillatt i nye områder. For å gjennomføre god forvaltning er det behov for mer kunnskap om hvilke effekter sykling og ridning har på vegetasjon under ulike naturforhold og bruksomfang.

Miljødirektoratet utlyste i desember 2015 anbud på prosjekt med en feltstudie for å se på effekten av sykling og ridning på stier/traseer. Norsk institutt for naturforskning (NINA) fikk oppdraget og gjennomførte det i perioden januar til oktober 2016.

Denne rapporten beskriver feltstudien, utvalg av studieområder og stier, datainnsamling, analyse og rapportering av felldata. I samråd med oppdragsgiver ble det besluttet å legge studien til stier i fjell og skog. Det er samlet inn data for et utvalg av stier i Asker, Dovre, Gausdal, Lillehammer, Røyken, Ringsaker, Trondheim og Øyer kommuner. Langs noen av stiene er det også gjort ferdselstellinger. Prosjektet er gjennomført av ei gruppe forskere fra NINAs avdelinger på Lillehammer, Oslo og Trondheim med kompetanse på vegetasjon, slitasje og ferdsel. I tillegg har vi hatt bistand fra kolleger; Heidi Elin Myklebost var med på sti-analysene i Trondheim, Magni Olsen Kyrkjeeide har lagt inn data og Øyvind Hamre har laget kartene i rapporten.

Denne studien hadde ikke vært mulig å gjennomføre uten god kontakt med sykkel- og hestemiljøene. Brukerne kjenner aktivitetene som drives, hvor det drives og hvordan bruken har utviklet seg over tid. Dette er avgjørende kunnskap for å finne et godt utvalg av stier og samle relevante data. Stor takk til Norsk Organisasjon for Terrengsykling (NOTS) med Vidar Gundersen og Geir Hanssen i spissen, Torgeir Fenstad på Skeikampen Resort, Sølvi Amundsen Aas og Aksel Selmer i Birken og Asgeir Bjerke i Lillehammer Olympiapark, Anne Stine Hjerkind Ekre og Martin Hjerkind ved Hjerkind Fjellstue og Fjellridning, Camilla Li og Christoffer Hauger på Mesna islandshestsenter. Kontaktperson i Miljødirektoratet har vært Therese Ruud (fra oppstart til august 2016) og Line-Kristin Larsen (fra august til oktober 2016). Takk til alle for godt og positivt samarbeid og mye nyttig informasjon gjennom hele prosjektet.

Trondheim, oktober 2016

Dagmar Hagen
prosjektleder

1 Innledning

1.1 Bakgrunn for oppdraget

Mange typer ferdsel og bruk av natur (f.eks. friluftsliv) er ønskede aktiviteter, både fra myndighetenes side og for folk flest. Samtidig kan ferdsel også gi uønskede effekter på natur. Forvaltning av natur handler om å finne gode løsninger slik at folk kan bruke naturen uten at det oppstår unødvendige og uønskede effekter på naturverdier. Spesielt er dette viktig i verneområder, som både er viktige for biologisk mangfold og for friluftsliv. Forvaltning skal hindre at verneverdier går tapt, samtidig som verneformål knyttet til allmenn bruk oppfylles.

Friluftslivsbruken av natur er i endring, og det kommer stadig nye aktiviteter og bruksmåter. Sykling i utmark og ridning er eksempel på aktiviteter som har økt eller endret seg i bruksomfang og intensitet de senere år. I regjeringens Friluftslivsmelding (Stortingsmelding 18 (2015-2016)) «Friluftsliv. Naturen som kilde til helse og livskvalitet», er det foreslått endringer som kan medføre at sykling blir tillatt i mange områder hvor det i dag er forbudt. Dersom regjeringens forslag blir vedtatt, vil sykling på stier og kjørespor i nasjonalparker, landskapsvernområder og nye skogsreservater bli tillatt som hovedregel. Forvaltningsmyndighetene kan imidlertid regulere sykling i verneområder dersom bruken kan komme i konflikt med verneformålet. Forvaltningen trenger dermed konkret kunnskap om forholdet mellom bruk og effekter for å sannsynliggjøre en slik konflikt. Bruk av hest vil trolig reguleres som i dag, men det presiseres i Friluftsmeldingen at dette er en type ferdsel som gir noen spesielle utfordringer.

Studiet av folks bruk av naturområder og effekter av bruk er et stort og mangfoldig fagfelt. I tillegg er dette et tema med stort engasjement og mange (til dels sterke) meninger blant «folk flest». Det er stadig oppslag i media om konflikter mellom brukere og dramatiske bilder av «ødelagt natur». For å unngå unødige konflikter og for å bygge relevant kunnskap om forholdet mellom effekter og bruk, har forvaltningsmyndighetene behov for systematisk og etterprøvbart kunnskap.

Denne rapporten ser på effekten av sykling og ridning på vegetasjon og terreng i og langs stier som ikke er anlagt eller gruset opp. I utgangspunktet er dette ei avgrensa problemstilling som vil gi noen svar, men også reise nye spørsmål, spesielt i grensesnittet mot andre fagfelt. I dette prosjektet har vi valgt å inkludere ulike fagfolk, slik at de konkrete resultatene som botanikerne dokumenterer kan drøftes i et litt breiere perspektiv. Men vi går ikke inn i spørsmål om folks holdninger til ulike former for bruk eller konflikter mellom ulikebrukergrupper.

1.2 Eksisterende kunnskap om sykling/ridning på vegetasjon

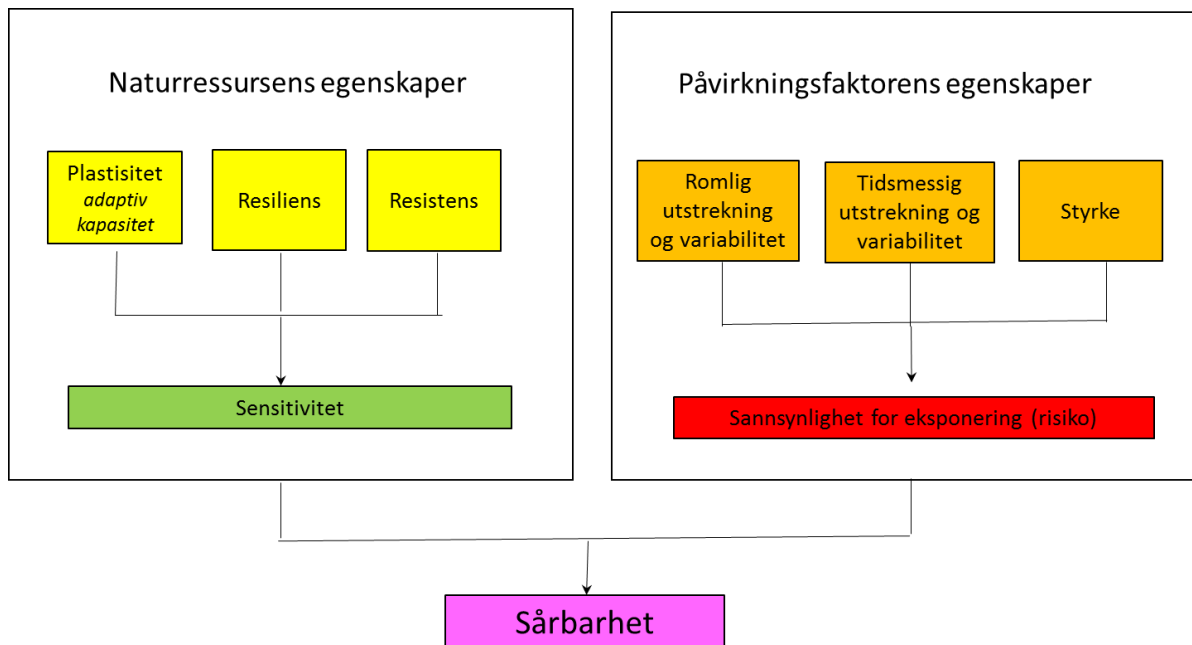
Det er gjort en litteratursammenstilling av Øian mfl. (2015) av nasjonal og internasjonal forskning på effekter av ferdsel og friluftsliv i sårbare områder. Oversikten omhandler ulike former for ferdsel og aktiviteter i forbindelse med friluftslivsutøvelse og hvordan aktivitetene påvirker forskjellige naturtyper, arter og artsgrupper i tid og rom. Samtidig beskriver rapporten kunnskapsmangler. Sykling i utmark og ridning er eksempler på aktiviteter som har økt eller endret seg i bruksomfang og intensitet de senere år.

Øian mfl. (2015) identifiserer noen sentrale punkter hvor behovet for kunnskap om effekter av hest og sykkel på natur er stort:

- slitestyrke (og terskelverdier) i ulike naturtyper
- effekter når større områder tas i bruk
- effekter av intensivt bruk i enkelte områder eller tidsperioder
- effekter av nye typer utstyr (f.eks. fatbike)
- effekter knyttet til større arrangementer

Feltstudien som presenteres her, skal bidra til å øke kunnskapen på en del av disse punktene.

Et viktig begrep i denne sammenheng er sårbarhet. Sårbarhet er et komplisert begrep (Hagen mfl. 2014). I denne rapporten velger vi å forholde oss til sårbarhet som betegnelse for *hvor utsatt en ressurs er for bestemte påvirkningsfaktorer*. Med andre ord hvordan en bestand, art, artsgruppe eller naturtype har evne til å opprettholde en tilstand gitt en ytre, menneskeskapt påvirkning (Hagen mfl. 2014). Dette innebærer at kunnskap om sårbarhet forutsetter kjennskap til både ressursens egenskaper (sensitivitet) og påvirkninger (i denne sammenheng ferdsele) (**Figur 1**). Ressursen i denne feltstudien er vegetasjonsdekket. Sensitiv vegetasjon omfatter både vegetasjonstyper med dårlig slitestyrke (lav resistens/toleranse) og dårlig evne til gjenvekst (lav resiliens) (**Figur 1**). Begge deler er viktig i koblingen til sårbarhet. Målet med feltstudien er dermed å bedre kunnskapen om hvordan ulike økologiske forhold har betydning for vegetasjonens sensitivitet i norsk natur.



Figur 1. Sårbarhet er en samlet vurdering av sensitivitet (egenskaper ved ressursen, her vegetasjonsdekket) i forhold til en gitt påvirkning (her sykling eller ridning). Figur modifisert fra Hagen mfl. (2014).

Generelt er effekter på vegetasjon og terreng som følge av ferdsel avhengig av belastningsgrad (intensitet, frekvens, tidspunkt og type bruk) i tillegg til de økologiske faktorer på lokaliteten, som type vegetasjon, egenskaper ved arter, geografiske forhold, jordsmonn og vær/klima (se f.eks. Törn mfl. 2006, 2009). Effektene kan systematiseres etter hvilket organisasjonsnivå som påvirkes og hvilke endringer som faktisk kan måles: *terreng og jord* (eks. endret vannbalanse, komprimering av øvre jordlag), *plantесamfunn* og *vegetasjonstyper* (eks. noen arter eller artsgrupper går fram på bekostning av andre, større andel naken jord) og *art/populasjon* (eks. ferdsel kan påvirke enkeltforekomster av arter, og spesielt er dette relevant for sjeldne arter med få forekomster).

Noen av effektene kan måles umiddelbart etter påvirkning, mens andre utvikles over tid. Erfaring fra tidligere stistudier (Hagen & Evju 2011) og andre feltprosjekter (som Hagen mfl. 2012) har vist at endring i vegetasjonsdekning og andel naken jord er egnede parametere for å gjøre raske og etterprøvbare slitasjeregistreringer. Ved moderat slitasje (synlig påvirkning, men fremdeles sammenhengende vegetasjon uten naken jord) vil vegetasjonsdekket gjenopprettes ved naturlig gjenvekst dersom påvirkningen opphører, mens kraftig slitasje (hull i vegetasjonsdekket og eksponering av underliggende jord) kan utløse erosjon og endringer i fysiske forhold som vil kreve aktive restaureringstiltak for å gjenopprette tilsvarende vegetasjonsdekke (se Vistad mfl. 2008).

Studier fra fjellområder i hele verden, inkludert Europa og Skandinavia (Lucas-Borja mfl. 2011, Jägerbrand og Alatalo 2015, Evju mfl. 2012), dokumenterer at selv liten ferdsel over kort tid kan føre til redusert vegetasjonsdekke, endringer i artssammensetning og økt eksponering av jord (Cole 2004, Barros mfl. 2013, Evju mfl. 2012).

Øian mfl. (2015) oppsummerer en rekke studier som dokumenterer forhold som er av betydning for vegetasjonens sensitivitet. Artssammensetning er en slik faktor, der flere studier antyder at saktevoksende arter (som lyngarter og busker) har høyere toleranse for tråkk, mens de rasktvoksende artene (som urter) har lavere tråkktoleranse, men bedre resiliens (kan etablere seg raskt igjen dersom påvirkningen opphører (Törn mfl. 2006)). Men omfanget og varigheten av forstyrrelser påvirker resiliens i enda større grad enn hva artssammensetningen gjør, så ved langvarig eller omfattende forstyrrelser vil gjenvekst hindres uavhengig av vegetasjonens sammensetning. Grasvegetasjon er generelt mindre sensitiv enn busk- eller urtevegetasjon fordi den både er temmelig tolerant for tråkk og har rimelig god gjenvekst sammenliknet med andre plantegrupper. Det er ikke tilfeldig at gras er den vanligste plantegruppa i parker og på plener – de skal tåle tråkk.

Det er også nær sammenheng mellom effekter av ferdsel og bæreevnen (slitestyrken) til underlaget. Den viktigste enkeltfaktoren som påvirker slitestyrken er jordas vanninnhold, mens en annen viktig faktor er innholdet av finstoff (leir og silt) i jorda (Tømmervik mfl. 2005, Arnesen og Lyngstad 2012). Dette betyr at slitestyrken er dårligst i våtmark og i svært tørre områder med stor andel finmateriale som lett eroderes og raser ut, spesielt der det er glissen vegetasjon. Ved tråkk eller sykling i myr blir torva presset sammen og det blir mer åpent vann i overflata, noe som på sikt vil gi mindre vegetasjonsdekning eller en endring i retning av mer fuktighetskrevede arter. Terrengets helling og hvor eksponert det er har også stor betydning for effekter av ferdsel. Dette henger sammen med at en liten påvirkning kan raskt forverres i bratt bakke på grunn av erosjon og eventuell utvasking ved regnvær. Det er påvist at samme type påvirkning fra ferdsel innen samme område forårsaker komprimering av jord i flatt og relativt tørt terreng og erosjon i bratt terreng med fuktig jord (se f.eks. Wilson og Seney 1994, Thurston og Reader 2001). Ustabil terreng eller overflate vil også automatisk redusere gjenveksten ved at nyspirte planter ikke klarer å etablere seg før de blir forstyrret. Her er bratte og tørre områder spesielt utsatt.

1.3 Målsetting

Miljødirektoratet ønsket med dette prosjektet å få mer kunnskap om effekten av ferdsel, avgrenset til hvilken effekt sykling og ridning har på naturen. Dette er et svært stort og komplekst tema, og det var i prosjektutlysingen presisert at studien skulle avgrenses til slitasje på vegetasjon og omfatte naturlige stier eller tråkk, altså ikke opparbeidede sykkel-/hestestier eller veger med påført dekke eller som på annen måte er tilrettelagt med klopper eller stiforsterking. Vi ble enige med oppdragsgiver om å fokusere mest på sykkelstier, men også inkludere en del hestestier.

Feltstudien er designet for å gi økt kunnskap om slitasjeeffekter av sykling og ridning ved varierende bruksintensitet og i ulike naturtyper. Det var også en del av oppdraget å vurdere om det kan settes terskelverdier for forholdet mellom bruk og slitasje. For å få et mer robust design med mange nok gjentak til at dataene kunne testes statistisk, ble det i samråd med oppdragsgiver besluttet å målrette studien mot hovedøkosystemene fjell og skog. Både skog og fjell omfatter flere attraktive naturtyper for bruk, og det forventes økt bruk av fjellet og bynære skoger til sykling og ridning. Innenfor disse hovedøkosystemene ble det lagt vekt på å fange opp variasjon i naturtyper og deres økologiske gradienter. Variasjon i fuktighet ble dekket opp ved å utføre registreringer langs både tørre og fuktige stier, og variasjon i helling ved registreringer i både bratt og flatt terreng. Ved beskrivelser av naturtyper og miljøforhold brukes terminologien i Natur i Norge (NiN 2.0) (Halvorsen mfl. 2015).

For å vurdere sammenhengen mellom bruksintensitet og slitasjeeffekter ble det utført registreringer langs både mye brukte og lite brukte stier. Dette hadde som forventet en del konkrete

utfordringer som vi diskuterer i rapporten, som for eksempel tilgangen på pålitelige ferdselsdata og at de samme stiene brukes av mange ulike grupper. Studien gir også grunnlag for å formulere en del nye problemstillinger og spørsmål som bør være utgangspunkt for videre studier.

2 Metoder

Hoveddelen av feltstudien besto i å registrere vegetasjonstilstand langs stier som ble brukt til sykling og ridning. For å kunne vurdere forholdet mellom bruk (påvirkning) og slitasje på vegetasjon og terreng (ressursen), trengs kunnskap om eksisterende bruksomfang og brukshistorie. Vi søkte derfor samarbeid med lokale brukere som kjenner påvirkningen over tid i ulike områder. I tillegg monterte vi ferdselstellere på et utvalg av stiene som inngår i feltstudien (se kapittel 2.3).

2.1 Valg av studieområder

Bare naturlige stier ble inkludert i studien, det vil si stier uten påført dekke, som grus eller bark. Vi har heller ikke inkludert stier som er kloppet eller steinlagt eller på annen måte forsterket. En sti har vi definert som en strekning med enhetlig bruk, det vil si en strekning mellom to stikryss, men som kan ha variasjon i vegetasjonstype, fuktighetsforhold og terreng.

Vi valgte tre studieområder for sykkelstier i skog: Kjekstadmarka ligger i Asker og Røyken kommuner (Akershus/Buskerud). Både merkede og umerkede stier og skiløyper går på kryss og tvers gjennom området, som er mye brukt både til fots, på sykkel og dels til hest i sommerhalvåret. Bymarka i Trondheim (Sør-Trøndelag) er hovedutfartsområde for Trondheims befolkning, og det går en rekke opparbeidede stier og enkle tråkk på kryss og tvers. Det er mye ferdsel både til fots og med sykkel langs merkede stier. Det er en viss segregering av bruken slik at noen stier er mest brukt av syklister. Birkebeinerstadion i Lillehammer (Oppland) er et mye brukt område for trening både for syklister og andre mosjonister og også et mye benyttet nærturområde for Lillehammers befolkning. Til sammen har vi valgt ut ti ulike stier, som representerer ulik bruk og ulike naturforhold, i disse tre områdene (**Figur 2, Tabell 1**).

Studien av sykling på fjellet ble konsentrert til to områder: Skei i Gausdal (Oppland) og Øyerfjellet/Hafjell (Oppland). I begge områdene ble arealer over i lavalpin sone valgt som studielokaliteter. Stiene som ble undersøkt, er dels T-merkede (Den Norske Turistforening) og benyttes derfor også i stor grad av fotturister og i tillegg stedvis av beitedyr. Stiene i Øyerfjellet ble brukt under Ultrabirken-rittet i slutten av august 2016, med vel 600 deltakere, og representerer et område med «mye» bruk, mens stiene på Skei har varierende omfang av sykling.

Effekter av ridning ble undersøkt i tilknytning til to hestesenter som driver med organiserte turer med islandshest. I Mesnali i Ringsaker (Hedmark) valgte vi stier i skogen i nærheten av Mesna Islandshestsenter, mens vi på Hjerkinns på Dovre (Oppland) valgte stier i fjellet som benyttes av Hjerkinns Fjellstue og Fjellridning og også delvis av Kvistli Islandshester (**Figur 2, Tabell 1**). Hestetiene i fjellet er for en stor del stier som har vært brukt i svært lang tid, både for ferdsel til fots og av beitedyr som sau og storfe.



Figur 2. Oversikt over studieområdene som ble brukt for sykkel (Kjekstadmarka, Birkebeinerstasjon, Øyerfjellet, Skei og Bymarka) og hest (Mesnali og Hjerkinn). For detaljerte kart over hvert område se **Vedlegg 1**.

Tabell 1. Oversikt over stier som inngår i undersøkelsen, med antall segmenter registrert, type ferdsel, vår vurdering av bruksomfang og hvor det ble montert ferdselstellere. For detaljerte kart over hvert område se **Vedlegg 1**.

Område	Natur-type	Sti	Ant. segm.	Ferdsel	Bruk	Tellere
Kjekstadmarka	Skog	Brennevinstien 1	7	Sykkel, til fots	Mye	Nei
Kjekstadmarka	Skog	Brennevinstien 2	6	Sykkel, til fots	Mye	Sykkelteller
Kjekstadmarka	Skog	Brennevinstien 3	9	Sykkel, til fots	Mye	Sykkelteller
Kjekstadmarka	Skog	Skjellestadstien 1	8	Sykkel, til fots	Lite	Sykkelteller
Kjekstadmarka	Skog	Skjellestadstien 2	10	Sykkel, til fots, litt hest	Lite	Sykkelteller
Kjekstadmarka	Skog	Djupedalstien	10	Sykkel, til fots	Lite	Nei
Bymarka	Skog	Blåbærstien	3	Sykkel	Lite	Nei
Bymarka	Skog	Gammelstien	14	Sykkel	Mye	Nei
Birkebeinerstadion	Skog	NTG (Norges toppidrettsgymnas) -stien	5	Sykkel, downhillsti	Lite	Sykkelteller
Birkebeinerstadion	Skog	Kanalstien	4	Sykkel, til fots, litt hest	Mye	Sykkelteller
Skei	Fjell	Dørdalstien	5	Sykkel, til fots	Lite	Nei
Skei	Fjell	Gråkampen	9	Sykkel, til fots, beitedyr	Lite	Sykkelteller
Skei	Fjell	Skjellbreia	7	Sykkel, til fots, beitedyr	Mye	Sykkelteller
Øyerfjellet	Fjell	Djupen-Brettdalen	23	Sykkel, til fots, beitedyr	Mye	Nei, men del av Ultrabirken-trasé
Øyerfjellet	Fjell	Hitfjellet	23	Sykkel, til fots, beitedyr	Mye	Nei, men del av Ultrabirken-trasé
Mesnali	Skog	Mesnabakken vest	6	Hest	Lite	Personteller
Mesnali	Skog	Inngang Mesnas-tien	2	Hest	Lite	Personteller
Mesnali	Skog	Tillerrunden	16	Hest	Lite	Personteller
Hjerkinn	Fjell	Professorstien	10	Hest	Mye	Personteller
Hjerkinn	Fjell	Sautjønnet	12	Hest	Mye	Personteller
Hjerkinn	Fjell	Viewpoint	13	Hest	Mye	Nei

2.2 Metoder for registrering av stislitasje

Metoden benyttet for å registrere stislitasje er utviklet gjennom prosjektene «Overvåking i verneområder» (2007), «Målstyrt forvaltning» (2008) og «Pilotprosjekt: Bevaringsmål i store verneområder» (2011), alle finansiert av Direktoratet for naturforvaltning (Hagen og Evju 2011). Metoden er testet og tatt i bruk i noen verneområder.

For å måle slitasje som følge av bruk etablerte vi observasjonspunkter i form av stisegmenter langs utvalgte stier (**Tabell 1**). Et stisegment er en strekning på minimum 15 m i en relativ homogen del av stien, og det ble analysert flere stisegmenter per sti (**Figur 3**). I hvert stisegment ble det lagt ut tre registreringslinjer på tvers av stien (**Figur 4**). Linjene ble lagt ut systematisk med 5 m avstand. Det ble definert en minsteavstand mellom to like stisegmenter (f.eks. tørr + flat) til 30 m, mens avstanden mellom to ulike stisegmenter (f.eks. tørr + flat vs. frisk + bratt) kunne være mindre. Langs hver registreringslinje strakk vi et målebånd helt ut i sideterrenget på begge sider av stien. Følgende variabler ble målt på hver linje:

- Stibredde (cm)
- Bredde på overgangssoner, dvs. soner mellom tydelig sti og intakt vegetasjon på begge sider (cm)
- Slitasjetilstand i sti og overgangssoner, i en tregradig skala:
 - helt slitt – all vegetasjon slitt bort
 - kraftig slitt – synlige hull i vegetasjonsdekket
 - moderat slitt – ingen synlige hull i vegetasjonsdekket, men synlig tråkk
- Stidybde, definert som maks. høyde mellom bakken og den rette linja mellom bakkenivå i urørt terreng på begge sider av stien (cm)
- Terrengets helling, i grader

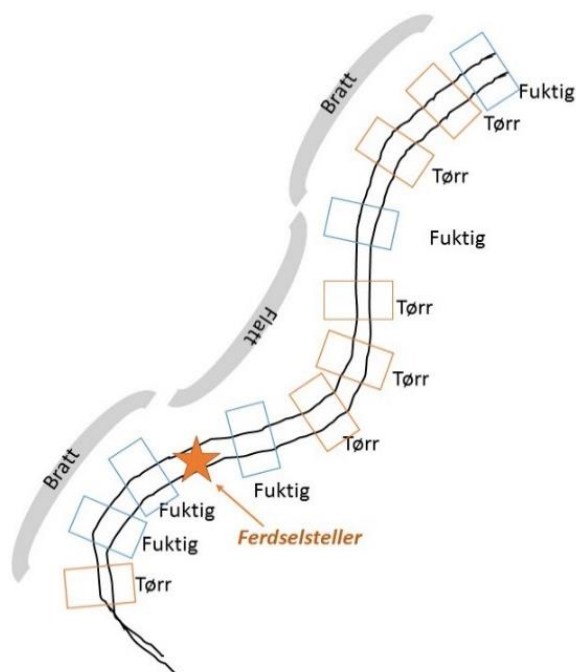
I tillegg registrerte vi:

- Vegetasjon ved registreringslinjen, som dominerende funksjonelle grupper i felt- og bunnsjikt (gras, lyng eller urter i feltsjikt og mose eller lav i bunnsjikt)
- Forekomst av busksjikt
- Dominerende jordtype, mineraljord delt inn etter kornstørrelse i substratet (silt/leire, grus/sand, stein, berg/blokk) eller torvjord/organisk jord.

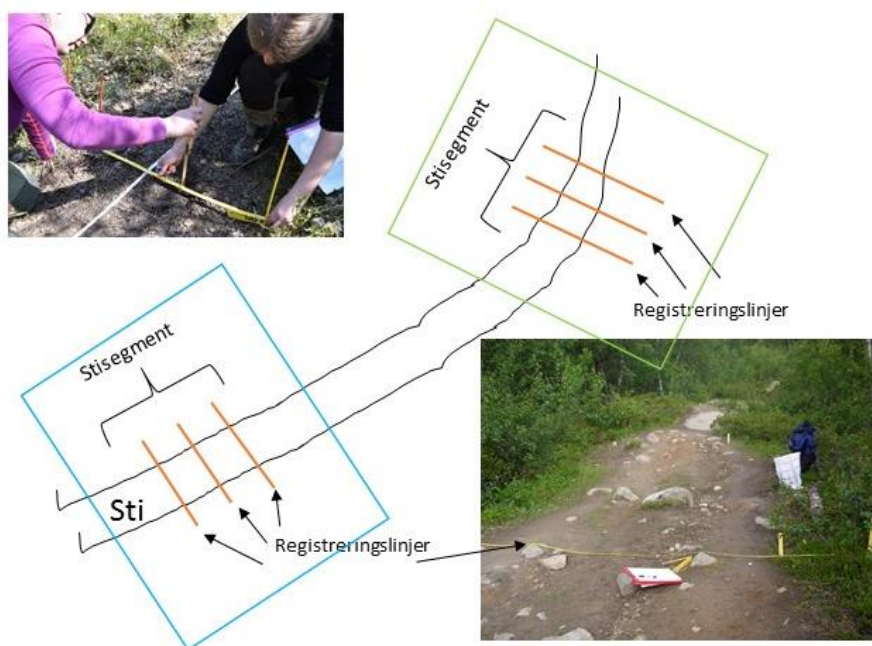
Hvert stisegment ble i etterkant relatert til naturtyper i NiN 2.0 (Halvorsen mfl. 2015) basert på vegetasjonssammensetning og miljøforhold (se sammenstilling i **Vedlegg 3**). Helling i hvert stisegment ble klassifisert som enten bratt eller flatt. Fuktigheten i hvert stisegment ble klassifisert i henhold til firegradig skala fra tørr til våt (**Tabell 2**), som så ble relatert til den lokale komplekse miljøvariabelen 'uttørkingsfare' (UF) i Naturtyper i Norge (Halvorsen mfl. 2015). Overgangen mellom fuktighetsnivå kunne variere en del over korte avstander, og fordi vi kun gjorde visuell klassifisering av fuktighetsnivå, ble antallet nivåer slått sammen til to (tørr og fuktig) i analysene (se også kap. 2.4 og 3.1). Fordi våre stisegmenter dekker et bredt spekter av fuktighetstyper i både fastmark og våtmark måtte vi gjøre en grov inndeling mot naturtyper for hvert fuktighetsnivå.

Tabell 2. Angivelse av fuktighetsnivå for stisegmentene og sammenheng med naturtyper og den lokale komplekse miljøvariabelen 'uttørkingsfare' (UF) i Naturtyper i Norge (Halvorsen mfl. 2015).

Fuktighetsnivå	Tilsvarende i NiN
Tørr	NiN uttørkingsfare 3 (lavheier, lyngskog) og 4 (lavheier, rabber, lavskog)
Moderat tørr	NiN uttørkingsfare 2 (fjell-lynghei, leside, bærlyngskog) og 1 (leside, moderat snøleie, blåbærskog)
Moderat fuktig	NiN kildevannspåvirkede typer eller typer med tilførsel av bevegelig overflatevann, f.eks. vierkratt.
Fuktig	NiN sumpskog og myr, bekkekanter etc.



Figur 3. Konseptet for stiregistrering i feltstudien, der det legges ut mange segmenter (firkantene i figuren) langs stien i ulike natur- og vegetasjonstyper. Det gjennomføres tre linjeanalyser i hvert stisegment (se **Figur 4**). Langs noen av stiene er det satt ut ferdsestiller (oransje stjerne).



Figur 4. Konseptet for linjeregistrering innen stisegmentene. Det gjennomføres tre linjeanalyser i hvert stisegment. Bildene illustrerer hvordan dette foregår i en feltsituasjon.

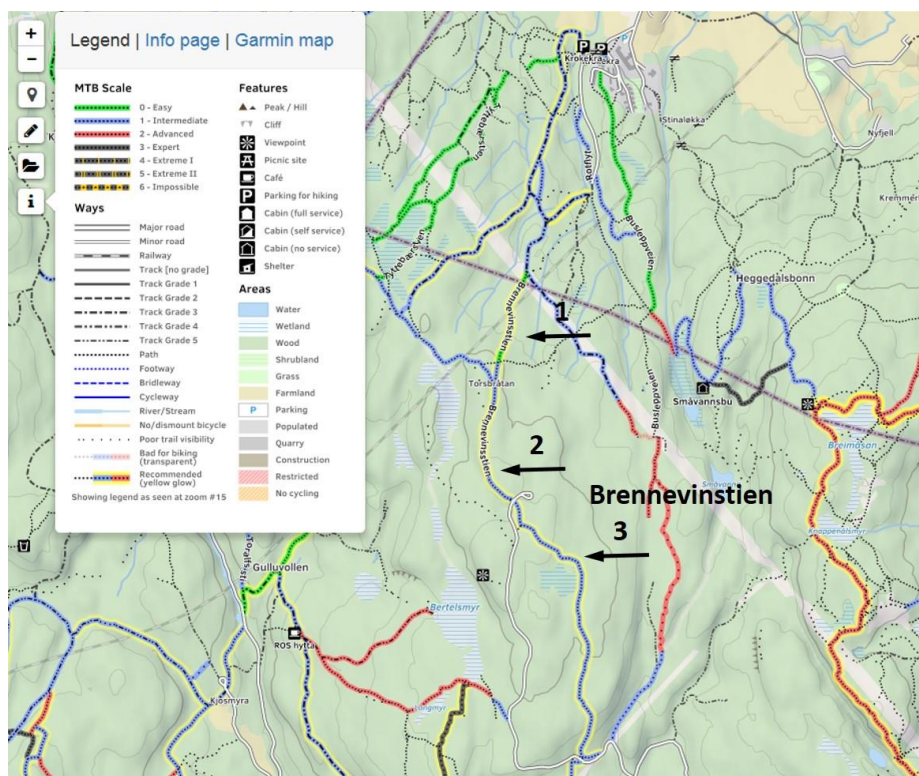
Vi lastet ned data for nedbør fra Meteorologisk institutts interpolerte datasett for 1×1 km ruter over Norge (Meteorologisk institutt 2016). Senterpunktet for hver sti ble brukt som utgangspunkt for å beregne antall dager med nedbør og totalnedbør i perioden mai til august. For å vurdere været i årets sesong sammenlignet vi med normalperioden (1961–1990) og siste tiårsperiode (2006–2015).

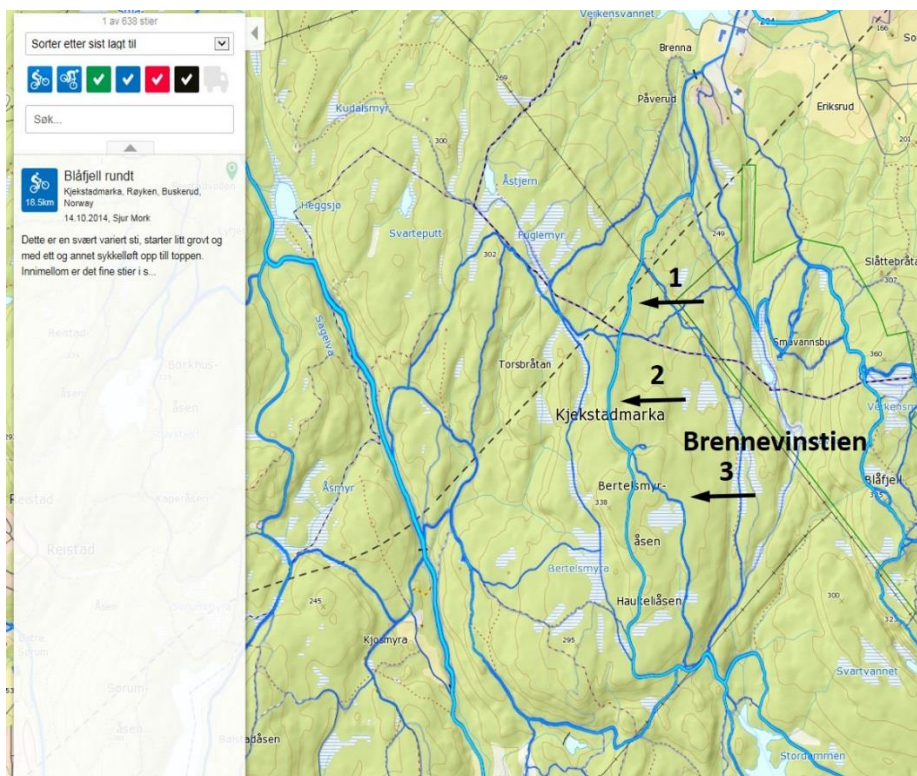
2.3 Beskrivelse av bruk

2.3.1 Generell kunnskap om bruk langs stiene i studieområdene

For å velge stier som representerer ulik bruk og variasjon i naturforhold søkte vi samarbeid med lokale brukere som kjenner påvirkningen over tid i ulike områder. Vi hadde dialog med Norsk Organisasjon for Terrengsykling (NOTS) i Trondheim og Oslo og med lokalkjente næringsutøvere og brukere flere steder i landet, for å få tips om aktuelle stier og studieområder. Vi valgte å konsentrere studien av hestestier til områder med organiserte rideturer i skog og fjell. Da kunne vi få et tilstrekkelig utvalg av stier der vi samtidig hadde et visst innblikk i bruksomfang. Vi etablerte kontakt med drivere av hestesentre som hadde god kjennskap til dagens og tidligere bruk.

Som bakgrunnsinformasjon for områder med sykkelstier brukte vi også kartdata fra MTB-map (<http://mtbmap.no>) og Trailguide (<http://trailguide.no>). Dette er nettsider som gir oversikt over anbefalte sykkelruter, med omtaler og vurdering av vanskelighetsgrad (**Figur 5**, øvre del), og med mulighet for å legge på kartlag fra Strava (<http://labs.strava.com/heatmap>). Stravas varme-kart («heatmaps») visualiserer omfanget av bruk gjennom å sammenstille data fra syklister som bruker Strava for å logge turene sine (**Figur 5**, nedre del).





Figur 5. Eksempler på kart brukt som bakgrunnsinformasjon for utvalg av områder og stier. Øverste del av figuren er et kart over Brennevinstien i Kjekstadmarka fra MTBmap.no, og viser at stien er av lett til intermediær vanskelighetsgrad (grønn og blå) og anbefalt for sykling (gulmerket). Nederste del av figuren angir konsentrasjonen av syklistere på ulike stier i Kjekstadmarka fra trailguide.no og viser at Brennevinstien er en av de mest brukte stiene for sykling i området. Se **Vedlegg 1** for oversikt over stiregistreringer i Kjekstadmarka.

2.3.2 Ferdselstellere

Vi benyttet to typer ferdselstellere, en som registrerer infrarød varmestråling (heretter kalt personteller) og en som registrerer magnetisme (heretter kalt sykkelsteller) (**Figur 6**). Tellerne er fra fabrikanten TRAFx (www.trafx.net) og er av et merke vi ikke hadde tidligere erfaring med. Det ble utplassert fem persontellere og åtte sykkeltellere. Tellerne ble utplassert i midten av juni 2016 og tatt inn igjen i begynnelsen på september (se **Tabell 4**).

Persontellerne ble brukt til å registrere ferdsel til hest. For telling av personer til fots er anbefalt plasseringshøyde 110 cm, mens for hest finnes ingen anbefalte høyder. Basert på størrelsen til en islandshest med rytter oppå kom vi fram til at minst 190 cm plasseringshøyde var rimelig. Dermed unngår man å telle personer (av normal høyde) som benytter seg av samme sti. Utplassering av tellere ble gjort ved punkter der det ikke var mulig å ferdes flere i bredden, for eksempel mellom to trær, og der det ikke var feilkilder som kan påvirke telleren via varmestråling (f.eks. blader som sola skinner på i løpet av dagen). For nærmere beskrivelser av eliminering av mulige feilkilder for tellere som benytter infrarød varmestråling, henviser vi til Andersen mfl. (2014). Persontellerne i Mesnalia var plassert i 190 cm høyde over bakken og har dermed bare registrert ryttere, mens persontellerne på Hjerkin ble plassert ut i 110 cm høyde på grunn av mangel på stabile og høye nok trær ved de ønskede tellepunktene, og har dermed registrert både personer til fots og ryttere.

Sykkeltellerne har en meters deteksjonsradius fra selve telleren og registrerer endringer i det elektromagnetiske feltet. I følge fabrikanten vil også sykler med karbonramme bli registrert, fordi det alltid vil være metallelementer på sykkelen (f.eks. kjede). Vi utplasserte sykkeltellerne ved

siden av smale stier (< 1m), eller de ble gravd ned i bakken midt i stien i de tilfeller stien var bredere enn 1 meter. Mulige feilkilder kan tenkes å være personer som bærer med seg større objekter av metall som for eksempel termos, eller beitedyr med bjelle som beiter i nærheten av telleren. Det er ingen indikasjoner på at slik feiltelling har forekommet i våre data (se **Vedlegg 2**).

Vi opplevde tekniske problemer med noen av tellerne. Sykkeltellerne som ble utplassert i Kjekstadmarka, registrerte ikke data i perioden de var utplassert. Det samme gjaldt en personteller (Tillerrunden i Mesnalia). Sykkeltelleren som var utplassert ved Kanalstien, var trolig plassert for langt unna stien til at den fanget opp alle syklistene som benytter denne stien. Vår vurdering er at antall registreringer her er usannsynlig lavt. Persontelleren ved Sautjønnet på Hjerkinna har i tillegg sannsynligvis blitt påvirket av beitedyr flere ganger i løpet av registreringsperioden. Dette vises som et usannsynlig høyt antall registreringer i løpet av kort tid. For nærmere detaljer, se **Vedlegg 2**.

Det er dermed mange feilkilder knyttet til bruk av ferdselstelere, og i og med at ferdselsregistreringer ikke var hovedformålet med studien, hadde vi ikke mulighet til å gjøre omfattende forhandstesting og kalibrering for alle stiene. Dessuten har vi bare data for én sesong, mens den vegetasjonsslitassen vi registrerer er resultat av flere års bruk. Den samlede vurderingen av tellerne, lokalkunnskap fra brukerne og kartdata for sykkel har vært avgjørende for å få relevant kunnskap om bruk. Totalt sett er vår vurdering av tellerne har gitt nyttig tilleggsinformasjon for å kategorisere bruken langs stiene i gruppene «mye» eller «lite» bruk.



Figur 6. Personteller montert oppe i ei bjørk langs et smalt punkt på stien registrerer infrarød varmestråling (til venstre). Sykkelteller, som registrerer metall, graves ned ved eller i stien (til høyre).

2.4 Analyser

Vi ville undersøke om stibredde og stidybde varierte med bruk, vegetasjon, fuktighet, jordtype og helling. Som beskrevet i kapittel 2.2 og begrunnet videre i kapittel 3.1, brukte vi en todelt klassifisering av fuktighet for hvert stisegment (tørt og fuktig) i analysene. Variasjonen i natur-/vegetasjonstyper i datasettet var stort (**Vedlegg 3**), men reflekteres i stor grad gjennom fuktighetsnivået. Derfor valgte vi å ikke inkludere disse typene som en egen forklaringsvariabel. Tilsvarende fant vi at kornstørrelse i jorda i stor grad samsvarte med fuktighetsnivå. For å standardisere datasettet og få nok gjentak til å kunne gjøre robuste analyser ble det ikke gjort egne analyser for hver naturtype-/vegetasjonstype eller jordforhold (se kap. 3.1).

Grad av slitasje (helt/kraftig/moderat slitt) i selve stien og i kantsonene varierte lite mellom stier, de aller fleste stisegmentene var helt slitt, mens overgangssonene stort sett var kraftig slitt. Grad av slitasje ble derfor ikke analysert nærmere. Andel av total stibredde som ble utgjort av overgangssonen, viste seg å variere lite med bruk, fuktighet og helling, og disse analysene blir derfor heller ikke presentert her.

Analysene fokuserte derfor på total stibredde (sti + overgangssoner) og stidybde, og på forklaringsvariablene bruk (mye/lite), fuktighet (tørt/fuktig) og helling (flatt/bratt), med interaksjonen mellom fuktighet og bruk og mellom helling og bruk. For å ta høyde for den nøstede strukturen i dataene – tre registreringslinjer per segment, flere segmenter per sti og flere stier per område – benyttet vi lineære miksede modeller (generalized linear mixed effects models, GLMMs) som inkluderte tilfeldige effekter av segment nøstet i sti og område.

Testenes signifikansnivåer ble funnet ved hjelp av sannsynlighetstester (likelihood-ratio-tester) i en baklengs trinnvis seleksjonsprosedyre. Sannsynlighetsmaksimering (maximum likelihood) ble brukt for sannsynlighetstestene, mens begrenset sannsynlighetsmaksimering (restricted maximum likelihood) ble benyttet for å finne modellestimatene. Vi kjørte separate analyser for hvert av de fire del-datasettene: sykling i skog, sykling i fjell, ridning i skog og ridning i fjell.

For ridning viste det seg at bruken i henholdsvis skog og fjell var relativt ensartet, og bruk og interaksjoner med bruk ble derfor ikke inkludert i disse analysene. Ettersom alle ridestiene i henholdsvis skog og fjell lå i samme område, ble område ikke brukt som tilfeldig effekt i analysene av stislitasje av ridning. Ellers var analysene tilsvarende som for sykling.

Alle analyser ble utført i R (versjon 3.1.2, R Core Team 2014). R-pakken sciplot (Morales 2012) ble brukt til å lage stolpediagrammene, mens de statistiske analysene ble utført ved hjelp av lme4 (Bates mfl. 2014).

3 Resultater

3.1 Generelt om naturforhold og bruk langs analyserte stier

Totalt registrerte vi stislitasje på 21 stier med til sammen 202 segmenter, hvorav 15 stier med totalt 143 segmenter hovedsakelig benyttet til sykling og 6 stier med til sammen 59 segmenter hovedsakelig brukt til ridning. Stiene for både sykling og ridning var fordelt på skogsterreng og fjell (**Tabell 3**). Segmentene ble plassert i både bratt og flatt terreng, på fuktig og tørr mark og i ulike naturtyper.

Tabell 3. Oversikt over antall stier og analyserte segmenter langs sykkel- og hestestier fordelt på skog og fjell.

	Sykkel		Hest	
	Ant. stier	Ant. segmenter	Ant. stier	Ant. segmenter
Skog	10	76	3	24
Fjell	5	67	3	35
Totalt	15	143	6	59

Vegetasjonen varierte i stor grad med fuktigheten. Tørre segmenter (19 stk., jf. **Tabell 2**) besto av svært tørre utforminger av skog, fjellhei eller rabbevegetasjon, hovedsakelig lyngdominert med lav eller mose i bunnsjiktet. Moderat tørre segmenter (129 stk.) besto av relativt tørre skogtyper og fjellvegetasjon, fortrinnsvis dominert av lyng og med mose i bunnsjiktet. Moderat fuktige segmenter (36 stk.) besto hovedsakelig av friske skog- og fjellvegetasjonstyper, stort sett grasdominert med moser i bunnsjiktet. Våte segmenter (18 stk.) besto hovedsakelig av myr, myrkanter og sumpskog med grasdominans og mosedominert bunnsjikt.

Registreringslinjene i flate segmenter hadde en gjennomsnittlig helling på 2,6°, mens linjene i bratte segmenter hadde en gjennomsnittlig helling på 14,5°. Hovedandelen av stiene lå i flate områder (68 % av segmentene) og var moderat tørre (64 % av segmentene), og vi hadde for eksempel ingen segmenter som var bratte og svært fuktige, da stiene uten unntak var lagt utenom slikt terreng i alle områdene våre. På grunn av disse skjevhetene i datasettet valgte vi å slå sammen fuktighetsnivå tørr + moderat tørr og moderat fuktig + fuktig, så i videre analyser opererer vi med to fuktighetsnivåer: tørr og fuktig. Kornstørrelsen i de tørre segmentene (148 stk.) var stort sett grus og sand eller silt. I de moderat fuktige segmentene (54 stk.) var silt den dominerende kornstørrelsen, mens substratet i de aller fuktigste stort sett besto av torvjord. Siden vegetasjon og kornstørrelse i stor grad varierte med fuktighetsnivået, har vi valgt å fokusere på fuktighet i videre analyser. Busksjikt forekom i større grad i fuktige typer, mens lyng var knyttet til tørre typer og vi gikk ikke videre med egne analyser for funksjonelle plantegrupper.

Graden av slitasje (helt, kraftig eller moderat slitt) varierte lite mellom stier. Vegetasjonen i selve stien var helt slitt bort i tilnærmet alle stiene (87 % av registreringslinjene), mens overgangssoneene hovedsakelig hadde et vegetasjonsdekke som var moderat eller kraftig slitt (henholdsvis 54 og 40 % av registreringslinjene).

Bruken av stiene var svært ulik, der noen var relativt lite brukt, mens andre var mye brukt (**Tabell 4**). Generelt ser det ut til at mange brukte sykkelstier i skogen har flere passeringer i løpet av en sesong enn mange brukte sykkelstier i fjellet (**Tabell 4**). Vi valgte derfor å analysere skog- og fjell-dataene for henholdsvis sykling og ridning hver for seg.

Tabell 4. Oversikt over ferdselstelloene, antall telledager, totalt antall registreringer og gjennomsnittlig antall registreringer per dag. Flere detaljer er gitt i **Vedlegg 2**. Type tellere: Hest er montert 190 cm over bakken, høyere enn normalhøyde for personer, og registrerer bare hest; Person/hest ble montert 110 cm over bakken fordi det var det ikke høye nok trær og registrerer dermed både personer og hester; Sykkel er gravd ned i eller ved stien.

Type teller	Område – sti	Dato ut	Dato inn	Antall dager	Antall registrert	Snitt per dag
Person/hest	Hjerkinn – Professorstien	9.6	4.9	88	522	5,9
Person/hest	Hjerkinn – Sautjønnet	9.6	4.9	88	3838	43,6*
Hest	Mesnali – Inngang Mesnastien	14.6	9.9	88	119	1,35
Hest	Mesnali– Mesnabakken vest	14.6	9.9	88	29	0,33
Hest	Mesnali – Tillerrunden	23.6	9.9	78	Ingen data	
Sykkel	Skei – Skjellbreia	15.6	9.9	87	304	3,49
Sykkel	Skei – Gråkampen	15.6	9.9	87	683	7,85
Sykkel	Birkebeinerstadion – NTG-stien	1.6	9.9	99	98	0,99
Sykkel	Birkebeinerstadion - Kanalstien	1.6	9.9	99	9	0,01**
Sykkel	Kjekstadmarka – Brennevinstien 1	13.6	12.9		Ingen data	
Sykkel	Kjekstadmarka – Brennevinstien 3	13.6	12.9		Ingen data	
Sykkel	Kjekstadmarka – Skjellestadstien 1	19.6	12.9		Ingen data	
Sykkel	Kjekstadmarka – Skjellestadstien 2	19.6	12.9		Ingen data	

*denne telleren er trolig påvirket av beitedyr ved flere anledninger gjennom sesongen og har dermed altfor høy registrering.

** denne telleren ble trolig plassert for langt unna stien til at den registrerte alle sykklister som passerte.

3.2 Sykkel

Generelt om bruk, stibredde og stidybde

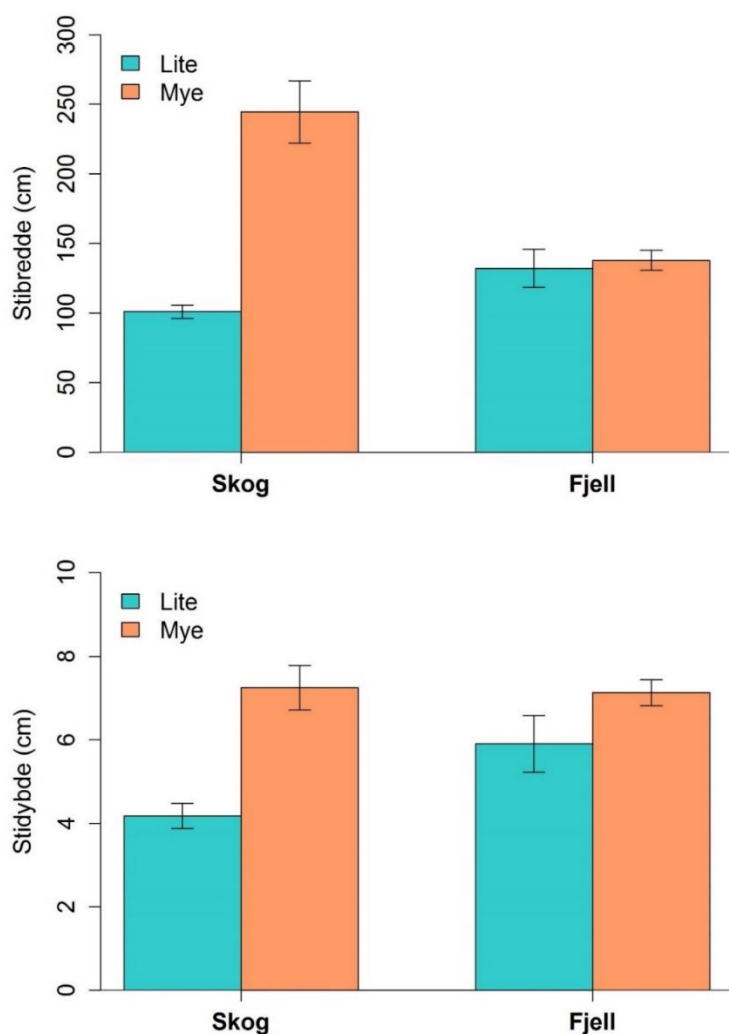
På sykkelstiene i skogen som hadde ferdselstellere (Birkebeinerstadion), ble det registrert i gjennomsnitt 1 passering per dag i NTGs downhill-løype, der hoveddelen av registreringene var i juni og august, mens det knapt ble registrert passeringer i skoleferien (se **Vedlegg 2**). Den stien vi forventet relativt mye brukt som sykkelsti (Kanalstien), hadde en lavere registrert bruk (**Tabell 4**). Dette tror vi skyldes tellerens plassering i terrenget (for langt unna stien), og resultatet fra Kanalstien er derfor ikke pålitelig. Når det gjaldt sykkelstier i fjellet med tellere, var bruken henholdsvis 3,5 og 7,9 passeringer per dag i gjennomsnitt. Stiene på Øyerfjellet, som ble brukt under Ultrabirken-rittet, hadde i overkant av 600 passeringer under rittet 26. august. Regner en med ca. 100 ekstra passeringer i løpet av sesongen, vil gjennomsnittlig antall passeringer per dag i en 90-dagersperiode tilsvare 7,8, det vil si omtrent det samme som i den mest brukte stien på Skei.

En gjennomsnittlig sykkelsti i skogen var 177 cm bred, hvorav 53 cm overgangssone med mindre kraftig slitasje, og 6 cm dyp. Tilsvarende var en gjennomsnittlig sykkelsti i fjellet 137 cm bred, inkludert 57 cm overgangssone, og 7 cm dyp. Andel av stien som utgjøres av overgangssonene, som er mindre slitt enn selve stien, var i gjennomsnitt 27 % i skog og 39 % i fjell.

I skogen varierte stibredde i stor grad med bruk, der mye brukte stier var signifikant bredere enn lite brukte, men denne sammenhengen fant vi ikke i fjellet (**Tabell 5, Figur 7**). Tilsvarende var mye brukte stier dypere enn lite brukte stier, men forskjellen var signifikant bare i skogen (**Tabell 5, Figur 7**). Det er en del klare forskjeller mellom de enkelte stiene **Figur 10** og **Figur 11**).

Tabell 5. Effekten av bruk (lite/mye) på total stibredde (cm) og stidybde (cm) i sykkelstier henholdsvis skog og fjell. Parameterestimer, standardavvik og signifikansnivåer for lineære mikrosede modeller (GLMM). I alle modellene er «lite bruk» valgt som kontrast. * $p \leq 0,05$, ** $p \leq 0,01$, *** $p \leq 0,001$.

Parameter	Skog		Fjell	
	Estimat	St. avvik	Estimat	St. avvik
Bredde				
Intercept	104,6	43,6	130,9	25,7
Bruk - mye	154,4	61,0 *	10,1	30,2
Dybde				
Intercept	4,3	0,8	6,1	1,3
Bruk - mye	2,9	1,1 *	0,7	1,6



Figur 7. Bredde (øverst) og dybde (nederst) av sykkelstier med lite og mye bruk i henholdsvis skog og fjell. Figuren viser gjennomsnitt ± 1 standardfeil.

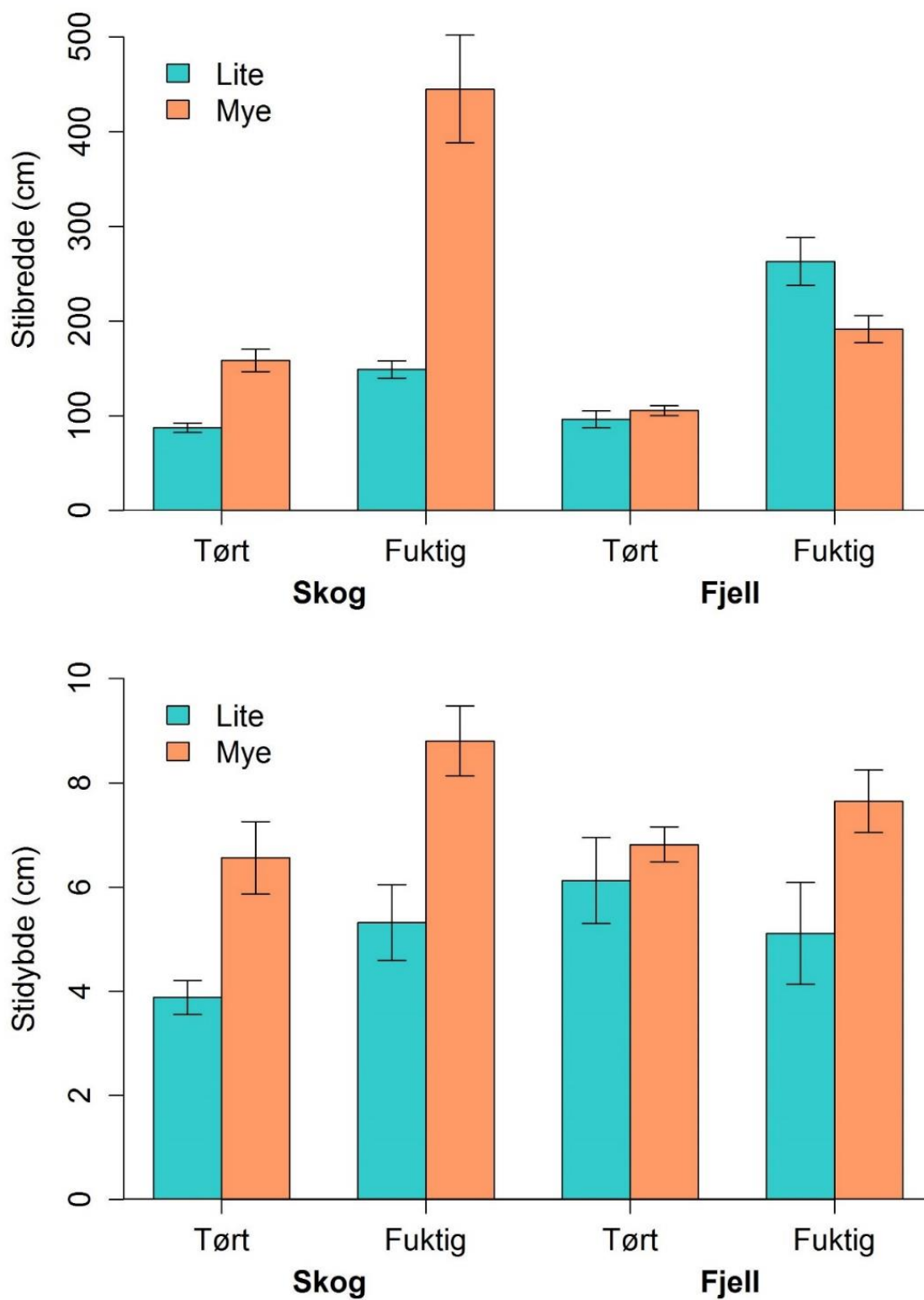
Fuktighet

Fuktighet var en svært viktig forklaringsvariabel for stibredde. I skog var fuktige sykkelstier signifikant bredere enn stier i tørre områder (**Tabell 6**), i gjennomsnitt mer enn dobbelt så brede (327 cm) som de tørre (123 cm). I fjell var forskjellen i bredde mellom tørre og fuktige stier noe mindre, men fremdeles signifikant (**Tabell 6**), og i gjennomsnitt var en fuktig sti i underkant av dobbelt så bred (201 cm) som en tørr (103 cm). Videre var fuktige stier i skogen signifikant dypere (tørre: 5,2 cm, fuktige: 7,5 cm) enn tørre, mens i fjellet var den ingen signifikant forskjell i dybde mellom tørre og fuktige stier (tørre: 6,6 cm, fuktige: 7,3 cm) (**Tabell 6**).

I skog førte mye bruk til en signifikant økning i stibredde i både tørre og fuktige områder, og en signifikant interaksjon mellom fuktighet og bruk (**Tabell 6**) viste at forskjellen var særlig stor i fuktige områder, hvor en mye brukt sti i gjennomsnitt var over 400 cm bred (**Figur 8**). I fjell hadde bruk ingen signifikant innvirkning på stibredde, og selv om det var en tendens til at lite brukte stier i fuktige områder var bredere enn mye brukte (**Figur 8**), var denne interaksjonen mellom fuktighet og bruk ikke signifikant (**Tabell 6**). Mye bruk økte stidybden i både tørre og fuktige områder (**Figur 8**), men effekten av bruk var kun signifikant i skog, og det var ingen signifikant interaksjon mellom fuktighet og bruk (**Tabell 6**).

Tabell 6. Effekten av fuktighet (tørr/fuktig) og bruk (lite/mye) på total stibredde (cm) og stidybde (cm) i sykkelstier henholdsvis skog og fjell. Parameterestimer, standardavvik og signifikansnivåer for lineære miksede modeller (GLMM). I alle modellene er tørr og lite bruk valgt som kontrast. * $p \leq 0,05$, ** $p \leq 0,01$, *** $p \leq 0,001$.

Parameter	Skog		Fjell	
	Estimat	St. avvik	Estimat	St. avvik
Bredde				
Intercept	90,7	33,3	76,8	42,2
Fuktighet - fuktig	59,6	56,0 ***	166,3	37,6 ***
Bruk - mye	86,6	47,4 **	39,9	43,4
Fuktighet - fuktig x bruk - mye	196,4	73,4 **	-61,2	41,3
Dybde				
Intercept	4,1	0,8	6,3	1,3
Fuktighet - fuktig	1,5	1,5 *	-1,0	1,6
Bruk - mye	2,5	1,1 *	0,1	1,7
Fuktighet - fuktig x bruk - mye	0,8	2,0	2,2	1,8



Figur 8. Bredder (øverst) og dybde (nederst) av sykkelstier i tørre og fuktige områder med lite og mye bruk i henholdsvis skog og fjell. Figuren viser gjennomsnitt ± 1 standardfeil.

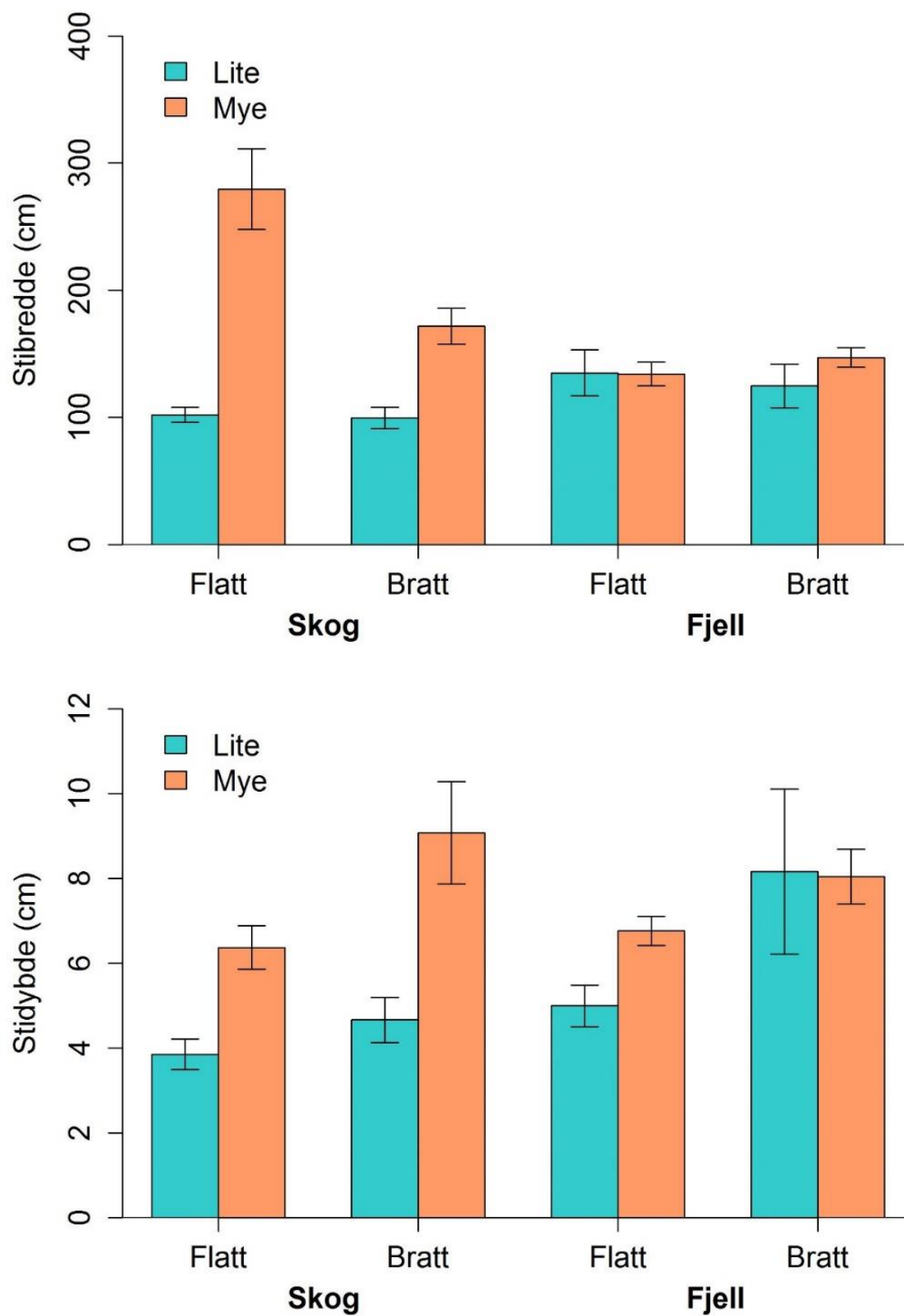
Terrengets helling

I skog var sykkelstier i flatt terreng i gjennomsnitt bredere (200 cm) og grunnere (5,3 cm) enn stier i bratt terreng (134 cm brede, 6,8 cm dype), men forskjellen på bratte og flate områder var signifikant bare når det gjaldt dybde (**Tabell 7**). I fjell varierte stibredde ikke signifikant med terrengets helling (flatt: 134 cm, bratt: 143 cm) (**Tabell 7**), og selv om det var en tendens til at bratte stier i fjellet var dypere (8,1 cm) enn flate stier (6,4 cm), var heller ikke denne forskjellen signifikant (**Tabell 7**).

I skogen var mye brukte stier signifikant bredere enn lite brukte stier både i flatt og bratt terreng (**Tabell 7**), med en ikke-signifikant tendens til størst effekt av bruk i flatt terreng (**Tabell 7**, **Figur 9**). I fjellet hadde ikke bruk noen innvirkning på stibredde, verken i flatt eller bratt terreng (**Tabell 7**, **Figur 9**). I skog økte stidybden ved mye bruk i både flatt og bratt terreng, og selv om effekten av bruk tilsynelatende var størst i bratt terreng (**Figur 9**), var interaksjonen mellom helling og bruk ikke signifikant (**Tabell 7**). I fjell var det en ikke-signifikant tendens til at mye bruk økte stidybden i flate områder (**Figur 9**), men ikke i bratte områder (**Figur 9**, **Tabell 7**).

Tabell 7. Effekten av helling (flatt/bratt) og bruk (lite/mye) på total stibredde (cm) og stidybde (cm) i henholdsvis skog og fjell. Parameterestimer, standardavvik og signifikansnivåer for lineære miksede modeller (GLMM). I alle modellene er flatt og lite bruk valgt som kontrast. $\cdot p \leq 0,1$, $* p \leq 0,05$, $** p \leq 0,01$, $*** p \leq 0,001$.

Parameter	Skog		Fjell	
	Estimat	St. avvik	Estimat	St. avvik
Bredde				
Intercept	101,5	47,0	134,6	29,5
Helling - bratt	7,4	54,8	-10,8	48,1
Bruk - mye	177,8	64,2 *	6,9	34,8
Helling - bratt x bruk - mye	-79,0	76,4	8,4	55,3
Dybde				
Intercept	4,1	1,0	5,2	1,4
Helling - bratt	0,9	1,2 *	3,4	1,5
Bruk - mye	2,2	1,3 *	1,7	1,8
Helling - bratt x bruk - mye	2,2	1,7	-3,5	1,7 ·



Figur 9. Bredder (øverst) og dybde (nederst) av sykkelstier i flate og bratte områder med lite og mye bruk i henholdsvis skog og fjell. Figuren viser gjennomsnitt ± 1 standardfeil.



Figur 10. Eksempel på variasjon i slitasje langs sykkelstier i skog. De to øverste bildene viser sti gjennom flatt terreng, henholdsvis fuktig og tørt, mens de to nederste bildene viser sti i bratt terreng. Stien nederst til venstre er i ferd med å bli breiere i yttersving fordi de fleste som sykler her kommer nedover bakken og bremses. Alle disse stiene er mye brukt.



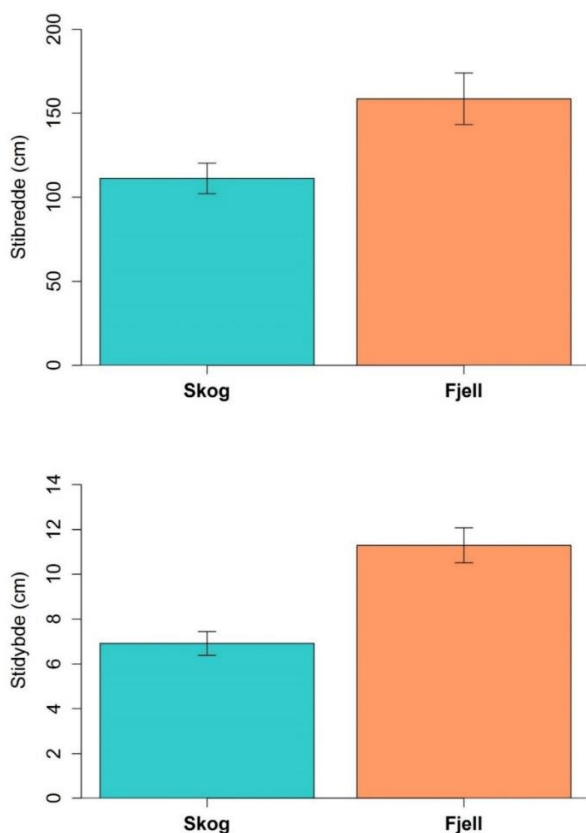
Figur 11. Eksempel på variasjon i slitasje langs sykkelstier i fjellet. Stien nederst til venstre går gjennom bratt terreng, mens resten av stiene ligger i flatt terreng. Stien øverst til venstre går gjennom kildepåvirket fjellhei med vierkratt, mens de to til høyre går i tørt terreng og langs godt etablerte, smale stier. Disse stiene har varierende bruk i dag, men alle har vært i bruk i lang tid av både syklist, fotgjengere og delvis beitedyr.

3.3 Hest

Generelt om bruk, stibredde og stidybde

Ridestiene i skog med ferdselstellere (Mesnali) hadde henholdsvis 0,33 og 1,35 passeringer per dag, mens ridestiene i fjellet med tellere (Hjerkinn) hadde høyere bruksfrekvens med henholdsvis 5,9 og 43,6 passeringer per dag i gjennomsnitt (men den ekstremt høye verdien på den ene telleren skyldes mest sannsynlig feiltelling, se kap. 2.3.2).

En gjennomsnittlig hestetsti i skogen var 111 cm bred, hvorav 49 cm kantsone med mindre kraftig slitasje, og 7 cm dyp (**Figur 12**). Tilsvarende var en gjennomsnittlig hestetsti i fjellet 158 cm bred, inkludert 78 cm kantsone, og 11 cm dyp (**Figur 12**). Andel av stien som utgjøres av overgangssonene, som er mindre slitt enn selve stien, utgjorde i gjennomsnitt 35 % i skog og 42 % i fjell. Det er en god del variasjon i stislitasje mellom enkeltstier (**Figur 15** og **Figur 16**).



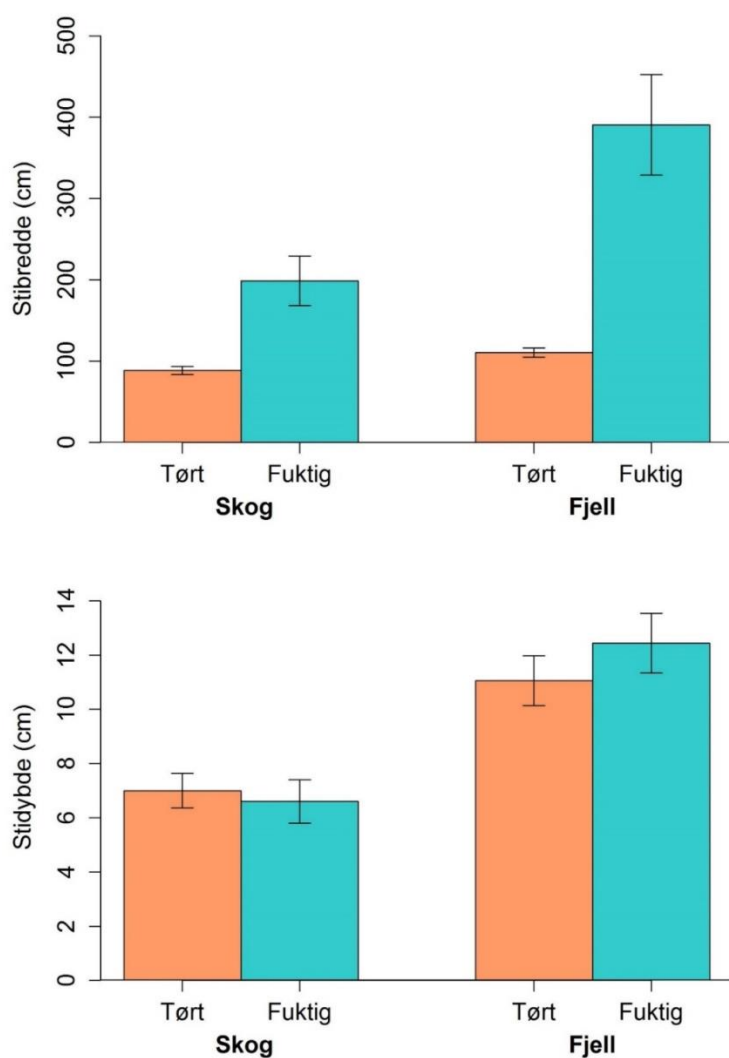
Figur 12. Bredde (øverst) og dybde (nederst) av hestetstier i henholdsvis skog og fjell. Figuren viser gjennomsnitt ± 1 standardfeil.

Fuktighet

Også for hestetstier var fuktighet en svært viktig forklaringsvariabel for stibredde. I skog var fuktige hestetstier signifikant bredere enn tørre (**Tabell 8**), i gjennomsnitt mer enn dobbelt så brede som stier i tørre områder (**Figur 13**). Også i fjell varierte stibredde signifikant med fuktighet (**Tabell 8**), og en fuktig sti var mer enn tre ganger så bred som en tørr (**Figur 13**). Det var ingen signifikant forskjell på stidybde i tørre og fuktige områder i verken skog eller fjell (**Tabell 8, Figur 13**).

Tabell 8. Effekten av fuktighet (tørt/fuktig) på total stibredde (cm) og stidybde (cm) i henholdsvis skog og fjell. Parameterestimer, standardavvik og signifikansnivåer for lineære miksede modeller (GLMM). I alle modellene er tørt valgt som kontrast. $p \leq 0,1$, * $p \leq 0,05$, ** $p \leq 0,01$, *** $p \leq 0,001$.

Parameter	Skog		Fjell	
	Estimat	St. avvik	Estimat	St. avvik
Bredde				
Intercept	87,0	14,4	110,8	18,1
Fuktighet - fuktig	112,4	28,8 ***	280,4	37,0 ***
Dybde				
Intercept	7,1	0,8	11,1	2,0
Fuktighet - fuktig	-0,5	1,7	2,6	2,7



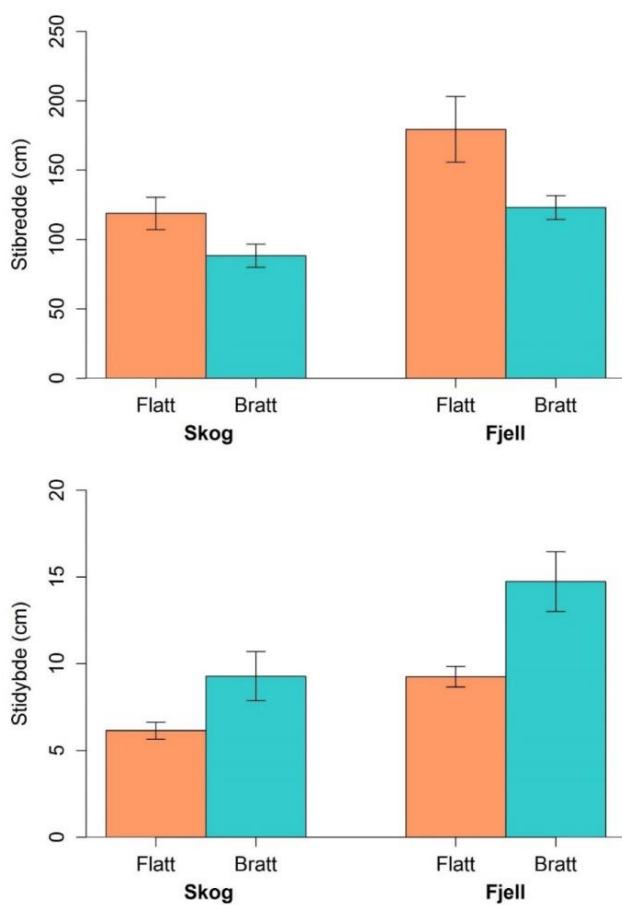
Figur 13. Bredde (øverst) og dybde (nederst) av hestestier i tørre og fuktige områder i henholdsvis skog og fjell. Figuren viser gjennomsnitt ± 1 standardfeil.

Terrengets helling

Det var ingen signifikant forskjell på stibredde i flatt og bratt terreng i verken skog eller fjell (**Tabell 9**), selv om det var en tendens til at bratte stier var smalere enn flate (**Figur 14**). Derimot var stier i bratt terreng signifikant dypere enn stier i flatt terreng både i skog og fjell (**Tabell 9**, **Figur 14**), og terrengets helling så ut til å ha størst innvirkning på stidybde i fjellet (**Figur 14**).

Tabell 9. Effekten av helling (flatt/bratt) på total stibredde (cm) og stidybde (cm) i henholdsvis skog og fjell. Parameterestimer, standardavvik og signifikansnivåer for lineære miksede modeller (GLMM). I alle modellene er flatt valgt som kontrast. $p \leq 0,1$, * $p \leq 0,05$, ** $p \leq 0,01$, *** $p \leq 0,001$.

Parameter	Skog		Fjell	
	Estimat	St. avvik	Estimat	St. avvik
Bredde				
Intercept	118,9	17,1	179,4	28,5
Helling - bratt	-30,5	34,1	-56,3	46,7
Dybde				
Intercept	6,2	0,7	9,4	1,8
Helling - bratt	3,4	1,5 *	5,4	1,9 **



Figur 14. Bredde (øverst) og dybde (nederst) av hestestier i flate og bratte områder i henholdsvis skog og fjell. Figuren viser gjennomsnitt ± 1 standardfeil.



Figur 15. Eksempel på variasjon i slitasje langs hestestier i skog. Stien til høyre går i moderat fuktig terreng, mens de to andre ligger i tørt terreng. Hestene går på rekke etter hverandre i skogen, og stiene er ofte smale mellom trærne, men litt breiere når landskapet åpner seg. Stien til venstre går i bratt terreng og er litt dypere enn stier i flatt terreng.



Figur 16. Eksempel på variasjon i slitasje langs hestestier i fjell. Stien til venstre krysser et svært fuktig område, men hovedsakelig går hestestiene i tørt terreng. Stien på neste bilde ligger i bratt terreng og slitasjen har ført til utvasking ved regnvær og dermed økt dybde. De to bildene til høyre viser sti gjennom flatt og tørt terreng. Alle disse fire stiene er mye brukt, ofte over lang tid og i kombinasjon med andre brukergupper.

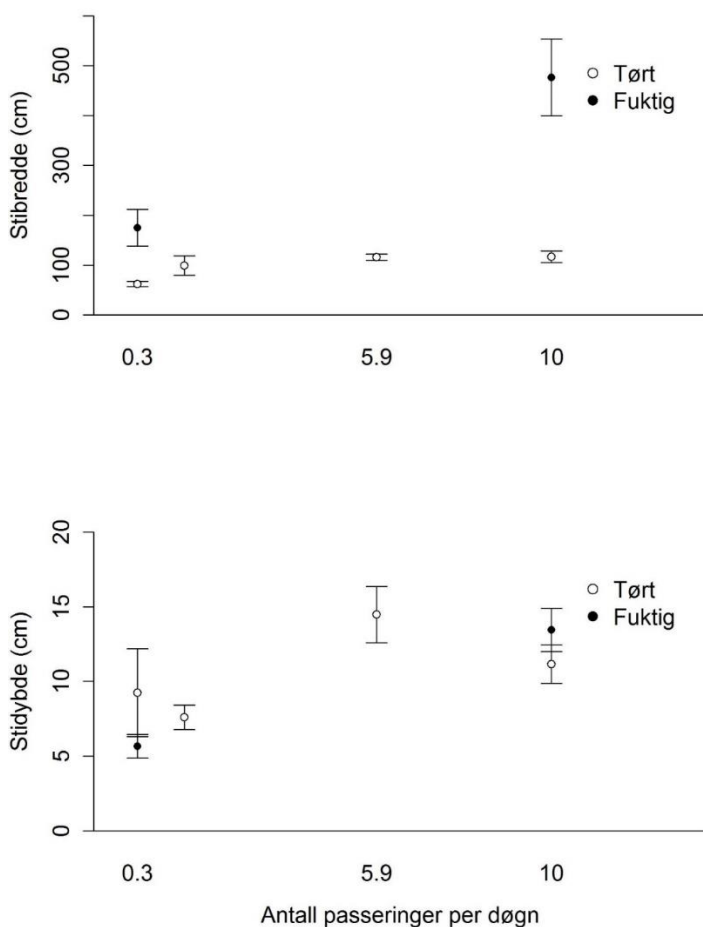
En tilnærming til utforskning av terskelverdier

Terskelverdier for sammenhengen mellom bruk og effekter kan utforskes gjennom å plote en gitt effekt, for eksempel stibredde, som en funksjon av antall passeringer per døgn. En slik figur vil kunne vise om stibredde øker jevnt med økende bruk, eller om bredden flater ut over et visst

bruksomfang, og på hvilket nivå den i så fall flater ut. Dette er kunnskap som forvaltningen ønsker for å kunne vurdere begrensninger eller regulering av bruk.

Fordi flere av ferdselstelloene ikke registrerte antall passeringer i løpet av sesongen, var data-grunnlaget for å studere terskelverdier begrenset. Vi har likevel valgt å bruke tellerdata fra hestestiene for å demonstrere hvordan terskelverdier kan utforskes. Vi brukte data fra stiene Mesnabakken vest (0,3 passeringer per døgn), Inngang Mesnastien (1,4 passeringer per døgn), Professorstien (5,9 passeringer per døgn) og Sautjønnet (43,6 passeringer per døgn) og plottet total stibredde (sti + overgangssone) og stidybde som funksjon av antall passeringer per døgn, for fuktige og tørre stisegmenter **Tabell 4**. Fordi antallet passeringer i Sautjønnet-stien åpenbart var for høyt, justerte vi denne ned til 10 per døgn. Det er viktig å understreke at disse resultatene kun er en illustrasjon av hvordan terskelverdier kan utforskes videre.

Figur 17 viser at for tørre stier er det relativt liten sammenheng mellom antall passeringer og stibredde. Når bruken overstiger 1,4 passeringer per døgn, øker ikke stibredden ytterligere. I fuktig terreng er forskjellen i stibredde mellom lite (0,3) og mye bruk (10) stor, men fordi vi ikke har fuktige stisegmenter i de to stiene med midlere bruksomfang, er det ikke mulig å fastslå om stibredden øker jevnt med økende bruk i fuktige områder, eller om den over et visst bruksomfang flater ut.



Figur 17. Stibredde og stidybde sett i forhold til bruksomfang (antall passeringer per døgn) i fuktige og tørre hestestier (skog og fjell slått sammen). På grunn av lite datasett er det ikke mulig å vise verdier for fuktige stisegmenter for alle nivåer av bruk.

Illustrasjonen av bruk og stidybde viser at i vårt test-eksempel ser det ikke ut til å være en tydelig sammenheng mellom bruk og stidybde i tørre områder; segmentene i den minst og mest brukte stien er dypere enn de to stiene med midlere bruksomfang (**Figur 17**). I fuktig terreng er segmentene betraktelig dypere i den mest brukte stien, men som for stibredde er det ikke mulig å fastslå om dybden øker jevnt med bruk eller flater ut over et visst bruksomfang.

3.4 Været

Sammenlignet med normalperioden 1961–1990 var sommeren 2016 fuktigere, med flere nedbørsdager og høyere totalnedbør i perioden mai til august, i de fleste studieområdene. Unntaket var området rundt Birkebeinerstadion og Mesnali (**Tabell 10**). Sammenlignet med de siste ti årene, derimot, har årets sommer vært noe tørrere i alle studieområdene våre. Mest nedbør falt i Kjekstadmarka og i Øyerfjellet.

Tabell 10. Oversikt over antall nedbørsdager og totalnedbør (mm) i sommersesongen (mai–august) i 2016 sammenlignet med den siste 10-årsperioden (2006–2015) og normalperioden (1961–1990).

Område	Sti	Antall dager			Totalnedbør (mm)		
		2016	2006–15	1961–90	2016	2006–15	1961–90
Kjekstadmarka	Brennevinstien 1	50	51	43	406	458	334
Kjekstadmarka	Brennevinstien 2	50	51	42	407	453	330
Kjekstadmarka	Brennevinstien 3	51	50	41	405	446	325
Kjekstadmarka	Skjellestadstien 1	51	51	42	410	453	331
Kjekstadmarka	Skjellestadstien 2	49	51	42	405	454	332
Kjekstadmarka	Djupedalstien	50	50	41	404	443	323
Bymarka	Blåbærstien	46	52	44	274	325	253
Bymarka	Gammelstien	46	53	45	275	325	258
Birkebeinerstadion	NTG-stien	51	58	48	334	416	331
Birkebeinerstadion	Kanalstien	51	58	47	331	410	327
Skei	Dørdalstien	54	55	42	317	406	269
Skei	Gråkampen	55	57	42	318	406	267
Skei	Skjellbreia	54	57	42	317	406	269
Øyerfjellet	Djupen-Brettdalen	49	54	45	370	372	314
Øyerfjellet	Hitfjellet	57	59	50	405	412	374
Mesnali	Mesnabakken vest	47	54	49	343	389	350
Mesnali	Inngang Mesnastien	47	54	49	343	389	350
Mesnali	Tillerrunden	47	54	49	337	388	347
Hjerkinn	Professorstien	56	47	35	255	264	192
Hjerkinn	Viewpoint	59	51	37	253	262	204
Hjerkinn	Sautjønnet	55	48	35	255	266	191

4 Diskusjon

4.1 Resultater – hovedtrender

Slitasje på vegetasjon fra sykling og ridning varierte både med bruk og økologiske forhold. For slitasje fra sykling, hvor det var mulig å teste forskjellen mellom mye og lite bruk, viste våre data at mye bruk førte til bredere og dypere stier – men bare i skogen. Trolig skyldes dette at den faktiske forskjellen mellom mye og lite bruk er større i skogen enn i fjellet. For hest hadde vi ikke mulighet til å teste forskjellen i stislitasje ved mye og lite bruk, men ridestiene i fjellet var bredere og dypere enn stiene i skogen. Data fra ferdselstellerne sammen med opplysningene fra brukerne tyder på at ridestiene i fjellet hadde flere daglige passeringer enn stiene i skogen, så også for hest kan det se ut til at mye bruk gir bredere og dypere stier.

Videre fant vi at fuktige områder var mer utsatt for slitasje enn tørre, ettersom våt og fuktig jord har mindre motstand ved trykk enn tørr og fast jord. Stier som gikk gjennom fuktige partier med myr og sumpskog, var mye bredere enn stier i tørrere terreng. I fuktige områder vil både syklist og rytter unngå de våteste partiene midt i stien og heller velge tørrere traséer i kanten, og dermed utvides stien gradvis. I tørre områder er det vanligvis enklere å følge stien enn å forsøke å bevege seg utenom, og dermed holdes stien smal. Resultatene for sykling i skog viste at kombinasjonen av mye bruk og fuktige områder førte til særlig stor slitasje, med en gjennomsnittlig stibredde på over 4 m. Men merk at mange av stiene i de områdene vi undersøkte i utgangspunktet var lagt utenom de våteste områdene, og noen våte partier langs mye brukte stier var også klopplagt eller på annen måte forsterket og dermed ikke inkludert i denne studien. Våre resultater fra fuktige stisegmenter må derfor anses som konservative.

Stidybde

Stidybde varierte i mindre grad enn stibredde, men stier i bratt terreng var hovedsakelig dypere enn stier i flatt terreng, med unntak for sykkel på fjellet. I noen av de dypeste stiene i bratt terreng hadde det også vært en del erosjon i forbindelse med kraftig regn, slik at de påviselige effektene av selve bruken ble forsterket av fysiske prosesser.

Stibredde

Generelt utgjorde overgangssonene en større andel av den totale stibredden i fjell enn i skog. Det ser ikke ut til at dette henger direkte sammen med bruk; for sykkel var bruken størst i skogen, mens for hest var bruken størst i fjellet. Dette kan tyde på at det er terrenget langs stien som har størst betydning for utvidelse. Vi observerte at der stiene går gjennom kratt og tett skog, er stien smalere fordi det er vanskelig eller ubehagelig å bevege seg utenom stien. I åpent og lett terreng er det enklere å bevege seg flere i bredden, men dette gjelder trolig i større grad ferdsel til fots.. For organiserte grupper av ryttere, er det vanlig at hestene går rett bak hverandre på rekke (Martin Hjerkind og Camilla Li; pers. medd.) slik at ferdselen er konsentrert til en smal sti.

I fjellområder er det gjerne lett framkommelig og mulig å bevege seg utenfor etablerte og markerte stier. Dette kan medføre at ferdsel og tråkk spres utover i terrenget, i motsetning til i skogsområder, der folk i større grad følger etablerte stier (Barros mfl. 2013). Undersøkelser fra Rondane og Dovre-Sunndalsfjella viser imidlertid at mellom 80–90 % av ferdselen skjer langs etablerte stier (Strand mfl. 2012). Hvorvidt dette også gjelder syklist har vi ingen referanser på.

Generalisering av resultater

Vi fant de samme trendene i både skog og i fjell: *mye bruk = stor slitasje og fuktige strekninger = stor slitasje*, der slitasje i hovedsak er målt som stibredde. I tillegg var bratte stier i hovedsak dypere enn stier i flatt terreng. De stiene som er mest utsatt for slitasje finner vi dermed på stier med mye bruk (for eksempel nær byer etc.), stier gjennom fuktige naturtyper (som sumpskog,

myr, kildepåvirkede typer) og stier i bratt terreng. Disse generelle trendene tyder på at resultatene fra denne studien kan generaliseres til andre områder og naturtyper på et overordnet nivå (mye vs. lite bruk, fuktig vs. tørt, flatt vs. bratt).

Å generalisere resultatene på et mer detaljert nivå er imidlertid en utfordring. Dette skyldes at stier varierer på svært mange måter – på en måte kan man si at hver sti er noe for seg sjøl. Det betyr at for å få nok data i alle deler av spekteret av for eksempel fuktighet, trengs et stort antall gjentak. Natur i Norge (NiN 2.0) bruker 57 lokale komplekse miljøvariabler for å beskrive natursystemer, og antallet grunntyper av natursystemer er svært høyt (351 grunntyper i fastmark og 91 i våtmark; Halvorsen mfl. 2015). I denne studien har vi fokusert på de økologiske hovedvariablene fuktighet (tørt - fuktig) og helling (bratt - flatt). Selv med så få variabler var det vanskelig å få stort nok datamateriale til å teste variasjon i fuktighet, helling og bruk statistisk, da for eksempel fuktige stier i bratt terreng forekom sjeldent. Dette viser med all tydelighet at dersom man skulle demonstrere sammenhengen mellom bruk og slitasje i et mangfold av grunntyper, må samplingstørrelsen økes betraktelig. Vi vet imidlertid at:

- vanninnholdet i jorda er av stor betydning for vegetasjonens slitestyrke (se f.eks. Tømmervik mfl. 2005, Arnesen og Lyngstad 2012, Pescott og Steward 2014)
- vegetasjonstyper og kornstørrelse i stor grad varierte med fuktighetsnivået
- bratte skråninger er mer utsatte for erosjon ved slitasje enn flate områder (Wilson og Seney 1994, Thurston og Reader 2001).

Vi hevder derfor at de miljøvariablene vi har inkludert i vår feltstudie er svært sentrale og relevante for forvaltning av en stor del av stinettet i fjell og skog.

Selv om vi på bakgrunn av vårt datamateriale kan trekke generelle konklusjoner om slitasje i områder med ulik fuktighet og helling, er det ytterpunkter på de økologiske gradientene vårt datamateriale i liten grad fanger opp. Dette gjelder for eksempel de aller tørreste naturtypene, som lavskog. Sensitiviteten i svært tørre områder er ikke bare knyttet til vanninnholdet i jorda, men også til at de ofte har løst substrat og dermed svært dårlig evne til gjenvekst dersom slitasje oppstår. Evnen til gjenvekst i tørre områder på løst substrat blir ytterligere forverret i bratt terreng, og faren for sekundære effekter som erosjon og utvasking øker. Trolig er det denne tendensen vi ser i liten skala for hestestiene i bratt terreng i fjellet. Studieområdene våre i fjellet var alle lokalisert i lavalpin sone. Vi må forvente både lavere slitestyrke, pga. mindre vegetasjonsdekke, og lavere gjenvekst, pga. kortere vekstsesong og mindre jordsmonn, i områder i mellomalpin sone/høyere til fjells.

Betydningen av været

På kort sikt vil også været ha betydning for slitasje. I perioder med nye nedbør vil vanninnholdet i jorda øke, og slitestyrken til vegetasjonen kan bli redusert. Det betyr at en gitt ferdsel kan ha større effekt etter store nedbørsmengder enn etter en periode med finvær, på samme måte som en gitt ferdsel kan ha større effekt i et fuktig enn i et tørt parti av en gitt sti (**Figur 18**). Dette er et spesielt relevant poeng i tilknytning til større arrangementer dersom stor påvirkning sammenfaller med svært vått vær. For eksempel kom det mange reaksjoner og avisoppslag etter Ultrabirken 2016, som gikk en regnværsdag (se for eksempel <http://www.gd.no/debatt/leserinlegg/birken/ultrabirken-pa-stier-i-oyerfjellet/o/5-18-334848>). Reaksjonene var først og fremst knyttet til slitasjen der traseen gikk gjennom fuktige markslag. Sommeren 2016 har generelt vært mer nedbørfattig enn gjennomsnittet de siste 10 årene i våre studieområder, noe som kan ha ført til underestimert av slitasje sammenlignet med et mer typisk år. Imidlertid vil målt slitasje være et resultat av mange års bruk under varierende værforhold, slik at de registreringene vi har gjort representerer status etter lang tids bruk.



Figur 18. Tre flate segmenter som ligger nær hverandre langs samme sti med samme bruk. Fuktighetsforholdene, vegetasjonstypen og substratet varierer og fører til stor forskjell i slitasje.

4.2 Kunnskap om bruk

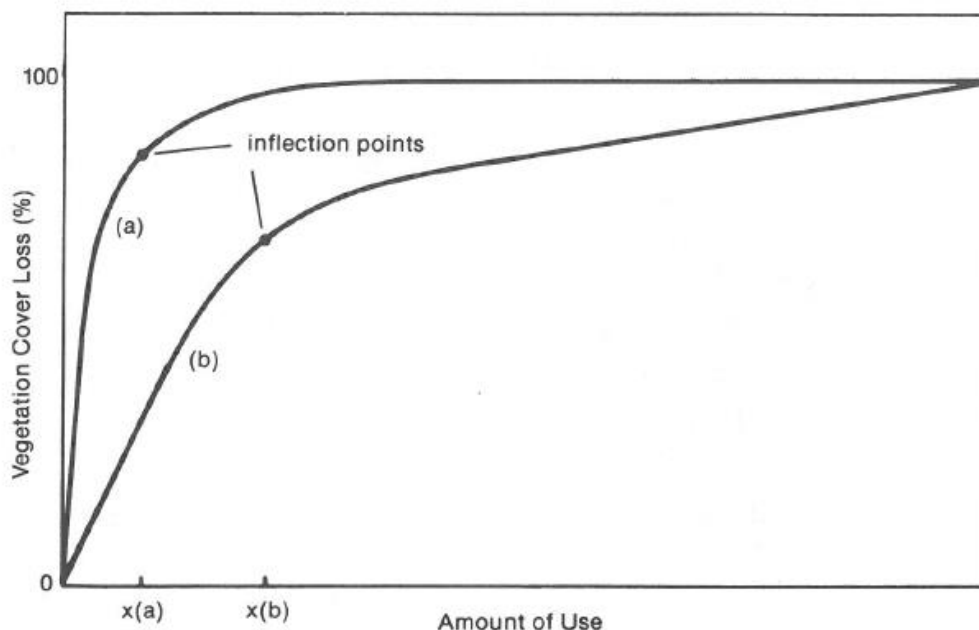
Kunnskap om påvirkningsfaktorer (her: ferdsel til sykkel og hest) er avgjørende for å studere og tolke effekter på vegetasjon og terreng. Noe av det mest utfordrende i denne studien var å få tilstrekkelig oversikt over bruksomfang til å kategorisere stier som mye eller lite brukt. I utgangspunktet finnes det lite eller ingen data om konkret bruk langs enkeltstier som skiller mellom ulike brukergrupper og over tid. Dermed måtte vi sammenstille data fra flere ulike kilder for å skaffe oss et bilde som var tilstrekkelig nyansert til at vi kunne bruke det i våre analyser.

Stiene brukes av mange grupper

Bare unntaksvis er en sti påvirket av én gruppe brukere. Noen stier er mest brukt til sykling eller ridning, men det er nesten alltid en kombinasjon med andre ferdselsformer, og de aller fleste stiene har ferdsel til fots i tillegg. Spesielt i fjellet er flesteparten av stiene gamle og har vært brukt av både folk og husdyr, og først de siste årene er de tatt i bruk til sykling eller organisert ridning. Vi har ikke data som sier noe om status for stiene før de ble tatt i bruk av syklistene eller hestesentre, og vi er bare i begrenset grad i stand til å angi fordeling av brukergrupper. Vi har imidlertid et klart inntrykk av at det er den samlede ferdselen som er viktig for de målte effektene.

Bruksomfang og slitasje

Videre er bruksomfang langs gamle og nye stier ikke nødvendigvis sammenlignbart. De aller fleste stiene i vår studie er gamle, med unntak for en av hestestiene (Viewpoint på Hjerkinns som er tatt i bruk nylig). Det kan synes som om de første effektene av bruk oppstår ganske raskt, men at de ikke nødvendigvis forverres av bruk over lang tid; se den generelle (og skjematizerte) sammenhengen mellom bruksmengde og slitasjeeffekt framstilt i **Figur 19** (hentet fra Hammitt og Cole 1987). Dermed vil forskjeller i dagens bruk ikke nødvendigvis framstå som klare forskjeller i slitasjegrad i gamle stier.



Figur 19. Forholdet mellom mengden bruk og tap av vegetasjonsdekke for (a) en sårbar vegetasjonstype og (b) en mer resistent type (fra Hammitt og Cole 1987, s. 167).

I tillegg er mye og lite bruk relative begreper. For sykkel er trolig «mye bruk» høyere i skogen, som ligger nær byer og annen tettbebyggelse, enn i fjellet. Det gir igjen større utslag av bruk i skogen enn i fjellet. Vi har brukt bakgrunnsinformasjon fra ulike kilder for å vurdere bruksomfang i studieområdene, inkludert kontakt med lokalkjente. Stravas varmekart (<http://labs.strava.com/heatmap>) er basert på data fra syklistene og andre som bruker Strava for å loggføre turene sine (**Figur 5**). Varmekartet gir mulighet til å sammenligne relativt bruksomfang i stier som ligger nær hverandre, for eksempel de seks stiene i Kjekstadmarka. Varmekartet sier imidlertid ingenting om absolutt bruksomfang, både ettersom rådataene som ligger til grunn for kartet ikke er tilgjengelig, og fordi mange syklistene ikke bruker Strava. Det er også vanskelig å sammenligne det relative bruksomfanget mellom ulike områder. For hest er det tross alt enklere å få en rimelig god oversikt over bruksomfang ettersom mye av bruken er knyttet til organiserte virksomheter som ridesentre eller staller.

Med utgangspunkt i våre funn og **Figur 19**, er forholdet mellom bruksomfang og slitasje verdt en videre diskusjon. Bruksintensitet har trolig noe betydning for effektene, men det har vi ikke hatt mulighet til å teste i denne studien. Effekten av 600 personer langs en sti vil trolig være forskjellig dersom det er 600 personer på en dag (som dagen for Ultrabirken 2016) eller om de fordeles jevnt gjennom en hel sesong. Hammitt og Cole (1987) drøfter også dette, forankret i egne og andres feltstudier. De sier at effekten av mange brukere/grupper på kort tid langs en sti ikke skiller seg vesentlig fra om bruken fordeler seg jevnt over en sesong. Bakgrunnen er nettopp det forholdet som **Figur 19** viser, at slitasjeeffekten flater ut ved økende bruk over et visst punkt. Men dette er under den forutsetning at alle bruker den samme nedslitte kjernesonen i stien. Så snart flere ferdes i bredden, eller beveger seg ut i overgangssonene og den upåvirkede vegetasjonen, vil mye bruk over kort tid øke slitasjen. Det trengs det flere feltstudier, helst eksperimentelle forsøk, for å si noe om effekten av ulik intensitet, ulik bruksmåte og bruk under ulike naturgitte forhold.

Ultrabirken-traseen 2016 – en del av vårt datasett

Noen av sykkelstiene som vi undersøkte, var en del av Ultrabirken-traseen 2016 (**Tabell 1**). Denne traseen er på totalt 120 km og går for en stor del på stier. Vi inkluderte her to stistrekninger på til sammen om lag 10 km (**Vedlegg 1d og e**). Strekningene ble valgt på kart og så ut til å

inkludere både fuktige og tørre og bratte og flate områder. Alle fuktige strekninger som tilfredsstilte kriteriene for å bli inkludert i undersøkelsen (dvs. minimum 15 m i relativ homogen vegetasjon, > 30 m fra segment i tilsvarende vegetasjon og ikke forsterket/klopplagt), ble registrert. Dette inkluderte totalt 19 stisegmenter i fuktig og moderat fuktig terreng, hovedsakelig i vierkratt, og myrkanter. De største myrområdene innenfor studieområdene ble imidlertid ikke undersøkt, da disse var klopplagt. Dette gjaldt også en del mindre, fuktige områder. Et utvalg av tørre stisegmenter ble undersøkt, totalt 27, hovedsakelig i fjell-lynghei, som utgjorde hoveddelen av vegetasjonen i området. Som nevnt, kom det mange reaksjoner i etterkant av rittet på slitasje i fuktige partier. Hvorvidt feltarbeidet vårt dekker «de verste» partiene, er imidlertid vanskelig for oss som står utenfor lokaldebatten å vurdere. Dataene fra Ultrabirken-traseen er analysert sammen med og opp mot de andre sykkelstrekningene i fjell (fra Skei, se **Tabell 1**), hvor én av stiene hadde om lag like mange passeringer i løpet av sesongen som antatt i Ultrabirken-traseen (alle klassifisert som «mye») og to av stiene hadde relativt mindre bruksomfang (klassifisert som «lite»). Denne inndelingen tar ikke hensyn til forskjeller i bruksintensitet, dvs. spredning av bruken gjennom sesongen, men også stiene på Skei ble brukt til sykkelritt i juni (**Vedlegg 2**).

Resultatene fra den samlede analysen viser at sykkelstiene i fjellet generelt var smalere enn i skogen, og at stibredde og stidybde i liten grad varierte med bruk. Fuktige stier i fjellet var bredere enn tørre stier, men heller ikke her varierte bredden med bruk. Bratte stier skilte seg ikke fra flate stier verken med hensyn til stidybde eller stibredde. Inntrykket vårt fra feltarbeidet var at spor etter rittet var tydelig i de fuktige partiene, mens de var omtrent fraværende i de tørre partiene.

Organisering og utstyr

Når det gjelder ridning, vil ulike hesteraser og organisering av selve ridningen også påvirke grad av slitasje. Vi har sett på organiserte rideturer med islandshest. Turene går gjerne langs et begrenset antall stier, og hver sti blir dermed automatisk mye brukt. Begge aktørene som vi var i kontakt med, hadde noe erfaring med andre, større hesteraser fra tidligere og var helt klare i sin vurdering av at store, tunge hester lager større spor enn små, lette hester. De som driver organisert virksomhet med hest i sitt nærområde, er naturlig nok svært bevisste på å unngå negative effekter som kan redusere verdien av «produktet» de lever av. Dersom man ønsker ytterligere kunnskap om effekter av ridning, bør det gjennomføres en tilsvarende studie med andre hesteraser, og gjerne knyttet til staller nær tettsteder/byer der ridningen gjerne gjennomføres på en mindre organisert måte enn hos næringsaktørene som driver ridesentre utenfor tettsteder.

Tilsvarende som for hest vil også effekter av sykling variere etter hvilket utstyr som brukes og hvordan syklistene tar seg fram. Offensiv sykling i bratt terreng utsetter vegetasjon og jordsmonn for større slitasje gjennom krapp svingning og brå bremsing i nedoverbakker (se f.eks. Pickering mfl. 2011). Det å sykle utenom gjørmehull vil også øke bredden på stien over fuktig mark, og ulike sykkel-/dekktyper vil trolig gi ulik slitasjeeffekt. En «fatbike» med breie dekk vil ha større kontaktflate mot underlaget, men sannsynligvis også mindre punkttrykk og dermed mindre slitasjeeffekt. Det er denne «flyteevnene» som gjør at fatbike kan brukes på hardpakka snø. Vi har ikke sett nærmere på ulike sykkeltyper, og med unntak av NTG-stien på Birkebeinerstadion, som brukes aktivt til downhill-sykling, antar vi at alle bratte stisegmenter som inngår i denne studien er utsatt for samme type bruk (utstyr mv.) som de flate segmentene.

Spredning av fremmede arter

Det er påvist at frø kan henge fast på folk, sykler og hester, og at fremmede arter kan spres inn i naturområder og verneområder som følge av dette (se Ware mfl. 2013 og Pickering mfl. 2016). Vi registrerte ikke forekomst av fremmede arter i våre stisegmenter, og la heller ikke merke til slike arter langs stiene. Så langt vi vet finnes det ikke data om spredning av fremmede arter med sykkel og hest inn i norske verneområder, men fra studier i andre deler av verden (Pickering mfl. 2016) kan vi anta at det også skjer her i landet, og det bør være aktuelt å følge med på om dette kan bli et problem ved økt ferdsel.

4.3 ...og så da...?

Vanligvis er det eksisterende stier og tråkk som i stor grad blir tatt i bruk til sykling og ridning. Men det er ikke nødvendig at en sti er spesielt opparbeidet eller tilrettelagt for at den skal være fremkommelig med hest eller dagens terrengsykler. Våre funn peker på hvilke miljøforhold (fuktighet og helling) som gir det «stødigste» grunnlaget for å tåle sykkelhjul og hestehov. Gamle ferdselsårer er ofte plassert ut fra lignende erfaringskunnskap, fordi stien da både holder seg godt og er lett å ferdes langs. Men noen stier som i dag blir brukt for eksempel til sykling, kan ha utgangspunkt i dyretråkk eller «snarveger» og kan derfor like gjerne gå gjennom fuktdrag som over tørre rabber, med tilhørende slitasjeutfordringer.

Våre funn viser hvor slitasjeutfordringene er størst og dermed hvor det bør prioriteres innsats for å legge om stien eller forsterke underlaget – dersom dette er mulig eller ønskelig. I løpet av vårt feltarbeid kom vi over mange stier som var klopplagt eller forsterket på ulike måter og med god effekt. Det var imidlertid også mange strekninger uten tiltak, og det var ikke alltid en logisk sammenheng mellom slitasjegrad og gjennomførte tiltak. Tiltakene som er gjennomført er i all hovedsak rettet mot å gjøre underlaget mer robust (øke slitestyrken), mens det i mindre grad gjennomføres tiltak for å øke gjenveksten etter slitasje. I tørre naturtyper kan gjenveksten være spesielt utfordrende, og her er behovet for «tidlig varsling» viktig, slik at tiltak kan iverksettes før slitasjen blir kraftig (se Hagen mfl. 2012 om moderat og kraftig slitasje).

Det er vesentlig at etablering av nye stier og tiltak langs eksisterende stier blir gjort i samråd med brukerne. Dersom tiltak skal ha ønsket effekt, må de treffe både brukergruppene og verneinteressene. Friluftsmeldingen (Meld. St. 18, 2015-2016) er ennå ikke vedtatt, men der foreslås det at sykling i prinsippet skal være tillatt langs «eksisterende veier, stier og kjørespor» også i nasjonalparker og landskapsvernområder. Uten å ta stilling til selve «frislippet» så er det i hvert fall trolig en fordel at slike aktiviteter skal foregå i eksisterende traséer, og ikke fritt i terrenget – særlig der disse rutene er relativt slitesterke og «ligger godt» i terrenget.

Trolig vil det uansett trengs en mer aktiv forvaltning både i og utenfor verneområdene når det gjelder informasjon og tiltak overfor det stadig mer mangfoldige friluftslivet. Det er ikke usannsynlig at forholdet mellom ulike friluftslivsaktiviteter og -utøvere, for eksempel syklist, rytter og folk til fots, kan bli en vel så stor utfordring framover som friluftslivets effekt på naturen.

5 Referanser

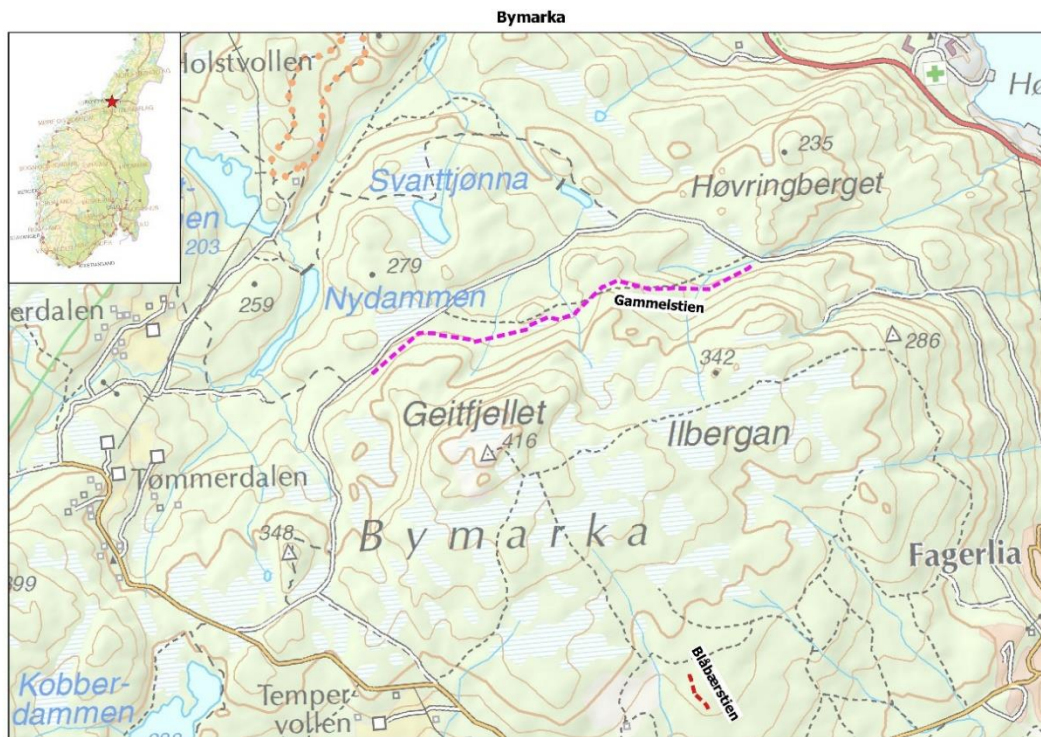
- Andersen, O., Gundersen, V., Wold, L. C. & Stange, E., 2014. Monitoring visitors to natural areas in wintertime: issues in counter accuracy. *Journal of sustainable tourism* 22 (4): 550-560.
- Arnesen, T. & Lyngstad, A. 2012. Effekter av tråkk og annen ferdsel på vegetasjonen i friluftsområder. *Blyttia* 70:159-172.
- Barros, A., Gonnet, J., & Pickering, C. 2013. Impacts of informal trails on vegetation and soils in the highest protected area in the Southern Hemisphere. *Journal of Environmental Management*, 127, 50-60.
- Bates D, Maechler M, Bolker B and Walker S (2014). lme4: Linear mixed-effects models using Eigen and S4. R package version 1.1-7. <URL: <http://CRAN.R-project.org/package=lme4>>.
- Cole, D. N. 2004. Impacts of hiking and camping on soils and vegetation: a review. *Environmental impacts of ecotourism*, 41, 60.
- Evju, M., Hagen, D., & Hofgaard, A. 2012. Effects of disturbance on plant regrowth along snow pack gradients in alpine habitats. *Plant Ecology*, 213(8), 1345-1355
- Hagen, D. & Evju, M. 2011. Slitasje og sårbarhetskartlegging. I: Eide, N.E. mfl. Pilotprosjekt bevaringsmål i store verneområder – Utvikling av metoder for å overvåke bevaringsmål i store verneområder – tema fjell og landskap. - NINA Rapport 652, s. 90-99.
- 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. Norsk institutt for naturforskning (NINA), Trondheim.
- Hagen, D., Systad, G.H., Eide, N.E., Erikstad, L., Moe, B., Svenning, M., Veiberg, V. & Vistad, O.I. 2014. Sårbarhetsvurdering i polare strøk. Gjennomgang av begrep og metoder. – NINA Rapport 1045. Vulnerability in polar areas. Review of concepts and methods. NINA Report 1045. 53 s.
- Halvorsen, R., Bryn, A., Erikstad, L. & Lindgaard, A. 2015. Natur i Norge - NiN. Versjon 2.0.0. Artsdatabanken, Trondheim.
- Hammitt, W.E. & Cole, D.N. 1987. *Wildland Recreation. Ecology and Management*. New York: John Wiley & Sons. 341 s.
- Jägerbrand, A. K., & Alatalo, J. M. 2015. Effects of human trampling on abundance and diversity of vascular plants, bryophytes and lichens in alpine heath vegetation, Northern Sweden. *Springer-Plus*, 4(1), 95.
- Lucas-Borja, M., Bastida, F., Moreno, J., Nicolás, C., Andres, M., López, F., & Del Cerro, A. 2011. The effects of human trampling on the microbiological properties of soil and vegetation in Mediterranean mountain areas. *Land Degradation & Development*, 22(4), 383-394.
- Morales M. (2012). *sciplot: Scientific Graphing Functions for Factorial Designs*. R package version 1.1-0. <http://CRAN.R-project.org/package=sciplot>
- Meteorologisk institutt 2016. <http://met.no/Klima/Klimastatistikk/Klimanormaler/Nedbor/>
- Pescott, O. L., & Stewart, G. B. 2014. Assessing the impact of human trampling on vegetation: a systematic review and meta-analysis of experimental evidence. *PeerJ*, 2, e360.
- Pickering, C. M., Rossi, S., & Barros, A. 2011. Assessing the impacts of mountain biking and hiking on subalpine grassland in Australia using an experimental protocol. *Journal of Environmental Management*, 92(12), 3049-3057.
- Pickering, C., Ansong, M. & Wallace, E. 2016. Experimental assessment of weed seed attaching to a mountain bike and horse under dry conditions. *Journal of Outdoor Recreation and Tourism*. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jort.2016.07.005>
- R Core Team. 2014. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>.

- Strand, O., Gundersen, V., Jordhøy, P., Andersen, R., Nerhoel, I., Panzacchi, M. & Van Moorter, B. 2014. Villrein og ferdsel i Ron-dane. Sluttrapport fra GPS-merkeprosjektet 2009–2014. – NINA Rapport 1013. 170 s. + vedlegg
- Thurston, E., & Reader, R. J. 2001. Impacts of experimentally applied mountain biking and hiking on vegetation and soil of a deciduous forest. *Environmental Management*, 27(3), 397-409.
- Törn, A., Tolvanen, A., Norokorpi, Y., Tervo, R., & Siikamäki, P. (2009). Comparing the impacts of hiking, skiing and horse riding on trail and vegetation in different types of forest. *Journal of Environmental Management*, 90(3), 1427-1434.
- Törn, A., Rautio, J., Norokorpi, Y., & Tolvanen, A. 2006. Revegetation after short-term trampling at subalpine heath vegetation. Paper presented at the *Annales Botanici Fennici*.
- Tømmervik, H.A., Erikstad, L., Jacobsen, K.-O., Strann, K.-B., Bakkestuen, V., Aarrestad, P.A., Yoccoz, N.G., Hagen, D., Johnsen, T.V., Johansen, B., Høgda, K.A., Ahmed, S.H., Dahl, R., Bargel, T.H. & Olsen, L. 2005. Langtidsvirkninger på naturmiljøet av Forsvarets virksomhet i Troms. NINA Rapport 49: 230 pp.
- 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. Norsk institutt for naturforskning (NINA), Lillehammer/Trondheim.
- Ware, C., Bergstrom, D.M., Müller, E. & Alsos, I.G. 2012. Humans introduce viable seeds to the Arctic on footwear. *Biological Invasions* 14, pp. 567–577.
- Wilson, J. P., & Seney, J. P. 1994. Erosional impact of hikers, horses, motorcycles, and off-road bicycles on mountain trails in Montana. *Mountain Research and Development*, pp. 77-88.
- Øian, H., Andersen, O., Follestad, A., Hagen, D., Eide, N. Kaltenborn, B. (2015). Effekter av ferdsel og friluftsliv på natur. En sammenstilling av nasjonal og internasjonal litteratur - NINA Rapport 1182, 75 s.

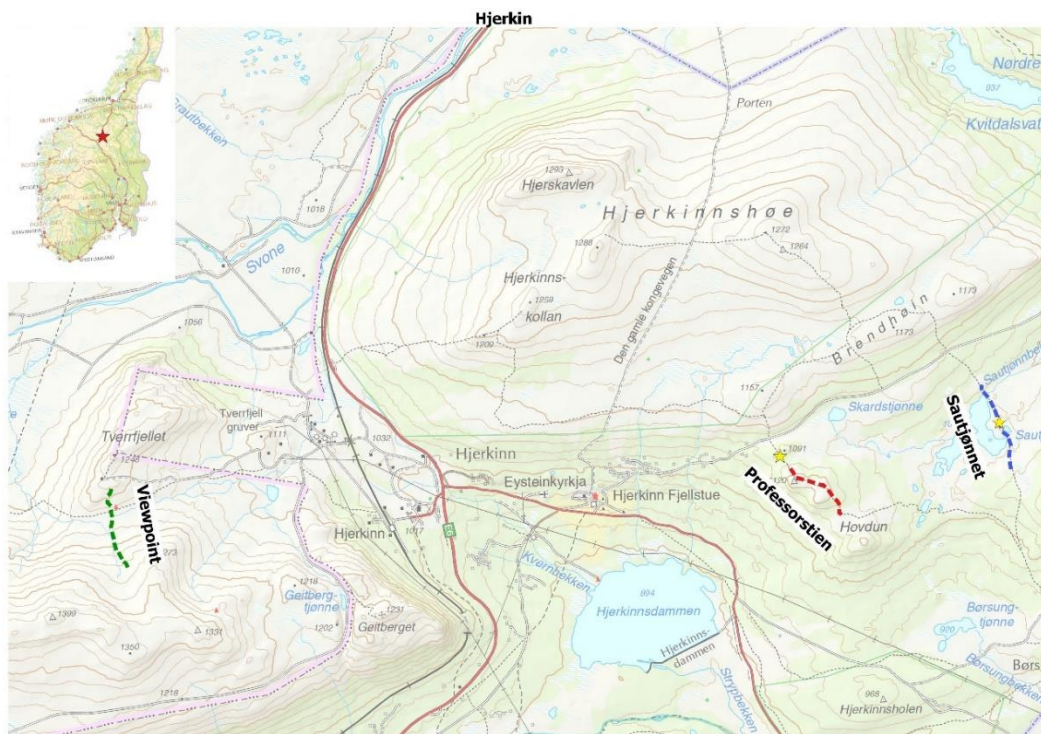
Vedlegg 1. Kart over studieområdene

De analyserte stiene er markert med farge i kartet og navn på sti i henhold til **Tabell 1**. Ferdsestellere er markert med gul stjerne.

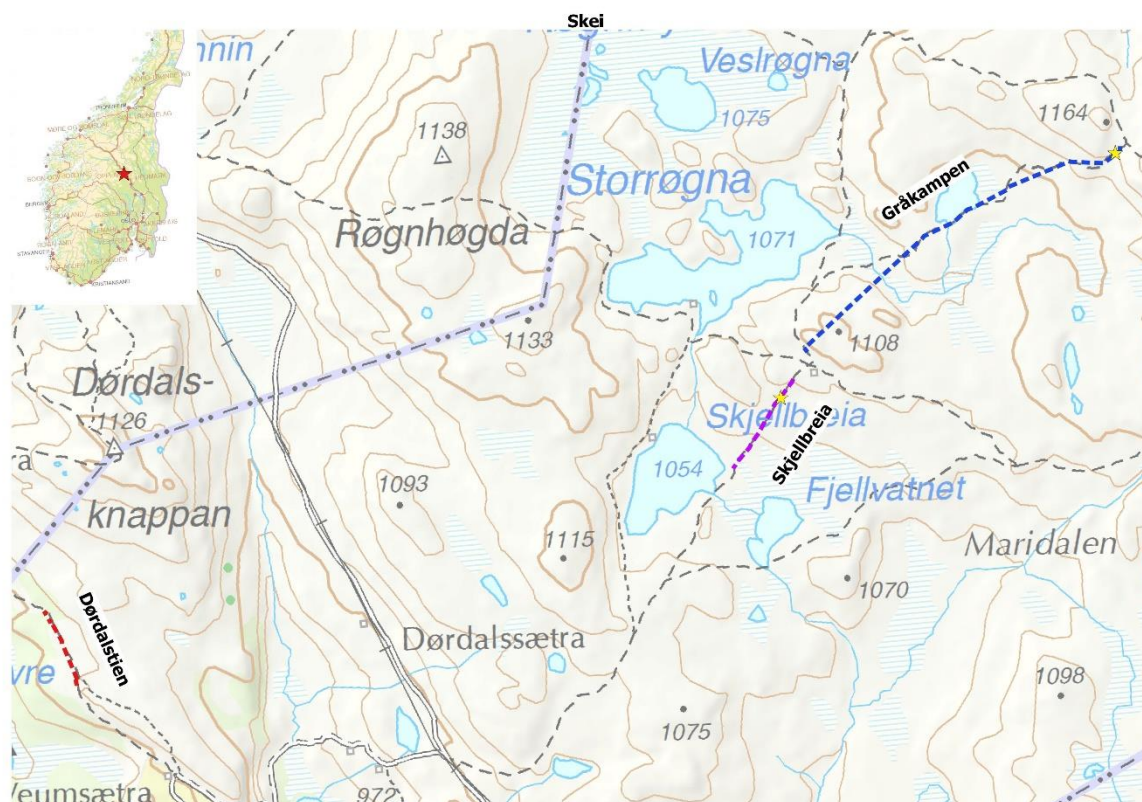
Vedlegg 1a. Bymarka (Trondheim, sykkel)



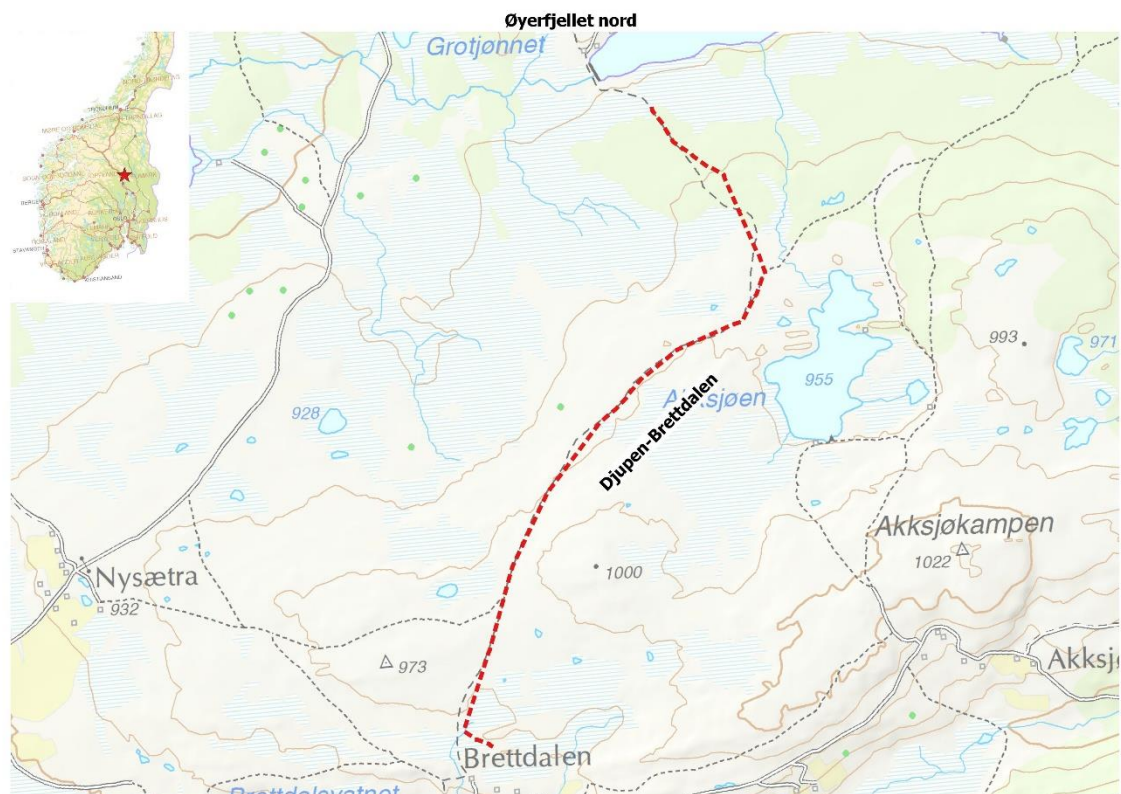
Vedlegg 1b. Hjerkin (Dovre, hest)

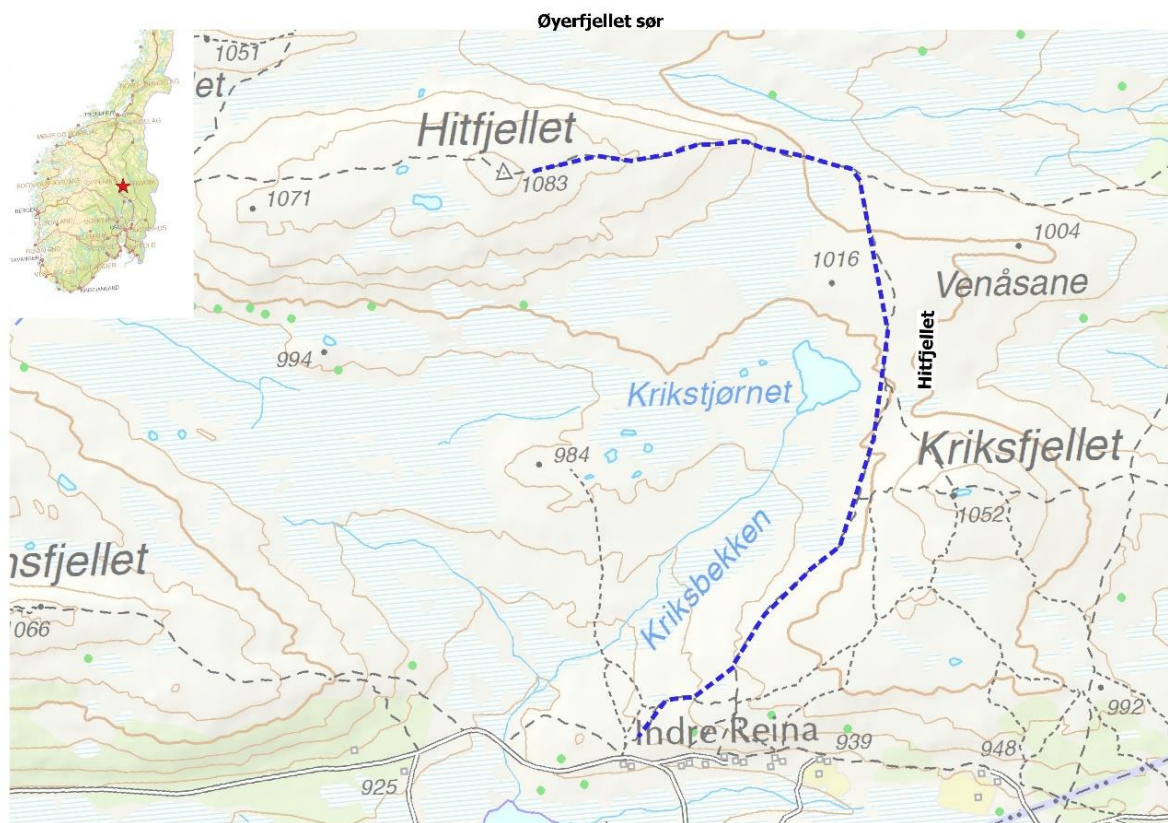


Vedlegg 1c. Skei (Gausdal, sykkel)

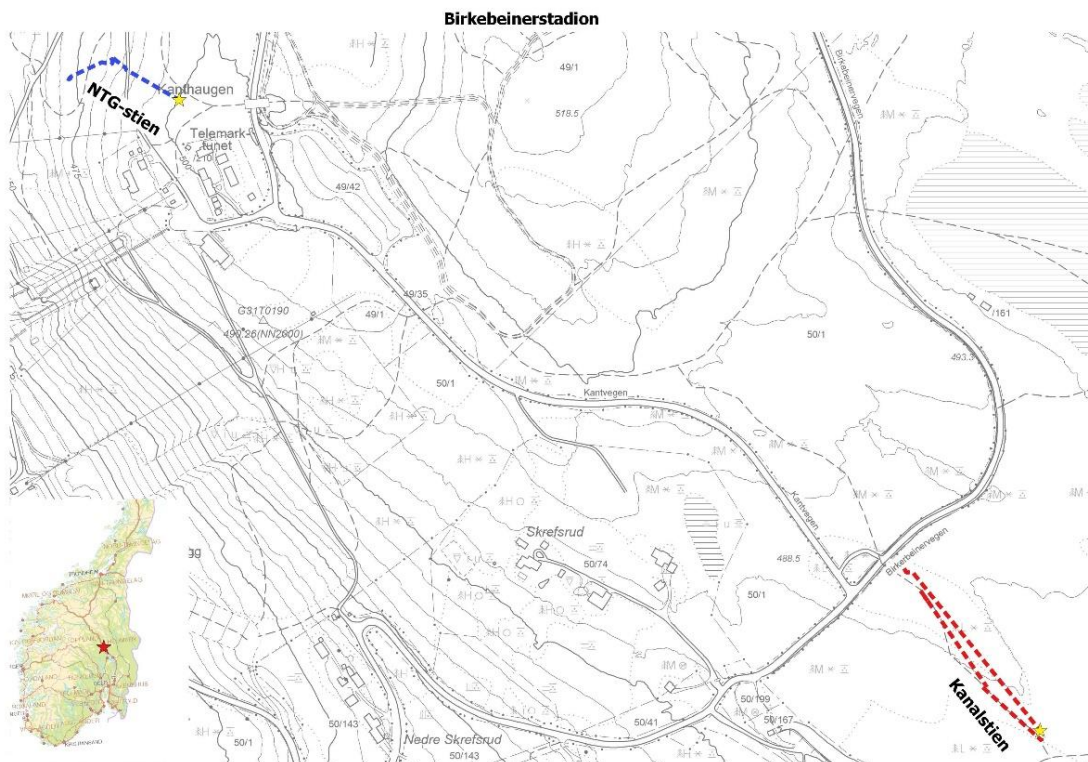


Vedlegg 1d. Øyerfjellet nord (Øyer, sykkel)

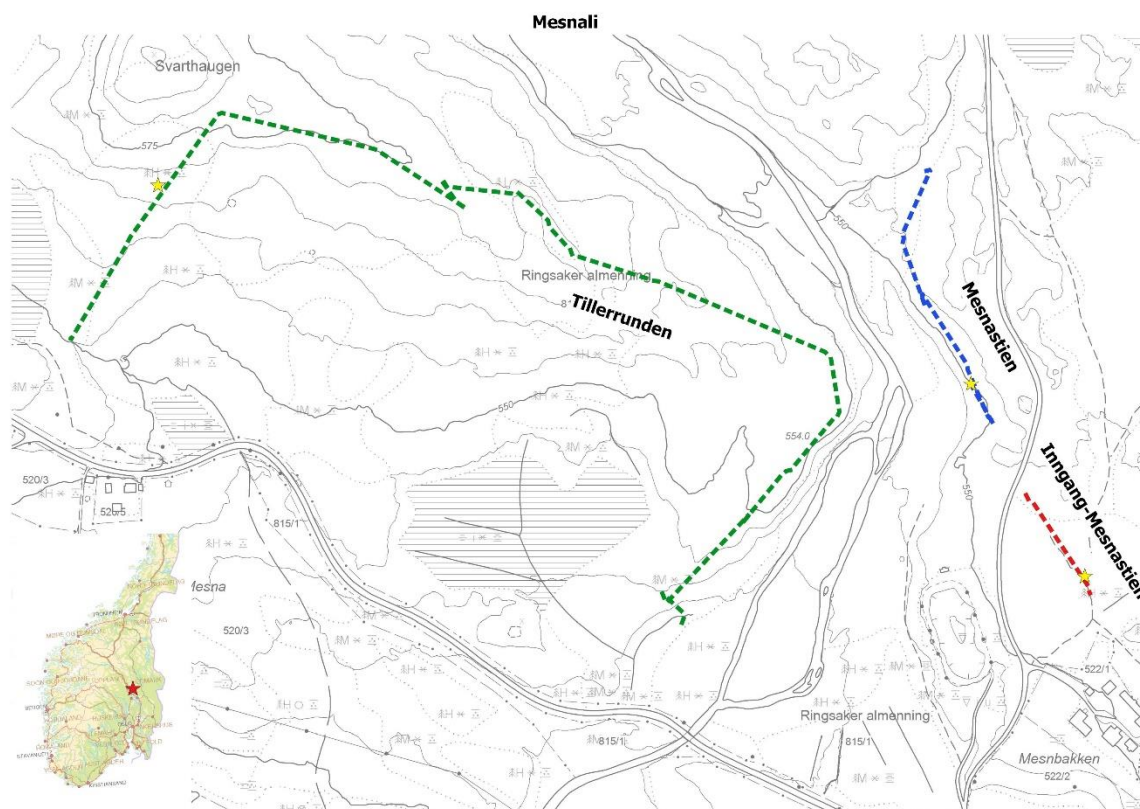


Vedlegg 1e. Øyerfjellet sør (Øyer, sykkel)

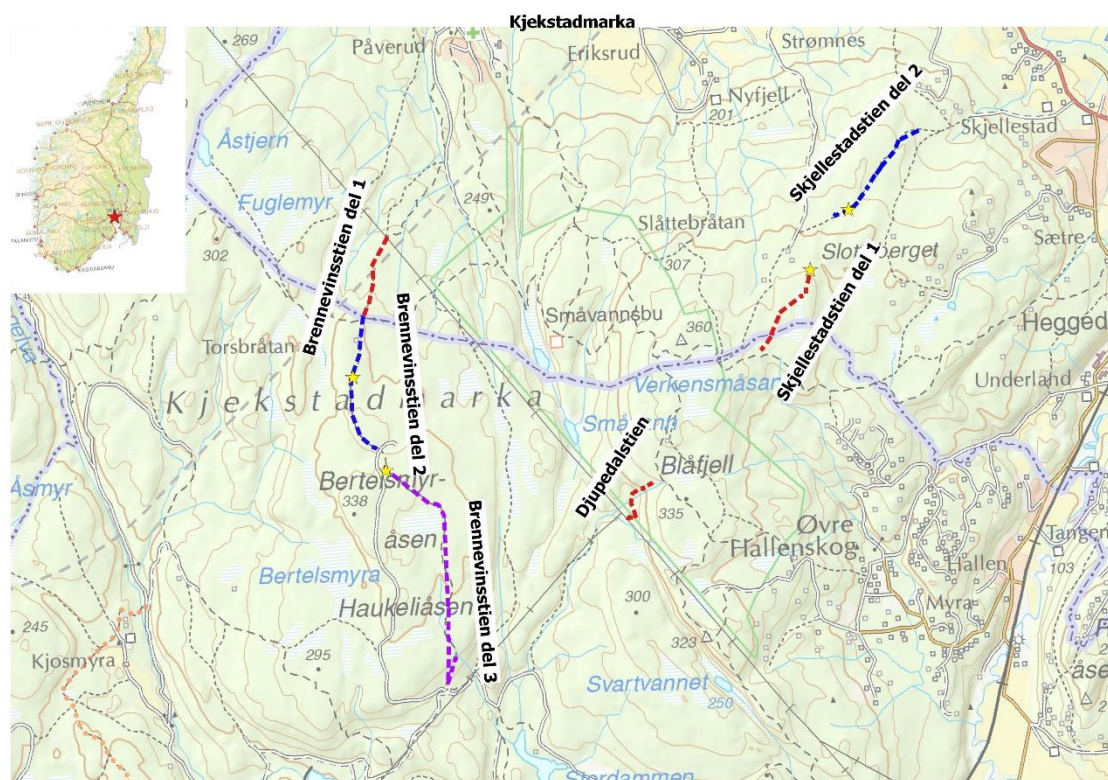
Vedlegg 1f. Birkebeinerstadion (Lillehammer, sykkel)



Vedlegg 1g. Mesnali (Ringsaker, hest)



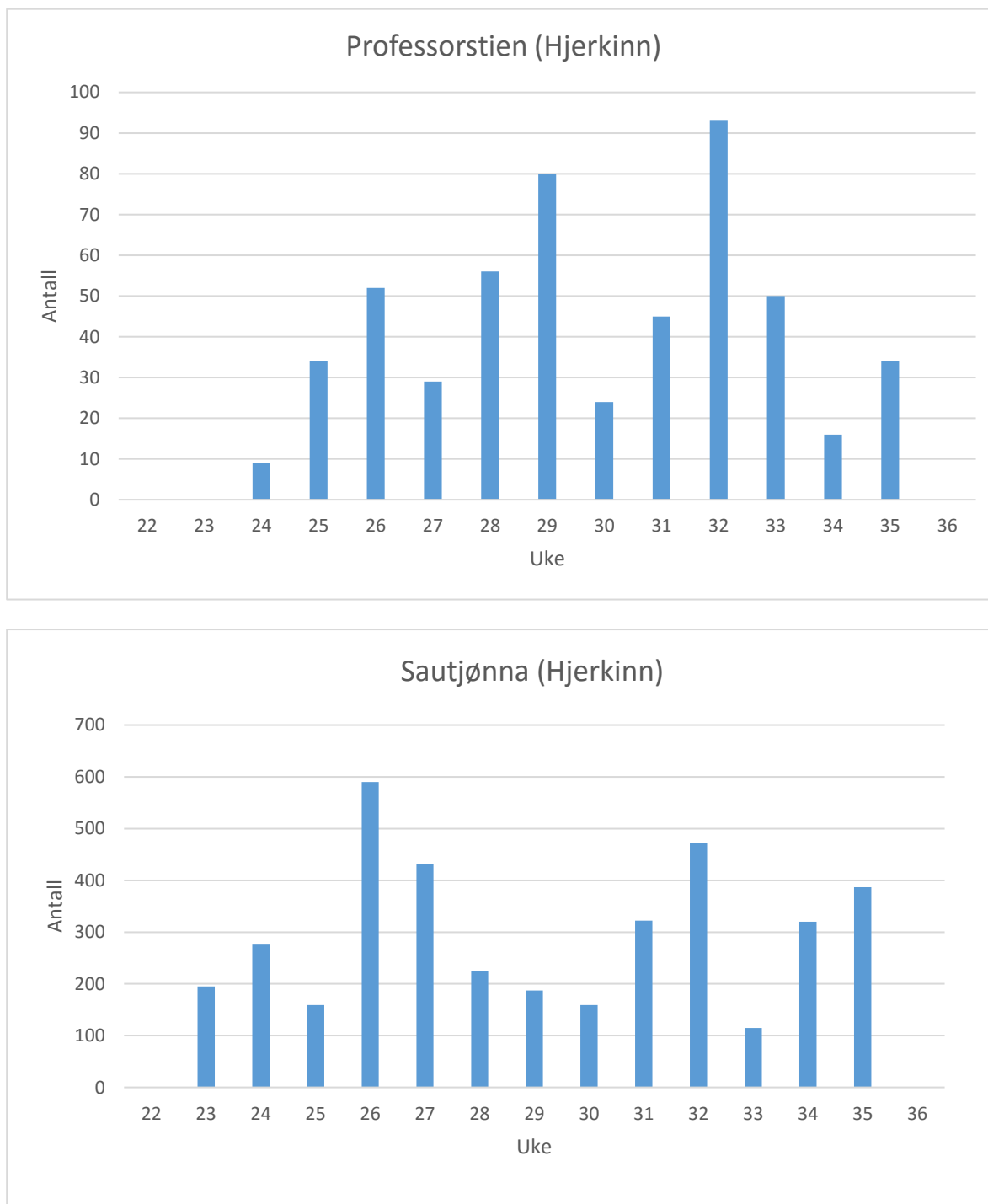
Vedlegg 1h. Kjekstadmarka (Asker/Røyken, sykkel)



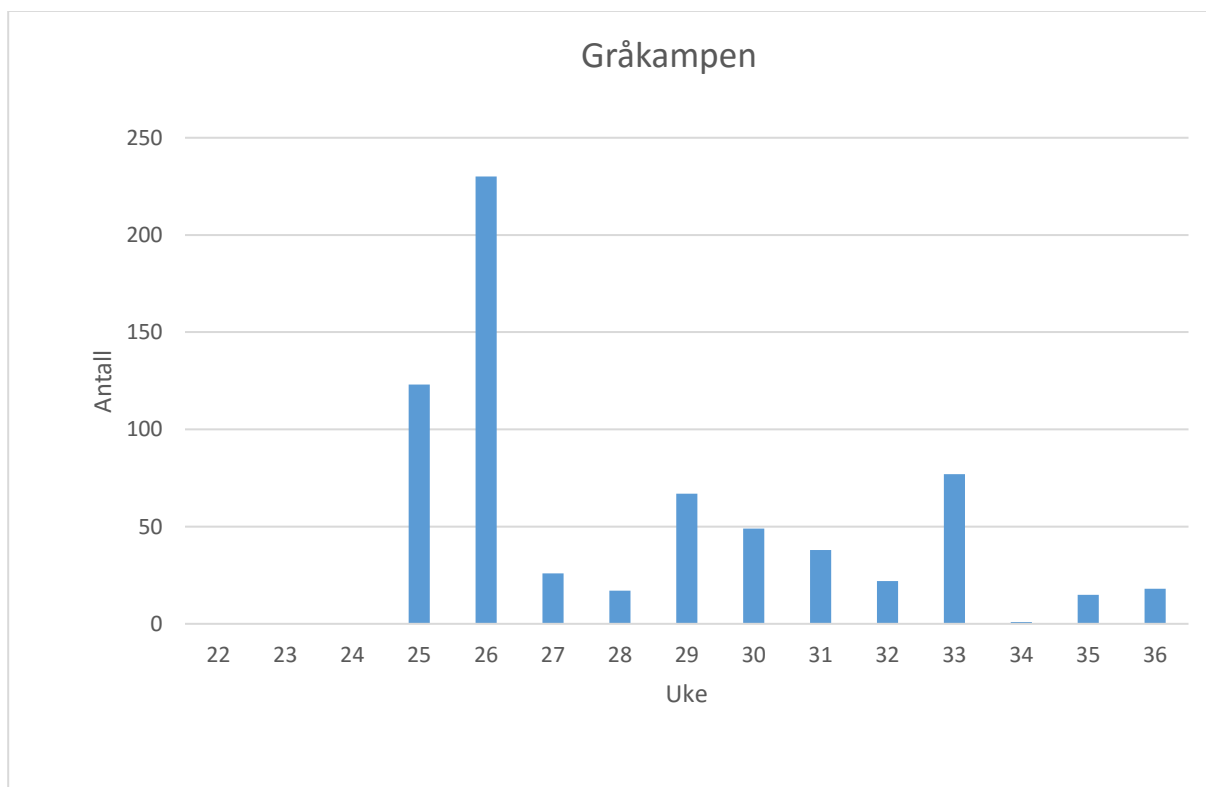
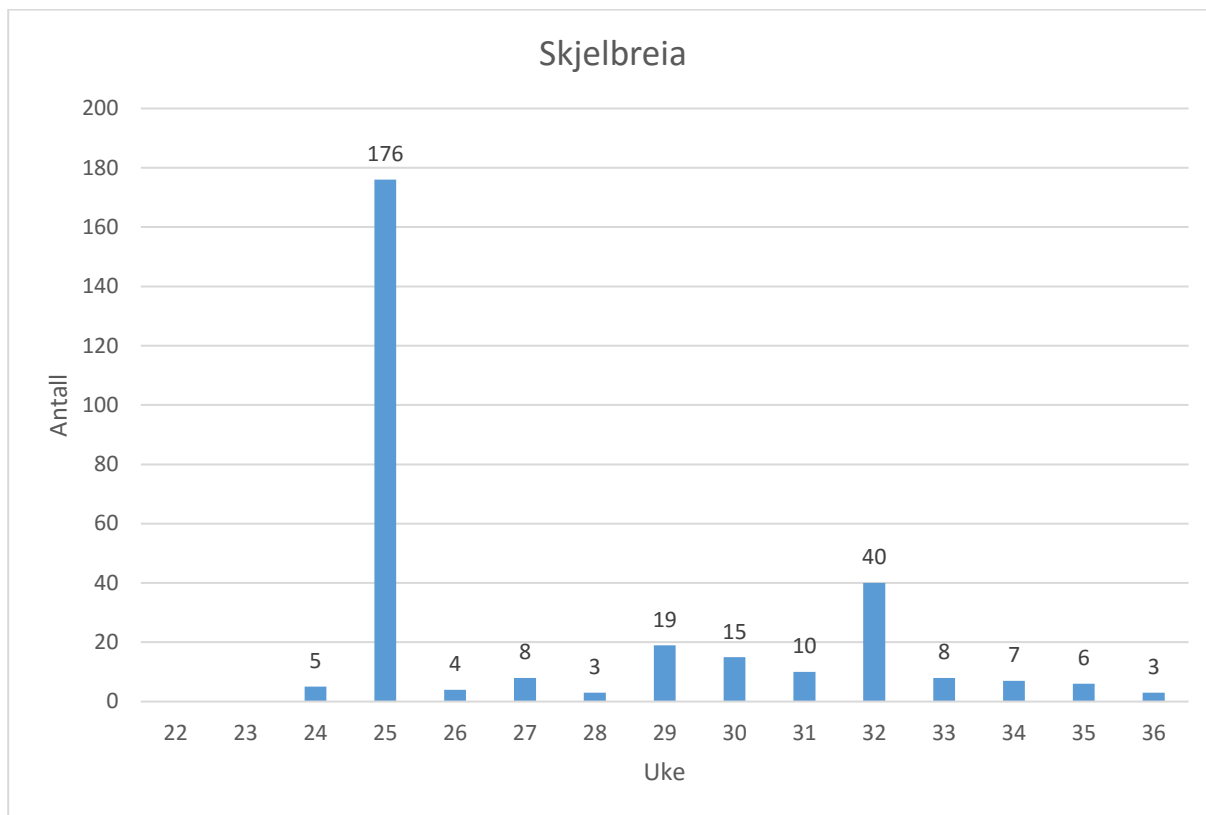
Vedlegg 2. Ferdselsdata

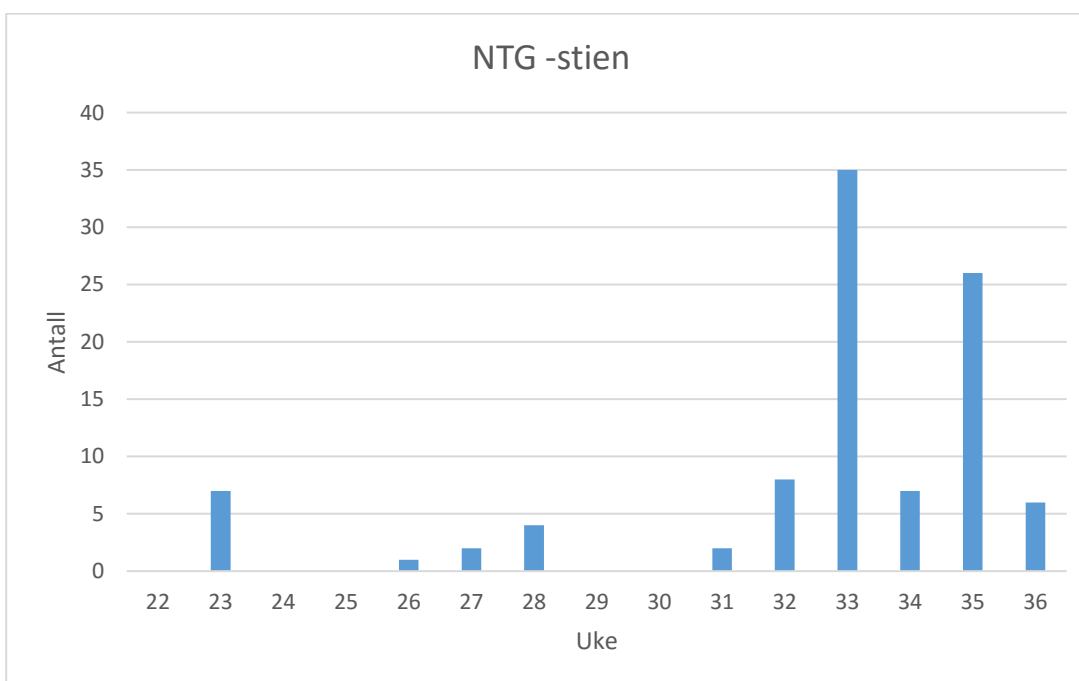
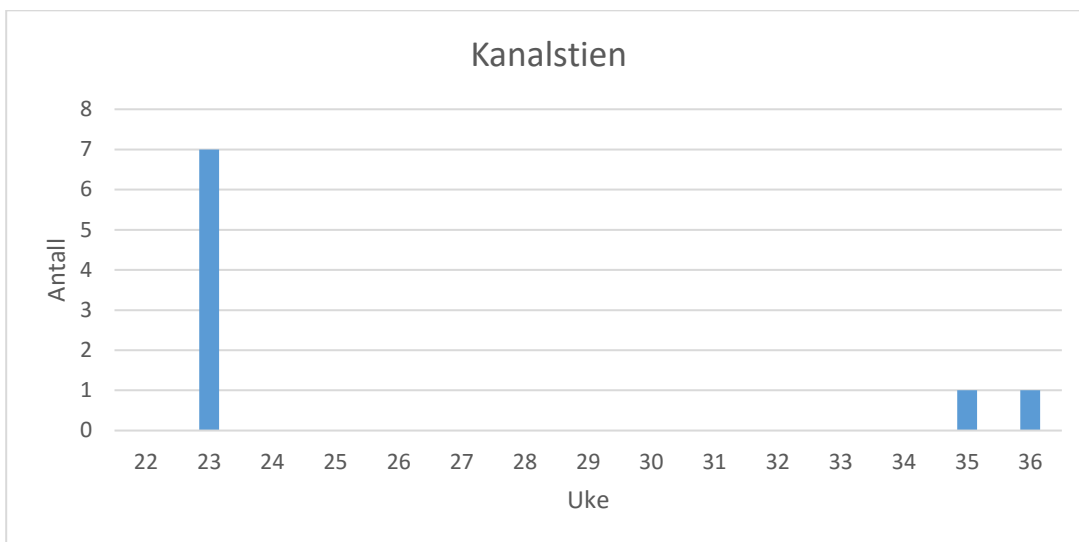
Figurene viser registrert ferdsel per uke fra uke 22 (30.05.-05.06) til uke 36 (5.-11.09) i 2016 for de ferdselstellerne som ble utplassert. For vurdering av pålitelighet i tellingene og feilkilder se kap. 2.3.2. Figurene er gjengitt fra nord til sør i henhold til oversiktskartet i **Figur 2**. Vær oppmerksom på skalaforskjellene langs y-aksen mellom figurene.

Vedlegg 2a. Registrert ferdsel med personteller langs to hestestier på Hjerkin (Sautjønna og Professorstien) i 2016.

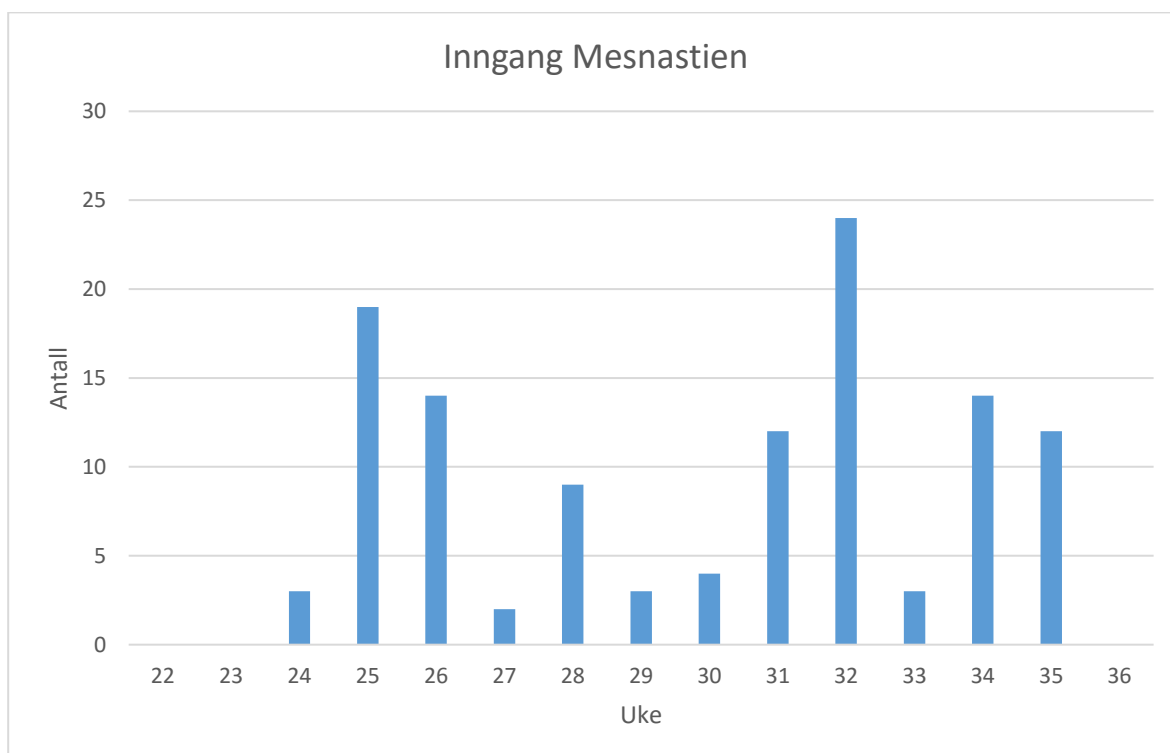
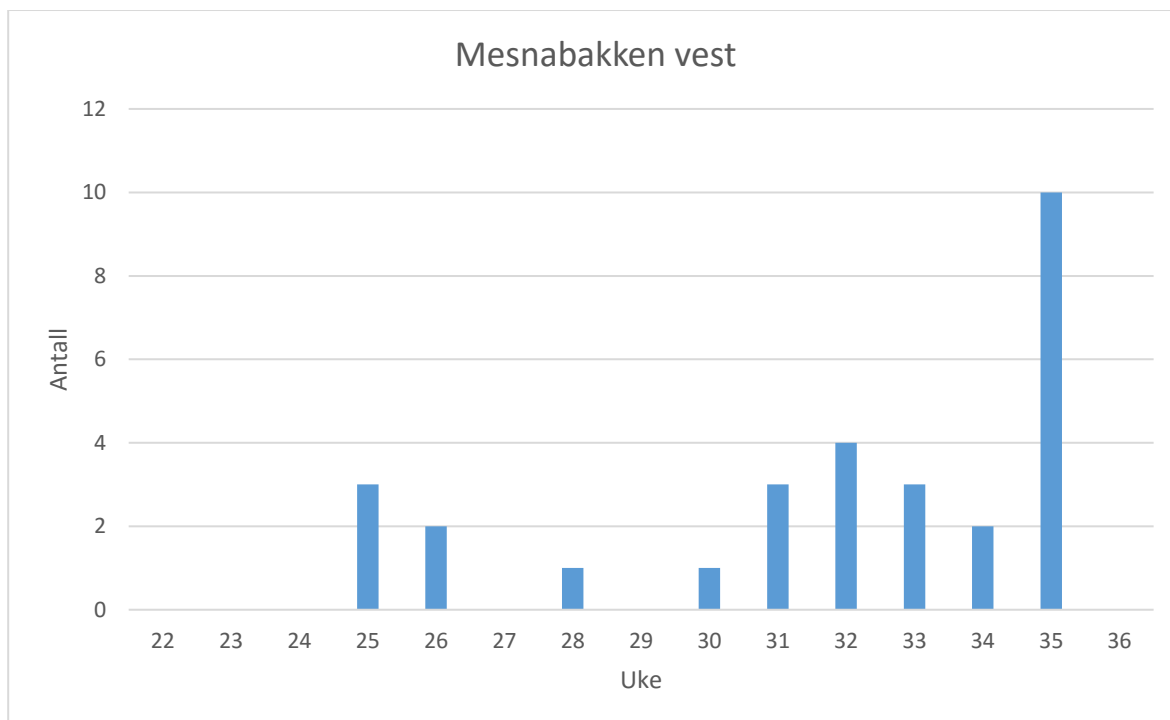


Vedlegg 2b. Registrert ferdsel med sykkelteiler langs to stier på Skei (Skjellbreia og Gråkampen) i 2016.



Vedlegg 2c. Registrert ferdsel med sykkelteiler langs to stier på Lillehammer (Kanalstien og NTG-stien) i 2016.

Vedlegg 2d. Registrert ferdsel med persontellere langs to hestetier på Mesnali (inngang Mesnastien, Mesnabakken vest) i 2016.



Vedlegg 3 Analyserte stisegmenter klassifisert etter NiN 2.0

Klassifisering av analyserte stisegmenter i henhold til Naturtyper i Norge (NiN 2.0; Halvorsen mfl. 2015).

NiN grunntype	NiN kode	Antall segmenter sykkel	Antall segmenter hest
Temmelig til svært kalkfattig helofytt-ferskvannssump	L4-1	0	1
Kalkfattig leside	T3-C-1	1	1
Kalkfattig fjell-lynghei	T3-C-2	36	14
Kalkfattig fjell-lavhei	T3-C-3	0	5
Intermediær kildepåvirket fjellhei	T3-C-13	8	3
Blåbærskog	T4-C-1	34	20
Svak lågurtskog	T4-C-2	8	0
Lågurtskog	T4-C-3	4	0
Bærlyngskog	T4-C-5	24	6
Lyngskog	T4-C-9	1	1
Høgstauteskog	T4-C-18	1	0
Kalkfattig og intermediær rabbe	T14-C-1	7	5
Kalkfattig og intermediær fjellgrashei	T22-C-1	5	0
Kalkfattig og intermediært grassnøleie	T22-C-2	1	0
Svært kalkfattig myrflate	V1-C-1	0	1
Litt kalkfattig myrflate	V1-C-2	2	2
Litt kalkfattig myrkant	V1-C-6	9	0
Kalkrik myr- og sumpskog	V2-C-3	1	0
Litt kalkfattig og svakt intermediær svakkilde	V4-1	1	0



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: 978-82-426-2954-8

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