

741

Utprøving av metodikk for overvåking av effekter av atmosfærisk tilført nitrogen på fattig fjellvegetasjon

NINA Rapport

Pilotprosjekt for Naturindeks for Norge

Per Arild Aarrestad
Vegar Bakkestuen
Odd Egil Stabbetorp



NINAs publikasjoner

NINA Rapport

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

NINA Temahefte

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

NINA Fakta

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

Annen publisering

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

Utprøving av metodikk for overvåking av effekter av atmosfærisk tilført nitrogen på fattig fjellvegetasjon

Pilotprosjekt for Naturindeks for Norge

Per Arild Aarrestad
Vegar Bakkestuen
Odd Egil Stabbetorp

Aarrestad, P.A., Bakkestuen, V. & Stabbetorp, O.E. 2011. Utprøving av metodikk for overvåking av effekter av atmosfærisk tilført nitrogen på fattig fjellvegetasjon. Pilotprosjekt for Naturindeks for Norge - NINA Rapport 741. 26s.

Trondheim juni 2011

ISSN: 1504-3312

ISBN: 978-82-426-2330-0

RETTIGHETSHAVER

© Norsk institutt for naturforskning

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

TILGJENGELIGHET

Åpen

PUBLISERINGSTYPE

Digitalt dokument (pdf)

REDAKSJON

Per Arild Aarrestad

KVALITETSSIKRET AV

Signe Nybø

ANSVARLIG SIGNATUR

Ass. forskningssjef Signe Nybø (sign.)

OPPDRAGSGIVER(E)

Direktoratet for naturforvaltning

KONTAKTPERSON(ER) HOS OPPDRAGSGIVER

Knut Simensen

FORSIDEBILDE

Analysefelt med rabbevegetasjon i Urvasshei, Aust-Agder.

Foto: P.A. Aarrestad

NØKKELOORD

Naturindeks for Norge, nitrogen, metodeutvikling, overvåking, fjellvegetasjon, rabb, biologiske indikatorer, artsdiversitet, artssammensetning, dekning av lav, moser og graminider, Ellenbergs N-indeks

KEY WORDS

Nature index for Norway, nitrogen, methodological development, monitoring, alpine vegetation, ridges, biological indicators, species richness, species composition, cover of lichens, bryophytes and graminoids, Ellenberg's N-index

KONTAKTOPPLYSNINGER

NINA hovedkontor

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

NINA Oslo

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

NINA Tromsø

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

NINA Lillehammer

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

Sammendrag

Aarrestad, P.A., Bakkestuen, V. & Stabbetorp, O.E. 2011. Utprøving av metodikk for overvåking av effekter av atmosfærisk tilført nitrogen på fattig fjellvegetasjon. Pilotprosjekt for Naturindeks for Norge. – NINA Rapport 741. 26 s

Naturindeks for Norge skal bidra til å måle tilstand og utviklingstrender i norsk natur. Indeksen bygger på at tilstanden i arealer måles ved utvalgte indikatorer. Effektene av atmosfærisk N-avsetning på naturtyper er knyttet til eutrofiering og forsurening av habitater og er en viktig parameter i indeksen. Så langt benyttes overskridelser av empiriske N-tålegrenser for naturtyper i naturindeksen. Tålegrensene er imidlertid usikre for nordiske forhold og det er ofte en forsinkelse mellom N-påvirkning og synlige effekter på naturen. Det er således behov for reelle observasjoner av naturens tilstand. Naturforvaltningen ønsker enkle og kostnadseffektive indikatorer som kan benyttes til å kartlegge og overvåke N-påvirkningen av naturtyper med lav N-tålegrense. Formålet med dette pilotprosjektet er å teste ut en effektiv metodikk for overvåking av effekter av atmosfærisk N på fattig fjellvegetasjon ved hjelp av biologiske indikatorer i to fjellområder med ulik avsetning av N.

En fremtidig overvåking må skje på lokaliteter som spenner over en gradient i N-avsetning. Lett tilgjengelige Lucas-punkter ble benyttet som utgangspunkt for valg av testlokalitetene Urvasshei i Aust-Agder og Kalhovd i Telemark med henholdsvis total N-avsetning på 964 og 449 mg N/m²/år. Tålegrensen for fjellvegetasjon er 500 mg N/m²/år. Urvasshei ligger således i et område som har en betydelig overskridelse av tålegrensen. Nærmeste urørte rabbevegetasjon i lavalpin sone, innen en avstand fra Lucas-punktet på 4 km x 4 km, med et minimumsareal på 50 m² velges som overvåkingsfelt. Lokalitetene i TOV (Terrestrisk naturovervåking) kan også benyttes som utgangspunkt for overvåkingslokaliteter.

Det anbefales en registrering av % dekning av plantegruppene forvedede arter, graminider (gras og halvgras), moser og lav, samt prosent dekning av alle arter i fem mikroruter (analyse-ruter) à 1m x 1m tilfeldig lagt ut innen en makrorute (felt) på 5m x 10m (standard TOV-metodikk). Utlekking og analysing av ett felt tar en dag for to personer. Arbeidet må utføres av personell med kompetent artskunnskap. Bioindikatorer basert på data fra ruteanalysene beregnes som gjennomsnittsverdier av de fem rutene. Bioindikatorene er prosent dekning av forvedede arter, graminider, moser, lav, total arts-indeks, Ellenbergs N-indekser og forholdet mellom dekning av graminider og forvedede planter. Ved å registrere bioindikatorer basert på total artsdiversitet over en gradient av atmosfærisk tilført N kan man benytte multivariate statistiske metoder for å klarlegge årsaks/virkningsforhold mellom ulike påvirkningsfaktorer og endringer i vegetasjon. De viktigste forskjellene i rabbevegetasjonen mellom de to områdene var høyest artsmangfold og dekning av forvedede arter på lokalitet Urvasshei og høyest lavdekke på Kalhovd. Ellenbergs N-indekser var høyest på Urvasshei. Resultatet fra pilotprosjektet indikerer at rabbevegetasjonen på Urvasshei, med høyt N-nedfall, kan være mer påvirket av lufttransportert N enn lokaliteten Kalhovd. Lokalitetene bør analyseres med fem års mellomrom for å vurdere endringer over tid.

Et enklere og rimeligere alternativ til total artsdiversitetsregistrering er målinger av prosent dekning av de ulike plantegruppene med utregning av forholdet mellom dekning av forvedede planter og graminider. Utlekking og analysing av ett felt tar med denne metoden en halv dag for to personer. Arbeidet kan utføres av personell uten særlig artskunnskap. Imidlertid er vurderingen av prosent dekning en subjektiv metode og beregning av få bioindikatorer kan gi usikre resultater.

Per Arild Aarrestad (per.a.aarrestad@nina.no), NINA, P.Box. 5685 Sluppen, NO-7485 Trondheim.
Vegar Bakkestuen, Odd Egil Stabbetorp, NINA, Gaustadaklléen 21, NO-0349 Oslo.

Abstract

Aarrestad, P.A., Bakkestuen, V. & Stabbetorp, O.E. 2011. Testing of methods used to monitor effects of atmospheric deposited nitrogen on poor alpine vegetation. Pilot Project for Nature Index of Norway – NINA Report 741. 26pp.

The Nature Index for Norway is a tool to assess the present state (quality) of the nature and to monitor development trends based on species indicators or surrogates reflecting different environmental threats. Indicators reflecting effects of atmospheric nitrogen (N) are an essential factor in this work. So far, the exceedance of the empirical critical loads for N is used as an indicator. However, the critical loads for northern habitats are uncertain and there is often a time-lag between N-deposition and visual effects. Thus there is a need to implement real data from monitoring projects into the Nature Index. Nature management authorities want simple and cost-effective methods and indicators. The aim of this project is to test an effective method based on biological indicators to be used to assess environmental effects on acid alpine ridge vegetation. The test has been performed at two different localities with different atmospheric N-deposition.

The localities in a monitoring program should cover a gradient in N-deposition. Easy accessible European Lucas network points have been used as a starting point for the chosen localities Urvashei in Aust-Agder and Kalhovd in Telemark with a N-deposition of respectively 964 and 449 mg N/m²/year. The critical load for alpine habitats is 500 mg N/m²/year. Thus Urvashei is situated in an area with considerable exceedance of the critical load. The nearest undisturbed alpine ridge vegetation in the low alpine zone with a distance of maximum 4 km x 4 km from the Lucas point, and with a minimum area of 50 m² is suggested as a monitoring site in a future monitoring program. However, the sites of the Norwegian Terrestrial Monitoring Programme (TOV) can also be used as starting point for monitoring sites of alpine vegetation.

We recommend assessments of percentage cover of the different plant groups woody species, graminoids, bryophytes and lichens and percentage cover of all species in five micro plots of 1m x 1m, randomly distributed within a macro plot of 5m x 10m. The establishment and investigation of one site can be done in one day by two investigators with qualified species knowledge. Bioindicators based on data from the micro plots are calculated as average values of the five plots and represent the site. These are percentage cover of different plant groups, total species richness, Ellenberg's N-indices and the ratio between the graminoid cover the cover of woody species. By using bioindicators based on species diversity along a gradient in N-deposition, one can use multivariate statistical methods to explain the relationship between N-deposition and changes in the vegetation. The most important differences between the two investigated sites were higher species richness and cover of woody species on the site Urvashei and highest lichen cover on Kalhovd. Ellenberg's N-indices and the ratio of woody species versus graminoids were highest on Urvashei. The results indicate that the alpine ridge vegetation at Urvashei with the highest N-deposition might be more effected by air-borne N than Kalhovd.

A simpler and cheaper alternative to the investigation based on the total diversity and species cover is assessments of only percentage cover of plant groups and the ratio between graminoid cover and the cover of woody species. However percentage cover estimations are done subjectively and few bioindicators only based on these assessments might be uncertain. The establishment and investigation of such a site can be done in half a day by two investigators without particular species knowledge.

Per Arild Aarrestad (per.a.aarrestad@nina.no), NINA, P.Box. 5685 Sluppen, NO-7485 Trondheim.

Vegar Bakkestuen, Odd Egil Stabbetorp, NINA, Gaustadaklléen 21, NO-0349 Oslo.

Innhold

Sammendrag	3
Abstract	4
Innhold	5
Forord	6
1 Innledning.....	7
2 Metodikk	9
2.1 Utvelgelse av testområder basert på Lucas nettverkspunkter	9
2.2 Utlekking av analyseflater	9
2.3 Analyser av vegetasjon innen analyseflatene	13
2.4 Tidsforbruk for feltarbeid.....	13
2.5 Databehandling.....	14
2.5.1 Ellenbergs N-indekser	14
2.5.2 Andre biodiversitetsrelaterte indekser	14
2.5.3 Ordinasjonsanalyser	15
3 Resultat og diskusjon	16
3.1 Utlekking av analyseflater	16
3.2 Tidsforbruk ved opprettelse av felt og registrering av ulike bioindikatorer.....	16
3.3 Bioindikatorer.....	17
3.4 Ordinasjonsanalyser.....	19
3.5 Gjenanalyser.....	20
4 Konklusjon	21
5 Referanser	22
6 Vedlegg	24
Vedlegg 1. Vitenskapelige og norske artsnavn.....	24
Vedlegg 2. Ruteanalyser av vegetasjon fra lokalitetene Urvasshei og Kalhovd med modifiserte Ellenberg N-verdier.....	25
Vedlegg 3. Dekning av ulike plantegrupper i prosent av analyserutene.....	26

Forord

Norsk institutt for naturforskning fikk i 2010 i oppdrag av Direktoratet for naturforvaltning å teste ut metodikk for overvåking av effekter av atmosfærisk nitrogenavsetning på fattig fjellvegetasjon basert på bioindikatorer, med tanke på den videre utvikling av Naturindeks for Norge. Det er benyttet metoder beskrevet i Aarrestad & Stabbetorp (2010) fra Storbritannia, Nederland og Sverige, der de skadelige effektene av nitrogenavsetninger på naturtyper har vært ett hett tema i flere tiår. En forankring med metodikk benyttet i andre europeiske land er viktig med tanke på en sammenligning av utviklingstrender mellom ulike land, særlig på bakgrunn av at nitrogen som forurensingskilde er et felleseuropeisk problem. Samtidig er en felles metodeforståelse med andre land viktig da naturindeksen skal bidra med å måle om Norge når sine internasjonale forpliktelser om å stanse tapet av biologisk mangfold. I tillegg er metodene tilpasset metoder benyttet i norske overvåkingsprosjekter som TOV (Terrestrisk naturovervåking).

Vi takker avdelingsingeniør Heidi Myklebost ved NINA for innlegging og tilrettelegging av data og seniorrådgiver Knut Simensen ved Direktoratet for naturforvaltning for et godt samarbeid underveis.

Trondheim 30. juni 2011

Per Arild Aarrestad
Prosjektleder

1 Innledning

Direktoratet for naturforvaltning (DN) har utviklet en Naturindeks for Norge som skal bidra til å måle tilstand og utviklingstrender i norsk natur (Nybø 2010, Nybø et al. 2008). Her benyttes overskridelser av empiriske N-tålegrenser for naturtyper (Achermann & Bobbink 2003, Larssen et al. 2008) som en indikator for påvirkning av lufttransportert nitrogen (N). Tålegrensene for nordlige økosystemer er imidlertid usikre da de baserer seg på resultater fra eksperimenter lenger sør i Europa (Aarrestad & Bruteig 2006). Trolig ligger de nordlige tålegrensene lavere enn før antatt (Nordin et al. 2005). En overskridelse av en tålegrense i ett område betyr nødvendigvis ikke at sensitive arter påvirkes, men overskridelsen indikerer en risiko for at endringer kan skje og at denne risikoen vil øke med årene. Det kan også være en tidsforskjell mellom påvirkningsdoser og effekter på naturen ("time-lag"). Det er derfor viktig i en vurdering av tilstanden i norske naturtyper at man over tid erstatter "overskridelse av tålegrenser" med reelle observasjoner av naturens tilstand gjennom overvåkingsprogrammer knyttet til N-avsetninger.

Effektene av N-avsetning på naturtyper er et resultat av svært komplekse biologiske og jordkjemiske prosesser, og det er svært kostnadskrevende å overvåke helheten i slike økosystemsendringer. For naturforvaltningen er det derfor viktig å finne enkle kostnadseffektive indikatorer som kan benyttes til å kartlegge og overvåke N-påvirkningen av norsk natur med tanke på bevaring av naturtyper og arter. Slike indikatorer må være sensitive til N-avsetning, robuste, lett registrerbare, økosystemspesifikke og kunne predikere framtidige endringer (jfr. Sutton et al. 2004, Leith et al. 2005, Stevens et al. 2009). De må kunne knyttes til samspillet mellom endringer i jordkjemisk, plantemetabolisme og artssammensetning og kunne respondere på ulike avsetningsmengder av N. Gjentatte målinger av slike indikatorer over tid på samme lokaliteter langs en gradient i N-avsetning vil kunne reflektere både langtidsendringer og korttidsendringer og danne grunnlaget for et overvåkingsprogram for effekter av atmosfærisk N på naturtyper.

Aarrestad & Stabbetorp (2010) har gjennom litteraturstudie foreslått ulike bioindikatorer for overvåking av atmosfærisk tilført N på sensitive naturtyper som oligotrofe enger i lavlandet, kystlyngheier, nedbørmyr og fattig fjellvegetasjon til bruk for Naturindeks i Norge. For alle naturtypene ble det foreslått en kombinasjon av diversitetsovervåking knyttet til ulike indekser, som f.eks. Ellenbergs N-indeks (Ellenberg 1992) for planter og plantesamfunn, synlige skader og biokjemiske målinger av N akkumulasjon i planter. Et minimumsnivå på overvåkingen var valg av indikatorer knyttet til artsdiversitet, artssammensetning og dekning av ulike funksjonelle plantegrupper i de ulike naturtypene.

Flere gjødslingsforsøk i fjell og i arktiske områder har vist at kryptogamer og da særlig lav er de mest sensitive artene i fjelløkosystemet, og at rabber trolig har en lavere tålegrense enn alpine lyngheier og grasheier (Baddeley et al. 1994a,b; Woolgrove & Woodin 1996a,b,c; Paal et al. 1996; Körner 1999; Gordon et al. 2001; Möls et al. 2001, Pearce & Van der Wal 2002, Pearce et al. 2003; Fremstad et al. 2005; Bowman et al. 2006). Generelle effekter er tilbakegang av lavdekke, reduksjon av moser og økt innslag av graminider. Snøleier er vanskelig å overvåke da det er stor variasjon i plantedekkets vekst mellom år pga. varierende snødekke og lengde på vekstsesongen. Konklusjonen i Aarrestad & Stabbetorp (2010) var at overvåking i fjell bør konsentrere seg om de tidligst utsmeltede vegetasjonstypene som rabb. Kryptogamfloraen er særdeles viktig som bioindikatorer og bør derfor vektlegges i en slik overvåking, særlig lavartene.

Formålet med dette pilotprosjektet er å teste ut en kostnadseffektiv metodikk for overvåking av effekter av atmosfærisk N på fattig fjellvegetasjon ved hjelp av biologiske indikatorer i minst to fjellområder med ulik avsetning av atmosfærisk N. Testområdene skal ta utgangspunkt i LUCAS rutene benyttet i Kålås (2009). Registreringene skal foregå i minst fem 1m² ruter på hver av lokalitetene.

Følgende parametere skal undersøkes:

- Total artsdiversitet
- % dekning av graminider, moser og lav
- % dekning av alle arter
- Ellenbergs N-indekser basert på diversitets- og mengdemåling av arter

Prosjektet skal munne ut i en anbefaling om hvilke parametre som skal prioriteres i en eventuell framtidig overvåking. Det skal gis et kostnadsoverslag inkl. tidsforbruk som viser variasjon fra de enkleste målingene (% dekning av graminider, moser og lav) til en totalkartlegging av artsdiversitet og mengdemålinger av alle arter per lokalitet.

2 Metodikk

2.1 Utvelgelse av testområder basert på Lucas nettverkspunkter

Lucas ("Land Use/Cover Area frame statistical Survey") er en statistisk utvalgsundersøkelse med fokus på landbruksareal (Strand 2002, Hofsten et al. 2007). Undersøkelsen er iverksatt av Eurostat og gjennomføres av EUs medlemsland. Metoden er basert på et nettverk av punkter med 18 km avstand mellom punktene. Hvert punkt er sentrum i en "Primary Statistically Unit" (PSU). En PSU utgjør en flate på 1500 x 600 m. Inne i en PSU er det lagt ut ti punkter kalt "Secondary Statistical Units" (SSU). Lucas-nettverket er bl.a. benyttet i AR 18x18 av Skog og Landskap for vegetasjonskartlegging og registrering av data om arealdekke og arealbruk. Det er også benyttet i overvåkingssammenheng av fugl i TOV-E (Kålås 2009). Her benyttes det imidlertid en rute på 1500m x 1500m.

I dette prosjektet har vi tatt utgangspunkt i punktene med 18 km avstand. Før feltarbeidet ble det tatt ut tre punkter i Sør-Norge over skoggrensa i lavalpin sone (Moen 1998), relativt nær bilvei for å forenkle feltarbeidet, med en avtagende gradient i atmosfærisk N-avsetning fra sør mot nord. Det sørligste punktet ligger i Urvassheia ved Øyuvsbu i Aust-Agder (Lucas – punkt nummer 807, **Figur 1**) med en årlig total N-avsetning på 964 mg N/m²/år (Aas et al. 2008). Det andre øst på Hardangervidda på Kalhovd i Telemark (Lucas – punkt 1213, **Figur 2**) med total N-avsetning på 449 mg N/m²/år og det nordligste punktet ligger på Hjerkinna ved Dovrefjell i Sør-Trøndelag (Lucas – punkt 1726, **Figur 3**) med en N-avsetning på 239 mg N/m²/år. Urvassheia ligger således i et område som har en betydelig overskridelse av den nedre N-tålegrense for fjellvegetasjon på 500 mg N/m²/år (Achermann & Bobbink 2003; Aarrestad & Stabbetorp 2010), mens Kalhovd ligger rett under tålegrensen og Dovre betydelig under.

2.2 Utlekking av analyseflater

Urvassheia og Kalhovd ble valgt til testområder, mens lokaliteten på Dovrefjell ble i denne omgang ble vurdert som velegnet til utlegging av felter. I felt ble det gjort en rekognosering for å finne nærmeste rabb fra midtpunktet i en PSU flate. Kriteriet for utvelgelse av rabben var at den ikke skulle være påvirket av tekniske inngrep, ligge for nær stier og dessuten måtte den inneholde homogen vegetasjon med et areal stort nok til at en makroanalyserute på 5 x 10m (minst 50 m²) kunne legges ut. Makroruta ble subjektivt lagt ut på rabben for å fange opp mest mulig av den homogene vegetasjon, og fem 1x1m analyseruter (mikroruter) ble deretter lagt ut ved å trekke ut tilfeldige ruter av i alt 50 mulige ruter ved bruk av koordinater langs to akser, der det ene hjørnet i makroruta var 0-punkt (standard TOV metodikk). UTM-koordinater for 0-punktet ble registrert med GPS.

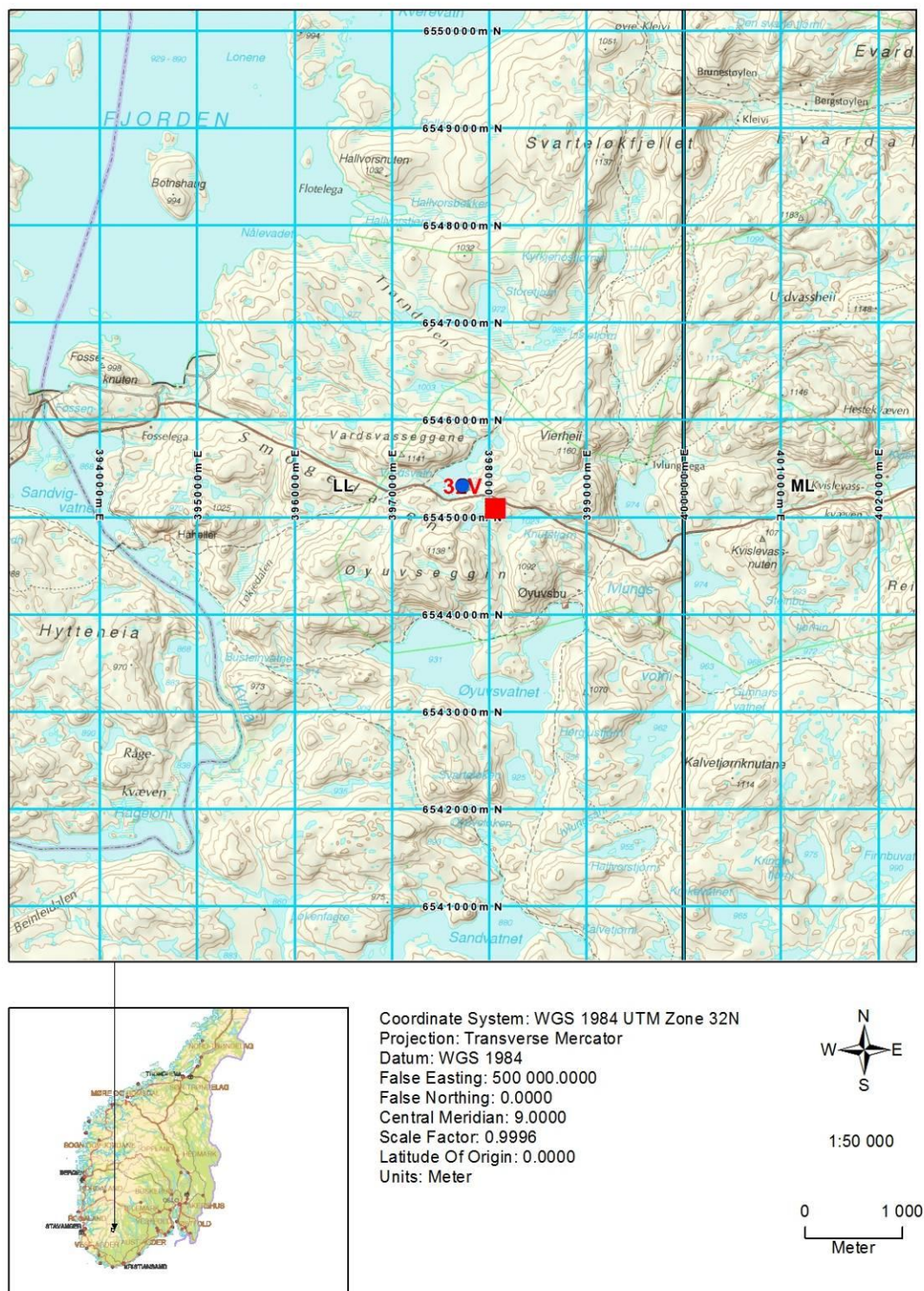
Følgende forkastningskriterier for mikrorutene ble benyttet:

1. Rutene skal minst ha en avstand på 1m
2. Stein/åpen jord skal ikke dekke mer enn 30% av ruta

Hvis en av rutene måtte forkastes, ble koordinater for en ny rute trukket ut

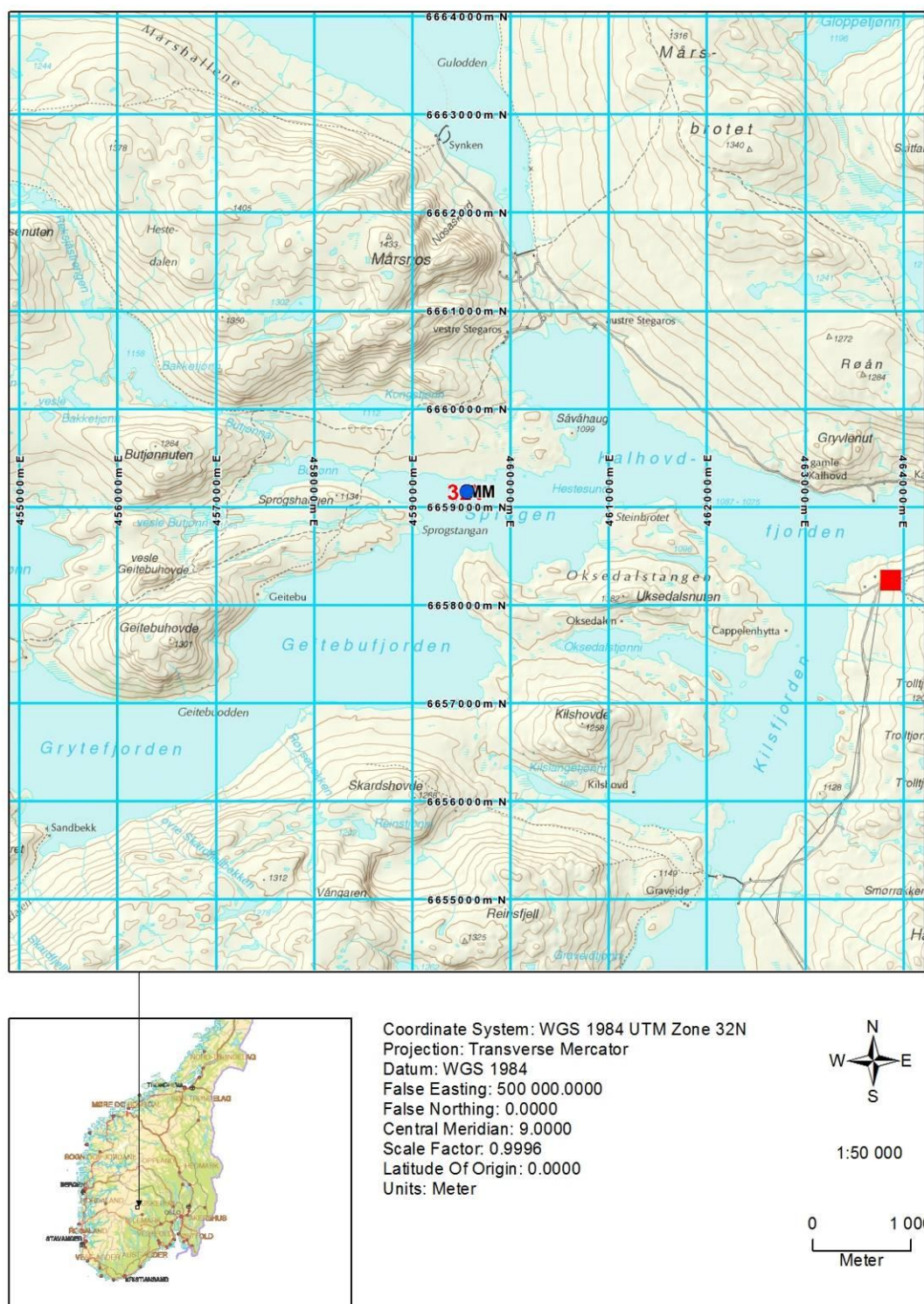
Makroruta og mikrorutene ble permanent oppmerket med hjørnepinner, og i hvert hjørne av mikrorutene ble det satt ned aluminiumsrør for fastmontering av en 1x1m aluminiumsanalyseramme (**Figur 4** og **5**). Makroruta med mikroruter kalles et analysefelt. Bilder ble tatt av hver mikrorute med digitalt kamera.

LUCAS - punkt nummer 807



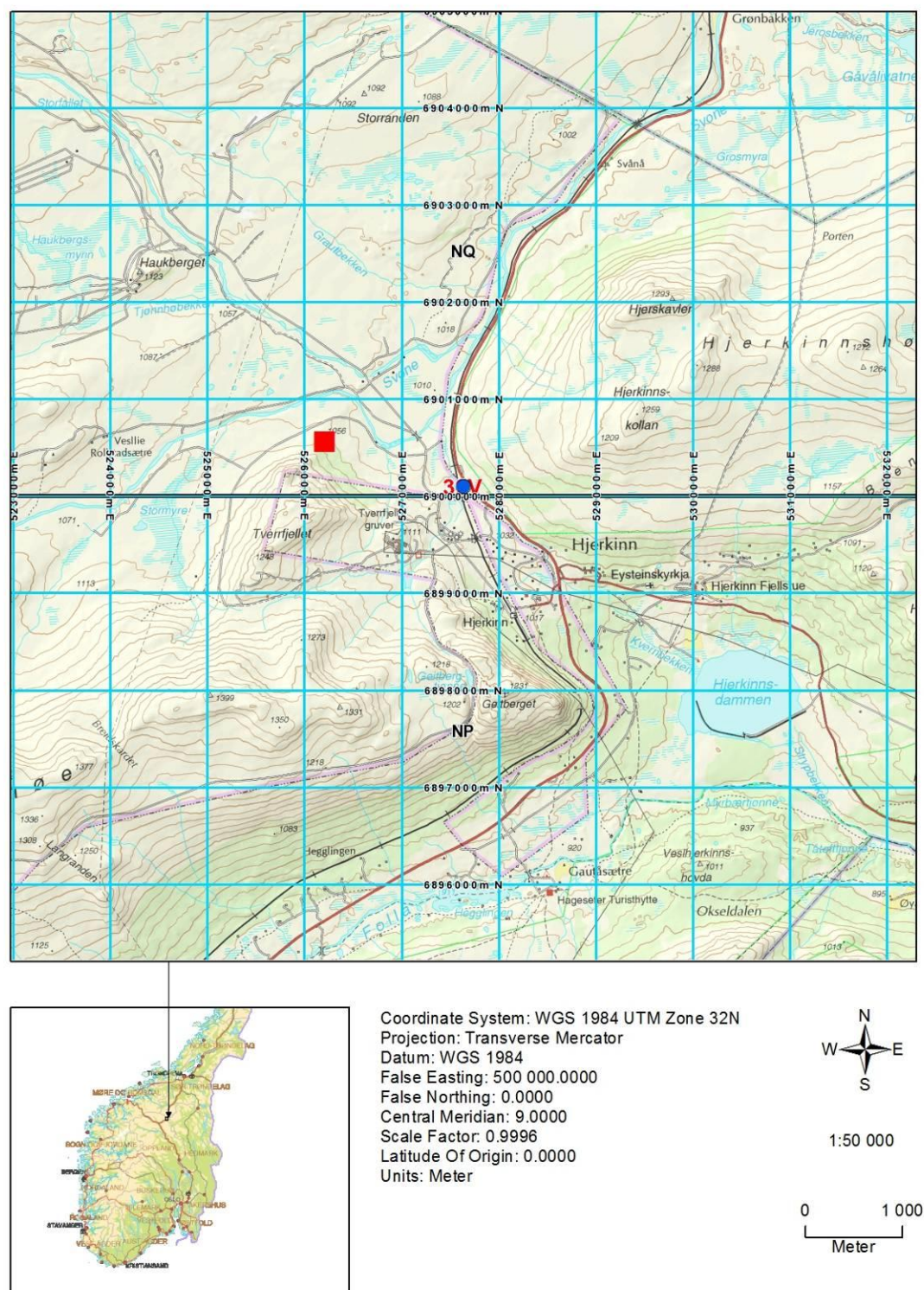
Figur 1. Lucas-punkt 807 (blått punkt) med lokaliteten Urvasshei i Aust-Agder (rød firkant).

LUCAS - punkt nummer 1213



Figur 2. Lucas-punkt 807 (blått punkt) med lokaliteten Kalhovd på Hardangervidda i Telemark (rød firkant).

LUCAS - punkt nummer 1726



Figur 3. Lucas-punkt 1726 (blått punkt) med lokaliteten Hjerkinns på Dovrefjell i Sør-Trøndelag (rød firkant).

2.3 Analyser av vegetasjon innen analyseflatene

Vegetasjonen ble analysert etter forslaget av diversitetsbasert overvåking i Aarrestad & Stab- betorp (2010) med tillegg av prosent dekning av forvedede planter og med unntak av N i plan- teveg, **Tabell 1**. Moser og lav som ikke kunne bestemmes med sikkerhet i felt ble samlet inn og identifisert på laboratorium.

Tabell 1. Indikatorer for overvåking av effekter av atmosfærisk N i fattig rabbevegetasjon, per lokalitet.

Indikator	Metodikk	Effekter av økt N-tilgang
Forvedede arter dekning	% dekning av forvedede arter. Gjen- nomsnitt av 5 ruter à 1 m x1 m	Kan avta
Graminidedekning	% dekning av graminider. Gjennom- snitt av 5 ruter à 1 m x1 m	Øker
Mosedekning	% dekning av mosedekket. Gjennom- snitt av 5 ruter à 1 m x 1 m	Avtar
Lavdekning	% dekning av lavdekke. Gjennomsnitt av 5 ruter à 1 m x1 m	Avtar
Graminider/forvedede	Indeks basert på forholdet mellom % dekning av graminider og forvedede arter x 100	Øker
Total artsantall	Antall arter av karplanter, moser og lav i 5 ruter à 1 m x1 m	Avtar
Tilleggsarter	Antall karplanter innen 5m x 10 m ruta Som ikke finnes i 1m x 1m rutene	Kan øke eller avta
Total arts-indeks	Gjennomsnitt av antall arter av kar- planter, moser og lav for 5 ruter à 1 m x1 m.	Avtar
Artssammensetning	% dekning av alle arter (karplanter, moser og lav) i hver 1 m x1 m rute, behandles med ordinasjonsmetoder	Endringer i sensitive arters abundans og ordinasjonssco- re
Ellenberg's N-indekser	Ikke veid indeks basert på artsfore- komster. Veid indeks basert på % dekning av artene. Aciditets- /nitrofiliteksindeks. Alle indekser gjen- nomsnitt for fem ruter	Øker

Alle dekningsgrader av artsgrupper og enkeltarter ble oppgitt i prosent dekning av mikrorutene (vertikalprojeksjon på bakken). Forekomst av alger som gruppe ble registrert i hver mikrorute som eget taxa.

2.4 Tidsforbruk for feltarbeid

Det ble estimert et omtrentlig tidsforbruk for rekognosering, utlegging av felter og registrering av ulike bioindikatorer. Tidsforbruket ble estimert på med tanke på at feltarbeidet utføres av to personer med god artskunnskap på alle plantegrupper.

2.5 Databehandling

2.5.1 Ellenbergs N-indeks

Ellenbergs faktortall (Ellenberg et al. 1992) beskriver den enkelte arts preferanser med hensyn til viktige økologiske variabler. Faktortallene for lys, fuktighet, baserikhet/surhet, N og salttoleranse er basert på plantesosiologiske studier i Europa og Storbritannia, og de må benyttes med forsiktighet for norske forhold. Vi har benyttet Ellenbergs N-verdi for europeiske arter, modifisert for britisk flora av Hill et al. (1999, 2000) for karplanter og av Hill et al. (2007) for moser. Verdier for lav er imidlertid dårlig utredet og finnes kun for enkelte arter, beskrevet i Ellenberg et al. 1992).

Ellenbergs N-verdier for enkeltarter er i realiteten en indikasjon på fertilitet/næringsrikhet av jordsmonnet og varierer i verdi fra 1 til 9:

1. Indikatorer på ekstremt næringsfattige habitater, nesten alle er calcsifuge (kalkskyende)
2. Indikatorer på næringsfattige habitater, de fleste artene er calcsifuge
3. Indikatorer på moderat næringsfattige habitater, inkluderer en mengde calcsifuge arter
4. Indikatorer mellom 3 og 5, forekommer mest i lavlandet, flere calcsifuge arter
5. Indikatorer på moderat næringsrike habitater, de fleste er tolerante til basiske forhold
6. Indikatorer rike habitater, mest i lavlandet
7. Indikatorer på svært rike habitater
8. Indikatorer mellom 7 og 9
9. Indikatorer på ekstremt næringsrike habitater

Ved økt N-tilgang kan næringstilgangen øke og artsinnholdet endre seg til arter med høyere N-verdi.

Prøveflateverdiene basert på Ellenbergs modifiserte N-verdi ble beregnet som gjennomsnittet av de artene som har angitte verdier og som forekommer i prøveflata. Ellenbergs veide N-indeks ble beregnet på samme måte, men veid med artenes dekningsgrad (Diekmann 2005). For å nedtone dominante arter, ble prosentdekningen transformert til Hult-Sernanders dekningskala (Du Rietz 1921) før beregning. En gjennomsnittsverdi for de fem analyserutene representerer verdien for feltet.

Pitcairn et al. (2004) foreslo en aciditets-/nitrofiliteksindeks for Storbritannia basert på forholdet mellom arter (karplanter, moser og lav) med lave Ellenberg N-verdier (4 eller mindre) og arter med høye N-verdier (5 eller mer) og fant denne enda mer sensitive enn tradisjonell bruk av Ellenberg N for å beskrive eutrofieringsstatusen. Imidlertid hadde ingen av plantene i dette forsøksstudiet verdier over 3, og denne indeksen måtte således forkastes.

2.5.2 Andre biodiversitetsrelaterte indekser

Totalt antall arter ble regnet ut som summen av ulike arter som forekommer i de fem mikrorutene og som totalt antall arter registrert i makroruta. En total arts-indeks ble beregnet som gjennomsnittet av totalt antall arter i hver av de fem mikrorutene.

Stevens et al. (2006) benyttet data fra to overvåkingsprogrammer i Storbritannia for å vurdere mulighetene til å benytte forekomst og dekning av indikatorarter, artsdiversitet og dekning av funksjonelle plantegrupper som bioindikatorer for effekter av N-avsetning på oligotrofe enger. De fant forholdet mellom dekningen av graminider og urter til å være den beste indikatoren. Vi valgte å beregne forholdet mellom graminider og forvedede planter, da det ikke fantes urter i rutene.

2.5.3 Ordinasjonsanalyser

Strukturen i artenes forekomst i prøveflatene er studert ved hjelp av den multivariate, numeriske metoden Detrended Correspondence Analysis - DCA (Hill 1979, Hill & Gauch 1980). En DCA-ordinasjon rangerer prøveflatene etter innhold og mengde av ulike arter langs hovedgradienter i materialet. Hovedvariasjonen (her den viktigste vegetasjonsgradienten) er representert langs førsteaksen (DCA1) og restvariasjonen langs andreaksen (DCA2).

3 Resultat og diskusjon

3.1 Utlegging av analyseflater

Det viste seg at arealet på 1600 m X 300 m av en PSU flate rundt et Lucas-punkt var i minste laget for å finne rabber som kunne stille alle kravene til upåvirket vegetasjon, avstand til sti, homogenitet og størrelse. I dette pilotprosjektet endret vi derfor metodikken til å gjelde nærmeste tilgjengelige rabb til et Lucas-punkt innen et areal på 4 km X 4 km med Lucas-punktet i sentrum, slik at selve Lucas-punktene og ikke PSU-flatene blir utgangspunktene for lokalitetene. Ved kun å bruke PSU-flatene vil for mange Lucas-punkter måtte forkastes. Dette gjelder trolig også hvis metodikken skal gjelde andre naturtyper som er sensitive til atmosfærisk N-avsetning. Hvor lang avstanden bør være vil påvirke bl.a. tidsforbruk for utvelgelse av lokalitet og gangtid til feltene ved gjenalyser.

Det bør kun velges ut Lucas-punkter som kun ligger i lavalpin sone (Moen 1998) for å få et representativt utvalg av tilnærmet samme vegetasjonstyper over hele landet. Rabber i mellomalpin sone er ofte påvirket av vinderosjon og vil også inneholde svært få arter som kan gi grunnlag for estimering av indekser. I tillegg vil man også spare gangtid til nærmest utilgjengelige områder.

Et alternativ er å ta utgangspunkt i de eksisterende TOV-feltene Lund, Møsvatn, Gutulia, Åmotsdalen, Børgefjell og Dividalen og utnytte rabber ovenfor fjellbjørkeskogen i lavalpin sone. TOV-feltene representerer en stor gradient i N-avsetning fra sør til nord i Norge. Feltet Lund har imidlertid ikke fjellvegetasjon i nærheten, men Urvasshei kan benyttes i stedet.

3.2 Tidsforbruk ved opprettelse av felt og registrering av ulike bioindikatorer

Tid benyttet til rekognosering og opprettelse av ett felt med fem mikroruter var ca 3-4 timer. Analyser av kun graminidedekning, mosedekning og lavdekning går svært raskt, om lag 1minutt per mikrorute, dvs. 5 min per felt, mens total artsdiversitet er mer tidkrevende, ca 20-30 minutter per mikrorute dvs. fra to til tre timer per felt, avhengig av diversiteten i rutene. Ved å vurdere % dekning for hver art økes tidsforbruket relativt lite i forhold til total artsdiversitet med omtrent en time per felt. Mye av tidsforbruket er altså knyttet til reise og gangtid til feltene, både ved opprettelse og ved senere gjenanalyser av feltene. Dette gir følgende vurdering av tre alternativer for registrering av bioindikatorer:

1. **Opprettelse av ett felt med minimumsmåling av graminidedekning, mosedekning og lavdekning:** ca 4 timer, totalt 8 timer tidsforbruk av to personer, dvs. at det er mulig å rekke to felt per dag, hvis disse ikke ligger for langt fra hverandre, men i de fleste tilfeller går det med så lang reisetid at ett felt per dag er det mest sannsynlige. Arbeidet kan utføres av personell med liten artskunnskap. Inkludert reiseutgifter fordelt på flere lokaliteter utgjør dette alternativet ca kr 20.000 (eksl. merverdiavgift) per felt med en timesats på ca. 1000 kr. Ved fremtidig gjenanalyse kan trolig to felter analyseres per dag.
2. **Opprettelse av ett felt med måling av graminidedekning, mosedekning, lavdekning og total artsdiversitet:** ca 7 timer per felt, totalt 14 timer tidsforbruk av to personer, dvs. at kun ett felt kan opprettes per dag. Arbeidet må utføres av personell med god artskunnskap på alle plantegrupper. Inkludert reiseutgifter fordelt på flere lokaliteter utgjør dette alternativet ca kr 18.000 (eksl. merverdiavgift) per felt med en timesats på ca. 1000 kr. Ved fremtidig gjenanalyse kan trolig ett til to felt analyseres per dag, avhengig av avstand mellom feltene.
3. **Opprettelse av ett felt med måling av graminidedekning, mosedekning, lavdekning, total artsdiversitet og artssammensetning med % dekning av alle arter:** ca 8 timer

per felt, totalt 16 timer tidsforbruk av to personer, dvs. at ett felt kan opprettes per dag. Arbeidet må utføres av personell med god arts kunnskap på alle plantegrupper. Inkludert reiseutgifter fordelt på flere lokaliteter utgjør dette alternativet ca kr 20.000 (eksl. merverdiavgift) per felt med en timesats på ca. 1000 kr. Ved fremtidig gjenanalyse kan trolig ett til to felter analyseres per dag, avhengig av avstand mellom feltene.

Vi vil anbefale at den totale artsdiversitet registreres (jfr. punkt 2). Uten denne kan ikke Ellenbergs N-indeks regnes ut. Det er også hensiktsmessig å registrere % dekning av alle arter, da dette ikke medfører særlig større tidsforbruk enn registrering av den totale artsdiversitet (punkt 3). Ved mengdemålinger av hver art vil man også kunne regne ut veide Ellenbergs indekser og få et bedre grunnlag for statistisk behandling av plantesamfunnenes artssammensetning. Alternativet er den minst tidkrevende metoden med registreringer kun av dekning av ulike plantegrupper.

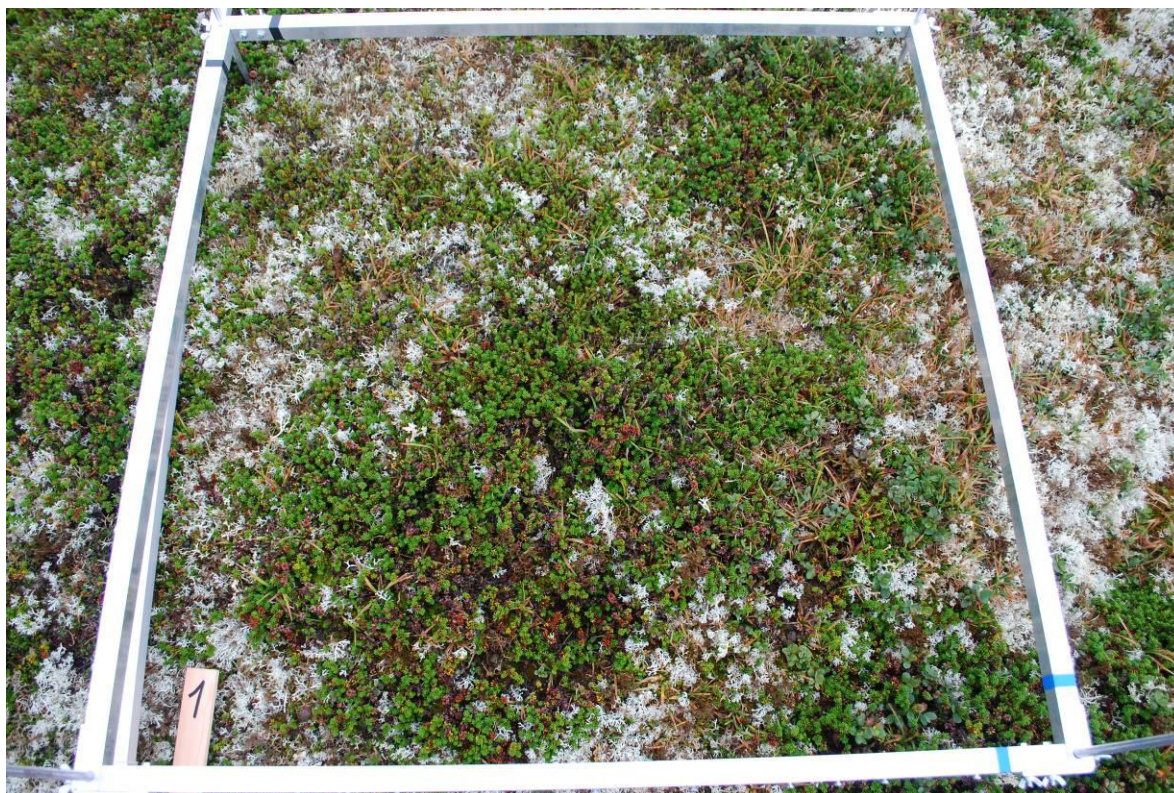
3.3 Bioindikatorer

Resultatene av ulike bioindikatorer baserer seg på de registrerte data vist i **Vedlegg 1-3**. Lokalitet Urvasshei, som har den høyeste N-avsetningen, har høyere dekning av forvedede arter, graminider og moser enn Kalhovd (**Tabell 2**, **Figur 4** og **5**), mens Kalhovd har høyere lavdekning. Antall arter er også langt flere på Urvasshei enn på Kalhovd, henholdsvis 40 og 24 arter ble registrert innen for makrorutene på 5m x 10m. Ellenbergs N-indekser, både veid etter artenes dekning og ikke veid (basert på forekomst av arter) er lave og viser liten grad av eutrofiering, men indeksene er svakt høyere på Urvasshei enn på Kalhovd (**Tabell 2**). Indeksen basert på forholdet mellom dekning av graminider og forvedede arter er betydelig høyere på Urvasshei (8,36) enn på Kalhovd (3,33).

Verdiene av alle bioindikatorene tyder således på at Urvasshei kan være mer påvirket av eutrofiering fra atmosfærisk N-avsetning enn Kalhovd (jfr. effekter av N-avsetning vist i **Tabell 1**). Det ser ut som indeksen basert på forholdet mellom dekning av forvedede arter og graminider viser de største forskjellene (jfr. Stevens et al. 2006 fra engvegetasjon). Resultatene må imidlertid tolkes med stor forsiktighet, da området Urvasshei er mer nedbørsrikt enn det mer kontinentale Kalhovd, der klimaet favoriserer lavvekst. I tillegg er trolig Urvasshei mer påvirket av sauebeite enn Kalhovd, noe som kan favorisere arter som reagerer positivt på N-gjødsling (eutrofe arter). Analyser av langt flere punkter langs en N-avsetningsgradient med gjentak av analyser over tid kan imidlertid ved hjelp av flervariabel statistiske analyser bedre klarlegge forholdet mellom N-avsetning og de testede bioindikatorene. I en startfase vil vi derfor anbefale at alle de målte og beregnede indikatorene inngår i et framtidig overvåkingsprogram som kan legge grunnlag for å vurdere effekter av N-påvirkning for Naturindeks for Norge.

Tabell 2. Ulike bioindikatorer på de to lokalitetene Urvasshei i Aust-Agder og Kalhovd i Telemark. Dekning av graminider, moser og lav, artsantall-indeks, Ellenbergs indekser og forholdet mellom deking av graminider og forvedede arter beregnet som gjennomsnitt av 5 mikroruter à 1m x 1m på hver lokalitet. SD er standardavvik.

Lokalitet	Urvasshei		Kalhovd	
UTM	0398057- 6545095		0463867 - 6658259	
Lucas-punkt	807		1213	
N-avsetning (mg/m ² /år)	964		449	
Indikator	Indikatorverdi	SD	Indikatorverdi	SD
Forvedede arter (%)	55,00	17,32	18,60	9,48
Graminidedekning (%)	4,60	1,82	0,62	0,87
Moserdekning (%)	4,00	3,54	1,02	0,67
Lavdekning (%)	40,00	19,67	81,00	8,94
Graminider/forvedede x100	8,36		3,33	
Totalt artsantall i 5 mikroruter	38		22	
Tilleggsarter (karplanter) i makroruta	2		2	
Total artsdiversitet (arts-indeks)	21,33	2,30	14,60	1,67
Ellenbergs N-indeks	1,78	0,06	1,56	0,15
Ellenbergs veide N-indeks	2,35	0,11	2,13	0,12



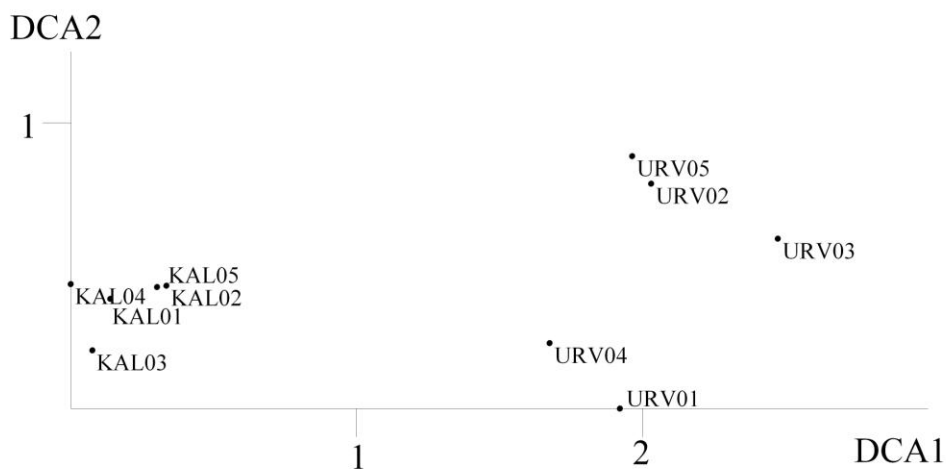
Figur 4. Ruteanalyse (mikrorute 1m x1m) fra Urvasshei i Aust-Agder med dominans av forvedede arter.



Figur 5. Ruteanalyse (mikrorute 1m x 1m) fra Kalhovd i Telemark med dominans av lav.

3.4 Ordinasjonsanalyser.

Resultatet av DCA-ordinasjonen er vist i **figur 6**. Ordinasjonen viser at de to undersøkte lokalitetene har noe forskjellig artsinnhold da alle Kallhovd prøveflatene har lave DCA1 verdier mens Urvasshei prøveflatene har høye DCA1 verdier. Avstanden mellom prøveflatene i ordinasjonen tilsvarer at lokalitetene (prøveflatene) inneholder ca. 50% felles arter og resten stede egne arter. DCA1 kan tolkes som en vegetasjonsgradient i fuktighet (oceanitet) og muligens N-avsetning. Analysene viser at metodikken fanger opp forskjeller i arsdiversitet mellom Lucas-punkter og også mulige forskjeller i N-avsetning. Hvis man inkluderer flere lokaliteter og ved gjentak (re-analysering) vil også metodikken kunne brukes til å forklare og belyse N påvirkningen på denne naturtypen langs en N-avsetningsgradient i Norge.



Figur 6. DCA-ordinasjonsanalyse av artsinnholdet i prøveflatene

3.5 Gjenanalyser

For å kunne gi informasjon til naturindeksen om endringer i status for påvirkninger av atmosfærisk tilført N på fjellvegetasjon må de utlagte feltene reanalyseres med jevne mellomrom. En femårsperiode er vanlig i de fleste overvåkingsprogrammer for vegetasjon, for eksempel i TOV (Aarrestad et al. 2009, Bakkestuen et al. 2010), og flere overvåkingsprogrammer for atmosfærisk tilførsel av forurensende stoffer fra installasjoner i oljeindustrien (Aarrestad et al. 2008, 2011). Vegetasjonsendringer pga. atmosfærisk tilført N skjer sakte (Achermann & Bobbink 2003) og ved å benytte en fem års gjentakperiode kan denne overvåkingen settes i sammenheng med de andre overvåkingsprogrammene for vegetasjon som utføres i Norge.

4 Konklusjon

Pilotstudiet for å måle effekter av atmosfærisk tilført N på fattig fjellvegetasjon basert på registrering av biologiske indikatorer gir grunnlag for følgende anbefalinger:

1. Lett tilgjengelige Lucas-punkter over skoggrensa i lavalpin sone benyttes som utgangspunkt for valg av lokaliteter med homogen, urørt rabbevegetasjon med et areal på minst 50 m². Lucas-punktene må dekke en gradient i atmosfærisk N-avsetning. Lokalitetene bør ligge innenfor en avstand av 4x4 km fra punktet. Helst bør punktene ligge relativt nær vei for å minimalisere gangtid til lokalitetene. Et annet alternativ er å ta utgangspunkt i dagens TOV-felter Lund, Møsvatn, Gutulia, Åmotsdalen, Børgefjell og Dividalen og utnytte rabber ovenfor fjellbjørkeskogen i lavalpin sone.
2. Vi anbefaler en registrering av % dekning av plantegruppene forvedede arter, graminider, moser og lav, samt prosent dekning av alle arter i fem mikroruter (analyseruter) à 1m x 1m innen en makrorute (felt) på 5m x 10m (standard TOV-metodikk). Tilleggsarter av karplanter som ikke kommer med i analyserutene, men som forekommer i feltet, registreres. Utlegging og analysing av ett felt tar en dag for to personer, totalt ca. 16 timer. Inkludert reiseutgifter fordelt på flere lokaliteter utgjør dette ca kr 20.000 per felt med en timesats på ca. 1000 kr. Arbeidet må utføres av personell med kompetent artskunnskap.
3. Følgende bioindikatorer basert på data fra ruteanalysene beregnes som gjennomsnittsverdier av de fem rutene:
 - % dekning av forvedede arter
 - % dekning av graminider
 - % dekning av moser
 - % dekning av lav
 - Total arts-indeks
 - Ellenbergs N-indeks
 - Ellenbergs veide N-indeks
 - Forholdet mellom dekning av graminider og forvedede arter
4. Ved registreringer av bioindikatorer på flere lokaliteter over en lengre gradient av atmosfærisk tilført N vil man ved hjelp av multivariate statistiske metoder kunne klarlegge årsaks/virkningsforhold mellom ulike påvirkningsfaktorer og endringer i vegetasjon, men dette fordrer en total artsregistrering.
5. Alternativet til en total artsdiversitetsregistrering er målinger av % dekning av de ulike plantegruppene med utregning av forholdet mellom dekning av graminider og forvedede arter. Utlegging og analysing av ett felt tar med denne metoden en halv dag for to personer, totalt ca. 8 timer. Inkludert reiseutgifter fordelt på flere lokaliteter utgjør dette ca kr 12.000 per felt med en timesats på ca. 1000 kr. Arbeidet kan utføres av personell med mindre artskunnskap.
6. Lokalitetene bør analyseres med fem års mellomrom for å vurdere endringer over tid.

5 Referanser

- Achermann, B. & Bobbink, R., red. 2003. Empirical Critical Loads for Nitrogen. Expert Workshop Berne, 11-13 November 2002. Proceedings. Environmental Documentation 164: 1-327. – Swiss Agency for the Environment, Forests and Landscape SAEFL, Bern.
- Baddeley, J.A., Thompson, D.B.A. & Lee, J.A. 1994a. Regional and historical variation in the nitrogen content of *Racomitrium lanuginosum* in Britain in relation to atmospheric nitrogen deposition. - Environmental Pollution 84: 189-196.
- Baddeley, J.A., Woodin, S.J. & Alexander, I. J. 1994b. Effects of increased nitrogen and phosphorus availability on the photosynthesis and nutrient relations of three Arctic dwarf shrubs from Svalbard. - Functional Ecology 8: 676-685.
- Bakkestuen, V., Aarrestad, P.A., Stabbetorp, O.E., Erikstad, L. & Eilertsen, O. 2010. Vegetation composition, gradients and environment relationships of birch forest in six reference areas in Norway. - Sommerfeltia 34. 223 pp. + Suppl.
- Bowman, W.D., Gartner, J.R., Holland, K. & Wiedermann, M. 2006. Nitrogen critical loads for alpine vegetation and terrestrial ecosystem response: Are we there yet? - Ecological Applications 16: 1183-1193.
- Diekmann, M. 2005. Species indicator values as an important tool in applied plant ecology – a review. – Basic Applied Ecology 4: 493-506.
- Du Rietz, G.E. 1921. Zur methodologischen Grundlage der Modernen Pflanzensoziologie. – Akad. Abh. Uppsala.
- Ellenberg, H., Weber, H. E., Dull, R., Wirth, V., Werner, W. & Paulissen, D. 1992. Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. - Scripta Geobotanica XVII: 258 pp.
- Fremstad, E., Paal, J. & Möls, T. 2005. Impacts of increased nitrogen supply on Norwegian lichen-rich alpine communities: a 10-year experiment. - Journal of Ecology 93: 471-481.
- Gordon, C., Wynn, J. M. & Woodin, S.J. 2001. Impacts of increased nitrogen supply on high Arctic heath: the importance of bryophytes and phosphorus availability. - New Phytologist 149: 461-471.
- Hill, M.O. 1979. DECORANA - A FORTRAN program for detrended correspondence analysis and reciprocal averaging. – Cornell University, Ithaca, NY, US.
- Hill, M.O. & Gauch, H.G. 1980. Detrended correspondence analysis: an improved ordination technique. – Vegetatio 42: 47-58.
- Hill, M.O., Mountford, J.O., Roy, D.B. & Bunce, R.G.H. 1999. Ellenberg's indicator values for British plants. - ECOFACT Volume 2 technical annex. Institute of Terrestrial Ecology, Huntingdon.
- Hill, M.O., Roy, D.B., Mountford, J.O. & Bunce, R.G.H. 2000. Extending Ellenberg's indicator values to a new area: an algorithmic approach. - Journal of Applied Ecology 37: 3-15.
- Hill, M.O., Preston, C.D., Bosanquet, S.D.S. & Roy, D.B. 2007. BRYOATT - Attributes of British and Irish Mosses, Liverworts and Hornworts. With information on Native Status, Size, Life Form, Life History, Geography and Habitat. - NERC Centre for Ecology and Hydrology and Countryside Council for Wales.
- Hofsten, J., Rekdal, Y. & Strand, G.-H. 2007. Arealregnskap for Norge. Arealstatistikk for Oslofjordregionen. – Ressursoversikt fra Skog og Landskap 01. 65 pp.
- Körner, C. 1999. Alpine plant life. Functional plant ecology of high mountain ecosystems. Berlin, Springer-Verlag.
- Kålås JA. 2009. Ekstensiv bestandsovervåking av fugl Pages 25 in Framstad E, (red). NINA Rapport 740.
- Larssen, T., Lund, E. & Høgåsen, T. 2008. Overskridelser av tålegrenser for forsuring og nitrogen for Norge - oppdatering med perioden 2002-2006. - NIVA rapport - Naturens Tålegrenser 5697-2008. 24pp.
- Leith, I.D., Van Dijk, N., Pitcairn, C.E.R., Wolseley, P.A., Whitfield, C.P. & Sutton, M.A. 2005. Bio-monitoring methods for assessing the impacts of nitrogen pollution: refinement and testing. - JNCC. Report 386, Peterborough, UK. <http://www.jncc.gov.uk/page-3886>.
- Moen, A. 1998. Nasjonalatlas for Norge: Vegetasjon. - Statens kartverk, Hønefoss.
- Möls, T., Paal, J. & Fremstad, E. 2000. Response of Norwegian alpine communities to nitrogen. - Nordic Journal of Botany 20: 705-712.
- Nordin, A., Strengbom, J., Witzell, J., Näsholm, T. & Ericson, L. 2005. Nitrogen deposition and the biodiversity of boreal forests: Implications for the nitrogen critical load. - Ambio 34: 20-24.
- Nybø, S., Skarpaas, O., Framstad, E. & Kålås, J.A. 2008. Naturindeks for Norge - forslag til rammeverk.- NINA Rapport 347. 69 pp.

- Nybø S, ed. 2010. Naturindeks for Norge 2010. DN-Utredning 3-2010
- Paal, J., Fremstad, E. & Möls, T. 1997. Responses of the Norwegian alpine *Betula nana* community to nitrogen fertilization. - Canadian Journal of Botany-Revue Canadienne De Botanique 75: 108-120.
- Pearce, I.S.K. & van der Wal, R. 2002. Effects of nitrogen deposition on growth and survival of montane *Racomitrium lanuginosum* heath. - Biological Conservation 104: 83-89.
- Pearce, I.S.K., Woodin, S.J. & van der Wal, R. 2003. Physiological and growth responses of the montane bryophyte *Racomitrium lanuginosum* to atmospheric nitrogen deposition. - New Phytologist 160: 145-155.
- Pitcairn, C.E.R., Leith, I.D., van Dijk, N. & Sutton, M. 2004. Refining and testing the Ellenberg Index biomonitoring method at intensive sites. - I Leith, I., Van Dijk, N., Pitcairn, C.E.R., Wolseley, P.A., Whitfield, C.P. & Sutton, M.A., red. Biomonitoring methods for assessing the impacts of nitrogen pollution: refinement and testing. JNCC Report No. 386, Peterborough. Pp. 46-66.
- Stevens, C.J., Dise, N.B., Gowing, D.J.G. & Mountford, J.O. 2006. Loss of forb diversity in relation to nitrogen deposition in the UK: regional trends and potential controls. - Global Change Biology 12: 1823-1833.
- Stevens, C.J., Maskell, L.C., Smart, S.M., Caporn, S.J.M., Dise, N.B. & Gowing, D.J.G. 2009. Identifying indicators of atmospheric nitrogen deposition impacts in acid grasslands. - Biological Conservation 142: 2069-2075.
- Strand, G.-H. 2002. Landsdekkende og representative arealstatistikk. - Kart og Plan 62: 38-41.
- Sutton, M.A., Pitcairn, C.E.R. & Whitfield, C.P. 2004 (eds.). Bioindicator and biomonitoring methods for assessing the effects of atmospheric nitrogen on statutory nature conservation sites. - JNCC Report. No. 356, Peterborough, UK. <http://www.jncc.gov.uk/page-3236>.
- Woolgrove, C.E. & Woodin, S.J. 1996a. Ecophysiology of a snow-bed bryophyte *Kiaeria starkei* during snowmelt and uptake of nitrate from meltwater. - Canadian Journal of Botany-Revue Canadienne De Botanique 74: 1095-1103.
- Woolgrove, C.E. & Woodin, S.J. 1996b. Effects of pollutants in snowmelt on *Kiaeria starkei*, a characteristic species of late snowbed bryophyte dominated vegetation. - New Phytologist 133: 519-529.
- Woolgrove, C.E. & Woodin, S.J. 1996c. Current and historical relationships between the tissue nitrogen content of a snowbed bryophyte and nitrogenous air pollution. - Environmental Pollution 91: 283-288.
- Aarrestad, P.A. & Bruteig, I.E. 2006. Assessing empirical critical loads of nitrogen on Norwegian coastal heathland and raised bog – a pilot project. - NINA Minirapport 149. 35pp.
- Aarrestad, P.A., Bjerke, J.W., Tømmervik, H., Bakkestuen, V., Hagen, D. & Wilmann, B. 2008. StatoilHydros miljøovervåkingsprogram for Snøhvit. Overvåking av vegetasjon og jord - gjenanalyser 2008. - NINA Rapport 421. 50 pp. + Vedlegg.
- Aarrestad, P.A., Bakkestuen, V., Often, A., Stabbetorp, O.E. & Wilmann, B. 2009. Vegetasjonsundersøkelser av boreal bjørkeskog i Gutulia og Dividalen. - I Framstad, E., red. Natur i endring. Terrestrisk naturovervåking i 2008: Markvegetasjon, epifytter, smågnagere og fugl. NINA Rapport 490. pp. 16-42.
- Aarrestad, P.A. & Stabbetorp O.E. 2010. Bruk av bioindikatorer til overvåking av effekter av atmosfærisk nitrogen i naturtyper med lav nitrogentålegrense. Pilotprosjekt for Naturindeks for Norge – NINA Rapport 567. 47 pp.
- Aarrestad, P.A., Bakkestuen, V., Stabbetorp, O.E. & Myklebost, H. 2011. Miljøovervåkingsprogram for Ormen Lange landanlegg og Reservegasskraftverk på Nyhamna, Gossa. Overvåking av vegetasjon og jord – gjenanalyser og nyetablering av overvåkingsfelter i 2010. – NINA Rapport 690. 60 pp. (inkl. Vedlegg).
- Aas, W., Hjelbrekke, A., Hole, L. R. & Tørseth, K. 2008. Deposition of major inorganic compounds in Norway 2002-2006. - NILU OR 72. 53pp.

6 Vedlegg

Vedlegg 1. Vitenskapelige og norske artsnavn.

Navn	Norsk navn	Sjikt-kode
Lyng og dvergbusker		
Betula nana	Dvergbjørk	C
Empetrum nigrum ssp. hermaphroditum	Fjellkrekling	C
Loiseleuria procumbens	Greplyng	C
Phyllodoce caerulea	Blålyng	C
Vaccinium myrtillus	Blåbær	C
Vaccinium uliginosum	Blokkebær (Sinntryte)	C
Vaccinium vitis-idaea	Tyttebær	C
Gras og halvgras		
Avenella flexuosa	Smyle	E
Juncus trifidus	Rabbesiv	E
Carex bigelowii	Stivstorr	E
Carex brunnescens	Seterstorr	E
Bladmoser		
Ceratodon sp. (Ukjent)	Vegmoseslekta	F
Dicranum fuscescens	Bergsigd	F
Dicranum scoparium	Ribbesigd	F
Pohlia cruda	Opalnikke	F
Pohlia sp.	Nikkemoseslekta	F
Polytrichastrum alpinum	Fjellbinnemose	F
Polytrichum juniperinum	Einerbjørnemose	F
Polytrichum sp.	Bjørnemoseslekta	F
Levermoser		
Barbilophozia barbata	Skogskjeggmoser	G
Lophozia obtusa	Buttflik	G
Lophozia ventricosa	Grokornflik	G
Ptilidium ciliare	Bakkefrynse	G
Busklav		
Alectoria nigricans	Jervskjegg	H
Cetraria ericetorum	Smal islandslav	H
Cetraria islandica	Islandslav	H
Cetraria muricata	Busktagg	H
Cladonia arbuscula	Lys reinlav/Fjellreinlav	H
Cladonia bellidiflora	Blomsterlav	H
Cladonia carneola	Bleikbeger	H
Cladonia chlorophaea coll.	Pulverbrunbeger/Kornbrunbeger	H
Cladonia coccifera coll.	Rødbeger	H
Cladonia furcata	Gaffellav	H
Cladonia gracilis	Syllav	H
Cladonia rangiferina	Grå reinlav	H
Cladonia stellaris	Kvitkrull	H
Cladonia sulphurina	Fausklav	H
Cladonia uncialis	Pigglav	H
Flavocetraria cucullata	Gulskjerpe	H
Flavocetraria nivalis	Gulskinn	H
Sphaerophorus globosus	Brun korallav	H
Stereocaulon sp.	Saltlav	H
Alger		
Algae		

Vedlegg 2. Ruteanalyser av vegetasjon fra lokalitetene Urvasshei og Kalhovd med modifiserte Ellenberg N-verdier.

Navn	Sjikt	URV01	URV2	URV03	URV04	URV05	KAL01	KAL02	KAL03	KAL04	KAL05	Ellenberg N
Lyng og dvergbusker												
Betula nana	C						4	5	5	3	10	1
Empetrum nigrum ssp. herm.	C	55	60	20	35	60	15	20	2	8	25	1
Loiseleuria procumbens	C	1	10	10		15						2
Vaccinium myrtillus	C		0,1	0,1	0,1					0,1		2
Vaccinium uliginosum	C	5			10							2
Vaccinium vitis-idaea	C	1	2	0,1	2	3	3	2	0,1	2	3	2
Gras og halvgras												
Avenella flexuosa	E		0,1						2	1	0,1	3
Carex bigelowii	E	5	5	7	4	2						2
Carex brunnescens	E	1										1
Bladmoser												
Ceratodon sp.	F					0,1						2
Dicranum fuscescens	F								0,1		0,1	2
Dicranum scoparium	F	10	0,1	0,1	1	1			0,1		2	2
Pohlia cruda	F		0,1			0,1					0,1	2
Pohlia sp.	F			0,1					0,1	1		2
Polytrichastrum alpinum	F			1								2
Polytrichum juniperinum	F		0,1					0,1				2
Polytrichum sp.	F					0,1						2
Levermoser												
Barbilophozia barbata	G	0,1										2
Lophozia obtusa	G	0,1										2
Lophozia ventricosa	G					0,1						2
Ptilidium ciliare	G	2	1	1	2	3	1	1		1	0,1	3
Busklav												
Alectoria nigricans	H				1							
Cetraria ericetorum	H	0,1	2	3	15	1	5	10	5	15	20	
Cetraria islandica	H	5	3	2	5	1	0,1	0,1		0,1	0,1	
Cetraria muricata	H			0,1								
Cladonia arbuscula	H	20	20	20	30	20	5	10	15	5	5	1
Cladonia bellidiflora	H		0,1	5		0,1						
Cladonia carneola	H	0,1										
Cladonia chlorophaea coll.	H	0,1	0,1	3		0,1		0,1			0,1	
Cladonia coccifera coll.	H		0,1	2								
Cladonia furcata	H	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1						3
Cladonia gracilis	H	2	2	3	0,1	1	0,1	0,1	1	0,1	0,1	
Cladonia rangiferina	H	1	1	0,1	1	0,1	8	2	10	3	2	1
Cladonia stellaris	H						60	55	70	70	55	1
Cladonia sulphurina	H	0,1										1
Cladonia uncialis	H	1	1	7	0,1	1		0,1	4	0,1	0,1	2
Flavocetraria cucullata	H		10	5	2							1
Flavocetraria nivalis	H	1	1	5	3	4	0,1	0,1		0,1		1
Sphaerophorus globosus	H		0,1	0,1	2							1
Stereocaulon sp.	H			20			0,1	1	1	0,1		
Alger												
Algae						0,1			0,1		1	
Tilleggsarter for feltene												
	C	Salix herbacea					Phyllodoce caerulea					
	E	Juncus trifidus					Juncus trifidus					

Vedlegg 3. Dekning av ulike plantegrupper i prosent av analyserutene.

Analyserute	År	Lav	Moser	Graminider	Forvedet
URV01	2010	25	10	5	60
URV02	2010	30	2	5	70
URV03	2010	70	1	7	30
URV04	2010	50	3	4	45
URV05	2010	25	4	2	70
KAL01	2010	80	1	0	20
KAL02	2010	75	0,1	0	25
KAL03	2010	90	1	2	8
KAL04	2010	90	1	1	10
KAL05	2010	70	2	0,1	30



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: 978-82-426-2330-0

Norsk institutt for naturforskning

NINA Hovedkontor

Postadresse: Postboks 5685 Sluppen, NO-7485 Trondheim

Besøks/leveringsadresse: Tungasletta 2, NO-7047 Trondheim

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

E-post: firmapost@nina.no

Organisasjonsnummer 9500 37 687

<http://www.nina.no>

Samarbeid og kunnskap for framtidens miljøløsninger