

Natur i endring – en studie av vegetasjonsdynamikken i et breforland ved Folgefonna

*Klima- og bruksendringens effekt på vegetasjonen i Øvre Buerdalen 1981-2016
og tilstand i dag*



Masteroppgave i miljø- og landskapsgeografi

Guttorm Edman Jørgensen



Institutt for geografi

Universitetet i Bergen 2017

Abstract

Glaciers are sensitive indicators of climate. In southwestern Norway, the Buerbreen glacier reached its maximum extent in the little ice age in the late 1870s, followed by a subsequent retreat due to temperatures rising. Large areas have been exposed, enabling the process of a primary succession, that also is susceptible to other disturbances. At the same time, long term and varied land use has influenced the vegetation in Øvre Buerdalen, leading to a multidimensional vegetation dynamic in the area.

The aim of this study is to detect vegetation development and analyse the influence of climatic- and land use change on flora in Øvre Buerdalen in recent times. The forest is emphasized, and its expansion since 1981 in the glacier foreland and the treeline fluctuations in associated hillsides are investigated. In the glacier foreland, the condition of the forest is estimated with variables standardized by the methodology Natur i Norge (NiN) vol. 2. This methodology is also used to undertake a vegetation mapping within the glacier foreland. Together, the methodology gives an overview of the state and the variation of the vegetation today.

Besides NiN, aerial and historical photos, interviews, field surveys (with GPS), soil analysis and climate- and glacier measurements is the basis for understanding the complex dynamic vegetation change in Øvre Buerdalen. GIS has been a useful tool for storing, conduct and display spatial data.

The results shows that the glacier foreland consist of an amount of the thermophilic deciduous forest species *Ulmus glabra*, in its lower parts. The soil development is at a faster rate than expected for glacier forelands in Norway, and the forest is in a well- established succession stage, with ecosystem functions typical for natural forest at older substrate. At higher altitudes, the forest has expanded, primary by *Betula pubescens ssp. Czerepanovii*, which also creates the alpine treeline in the mountain. Here, the forest lies at or near its climatic upper limit on the northern side of the valley, and under its climatic limit in the southern side, due to land use. Nevertheless, the main factor for vegetation development in the study area since 1981, is climatic change.

Forord

To spennende og lærerike år har gått med til denne oppgaven. Det har vært en møysommelig prosess, med både opp- og nedturer, men mest oppturer. Friheten til å styre og utforme et eget forskningsprosjekt har gitt meg en verdifull erfaring å ta med videre, i tillegg til kunnskapen jeg har tilegnet meg om oppgavens tema.

Det er mange som fortjener en takk, først og fremst min veileder Anders Lundberg som har vist stor faglig kunnskap og fulgt opp med gode tilbakemeldinger som har ført meg nærmere målet. Mange takk til Torvald Kambestad som sørget for at jeg fikk svar på mine spørsmål og stilte opp mer enn jeg hadde turt å håpe på.

En takk går til min flotte venn Martin og familien Berhovde, som ga meg husrom under en hektisk periode i felt. Uten dere ville starten på feltarbeidet ikke vært lett. Takk til alle medstudenter ved institutt for geografi for et svært godt faglig og sosialt miljø. Dere har gjort dagene og kveldene på lesesalen mye kjekkere. En takk rettes også til min mor og Kari for korrekturlesing og støtte.

Til slutt vil jeg takke alle andre som har bidratt, men som jeg ikke har nevnt og til venner og familie for alle ønsker og omtanke.

Bergen, mai 2017

Guttorm Edman Jørgensen

Innholdsfortegnelse

Abstract	i
Forord	iii
Innholdsfortegnelse	v
Figurliste.....	vii
Tabelliste	viii
Liste over lokale komplekse miljøvariabler	viii
1. Innledning	1
1.1. Introduksjon.....	1
1.2. Avgrensing og problemstilling	2
2. Feltområdet	5
2.1. Områdebeskrivelse	5
2.2. Berggrunn, klima og vegetasjon.....	7
2.3. Folgefonna og Buerbreen	9
2.4. Kulturhistorie og arealbruk i Buerdalen	9
3. Teori.....	11
3.1. Klima- og klimaendringer	11
3.2. Arealbruk- og bruksendringer	14
3.3. Suksesjon.....	16
3.4. Naturtypekartleggingens bakgrunn og anvendelighet	19
3.5. Natur i Norge (NiN) Teorien bak systemet	20
3.6. Drøfting av sentrale begreper i NiN	24
3.7. Utvalgte planter	30
4. Kilder og metoder	35
4.1. Klimadata.....	35
4.2. Bredata.....	36
4.3. Historiske bilder	36
4.4. Flybilder og flybildetolkning.....	37
4.5. NiN-metodikken	40
4.6. Jordsmonnsundersøkelse	46
4.7. Registrering av dagens tre- og skoggrense	47
4.9. GPS – Global Positioning System	47

4.10. GIS – geografiske informasjonssystemer	48
4.11. Intervju.....	49
5. Resultat	51
5.1. Klima- og bredata	51
5.2. Tolkning av historiske bilder	53
5.3. Tolkning av flybilder	56
5.4. Tre- og skoggrensen	59
5.5. Jordsmonnsresultater	60
5.6. Storruteanalyse	62
5.7. Kulturpåvirkning	68
5.8. Resultat av intervju	69
5.9. Naturtypekart	71
5.10. Utbredelseskart for plantearter	80
6. Diskusjon	85
6.1. Vegetasjonsendring i breforlandet	85
6.2. Påvirkningsfaktorer	87
6.3. Tilstand i skog	91
6.4. Naturtypene	94
7. Konklusjon.....	99
8. Referanser	101
8.1. Litteraturliste	101
8.2. Bildeliste planter.....	108

Figurliste

Figur 1. Studieområdet og dens plassering i Norge og Odda kommune.....	6
Figur 2. Utviklingen av global gjennomsnittstemperatur 1891-2016.....	14
Figur 3. Suksessjonsprosessen.....	19
Figur 4. Naturmangfoldhierarkiet.....	21
Figur 5. Økologisk avstand.....	23
Figur 6. Sammenslåing av grunntyper til kartleggingsenheter tilpasset ulike målestokker..	24
Figur 7. Tresatt areal.....	28
Figur 8. Bergfrue <i>Saxifraga cotyledon</i>	31
Figur 9. Fjellkvann <i>Angelica archangelica</i> ssp. <i>Archangelica</i>	32
Figur 10. Søterot <i>Gentiana purpurea</i>	33
Figur 11. Hvitsoleie <i>Ranunculus platanifolius</i>	34
Figur 12. Måleskalaer (A3-A9).....	46
Figur 13. Måleskalaer (T-skalaer).....	46
Figur 14. Middeltemperatur juli måned for Midtlæger.....	51
Figur 15. Middeltemperatur juli måned for Bergen.....	52
Figur 16. Frontposisjonsendringer Buerbreen 1900-2015.....	53
Figur 17. Buerbreen rundt 1870-1871.....	54
Figur 18. Buerbreen 1882-1885.....	55
Figur 19. Buerbreen 1931.....	56
Figur 20. Nedre del av breforlandet. Flyfoto 1981.....	57
Figur 21. Nedre del av breforlandet. Flyfoto 1997.....	57
Figur 22. Øvre del av breforlandet. Flyfoto 1981 og 1997.....	58
Figur 23. Flyfoto fra 2013.....	59
Figur 24. Tre- og skoggrensen Såta – Buervatnet (1981-2016).....	60
Figur 25. Jordsmonnsundersøkelser.....	61
Figur 26. Storruter.....	62
Figur 27. Kulturminner.....	68
Figur 28. Naturtypekart.....	72
Figur 29. Edelløvsskog.....	74
Figur 30. Storbregneskog (T4-C-17).....	74
Figur 31. Høgstaueskog (T4-C-18).....	75
Figur 32. Litt tørkeutsatt høgstaueskog (T4-C-19).....	76
Figur 33. Skoginitialer (T26-C-1-S).....	77
Figur 34. Fjellhei-initialer (T26-C-1-F).....	78
Figur 35. Grus- og steindominert breforland i pionerfasen (T26-C-3).....	79
Figur 36. Breforland i pionerfase, dominert av fin grus til leire (T26-C-4).....	79
Figur 37. Nakent berg (T1).....	80
Figur 38. Utbredelse og størrelsesorden av bergfrue.....	81
Figur 39. Utbredelse og størrelsesorden av fjellkvann.....	82
Figur 40. Utbredelse og størrelsesorden av søterot.....	83
Figur 41. Utbredelse og størrelsesorden av hvitsoleie.....	84
Figur 42. Skogsutvikling 1981-2016.....	86

Tabelliste

Tabell 1. Folketall og husdyr på Buer etter år	10
Tabell 2. Jordsmonnsundersøkelse	62
Tabell 3. Storrute 2	64
Tabell 4. Storrute 3	65
Tabell 5. Storrute 4	66
Tabell 6. Storrute 5	67
Tabell 7. Kulturforekomster	68
Tabell 8. Naturtyper	73

Liste over lokale komplekse miljøvariabler

definerende lokal kompleks miljøvariabel (dLKM) — spesiell lokal kompleks miljøvariabel som er grunnlaget for å skille ut en spesiell hovedtype fra normal variasjon innenfor ei hovedtypegruppe

hovedkompleksvariabel — en blant et fåtall komplekse variabler som uttrykker variasjon i en karakteriserende kilde til variasjon på et gitt naturmangfold-nivå og som gir et vesentlig, selvstendig bidrag til å forklare sammensetning av (eventuelt også struktur i) karakteriserende naturegenskaper i en eller en samling av naturtyper på dette naturmangfold-nivået

lokal kompleks hovedmiljøvariabel (hLKM) — lokal kompleks miljøvariabel som tilfredsstiller definisjonen av hovedkompleksvariabel

lokal kompleks hovedmiljøfaktor (LKMf) — lokal kompleks miljøfaktor som tilfredsstiller definisjonen av hovedkompleksvariabel

lokal kompleks hovedmiljøgradient — lokal kompleks miljøgradient som tilfredsstiller definisjonen av hovedkompleksvariabel

lokal kompleks miljøvariabel (LKM) — variabel som består av flere enkeltmiljøvariabler som samvarierer i mer eller mindre sterk grad, og som gir opphav til variasjon i artssammensetning på relativt fin romlig skala og som har en virkning som vedvarer over relativt lang tid [typisk mer enn 100(-200) år]

spesiell lokal kompleks miljøvariabel (sLKM) — lokal kompleks miljøvariabel som forklarer mer variasjon i artssammensetning enn 2 ØAE mellom tyngdepunkter for en naturtype innenfor normal variasjonsbredde innenfor ei natursystem-hovedtypegruppe og en sammenliknbar naturtype som ikke ligger innenfor normal variasjonsbredde

tilleggsmiljøvariabel (tLKM) — lokal kompleks miljøvariabel som innenfor en og samme hovedtype gir opphav til tyngdepunkter for naturtyper (grunntyper) med betydelig, men ikke vesentlig forskjellig artssammensetning (økologisk avstand 1–2 ØAE)

underordnet lokal kompleks miljøvariabel (uLKM) — lokal kompleks miljøvariabel som innenfor en og samme hovedtype gir opphav til tyngdepunkter for utforminger av naturtyper med observerbar forskjell i artssammensetning (økologisk avstand 0,5–1,0 ØAE)

1. Innledning

1.1. Introduksjon

Vi lever i dag i en tid preget av store natur- og miljøendringer. Klimaendringen ble av den amerikanske presidenten Obama utropt til den største trusselen for fremtidens generasjoner i 2015 (CNN). Blant konsekvensene som nevnes i FNs klimapanel sin femte hovedrapport (AR5) er havnivåstigning, havforsuring og mer ekstremvær, som hver for seg eller sammen bidrar til mindre matsikkerhet, mer fattigdom, folkeforflyttinger og spredninger av sykdommer (IPCC, 2014a). Allerede nå påvirkes økologiske livssystemer av klimaendringene ved at arter forflytter seg mot polene eller opp i høyden (Parmesan & Yohe, 2003).

Samtidig påvirkes økosystemer verden over av en annen faktor, nemlig arealendringer, herunder endringer av menneskelig bruk, som er regnet som den største trusselen mot biologisk mangfold (Berntsen & Hågvar, 2010). I dag utryddes arter 1000 ganger raskere enn hva som er tilfellet under naturlige omstendigheter (De Vos et al., 2015).

I de senere tiårene har skogen ekspandert over store deler i Europa, også i Norge hvor man har registrert at den boreale skogen har ekspandert inn i subalpine- og lavalpine områder og resultert i høyere skoggrense (Bryn, 2006, 2008; Penniston & Lundberg, 2014). To hoveddrivkrefter er å antatt og stå bak denne prosessen i Norge: Bruksendringer, som følge av at menneskelig bruk av utmarka opphører eller endrer seg, og klimaendringen (Bryn, 2008; Rössler et al. 2008).

Vi vet at økosystemer i alpine områder er meget sårbare for disse endringene (Parmesan & Yohe, 2003) og at vegetasjonsendringen har vært størst i lavereliggende alpine områder (Moen, 1998; Klanderud & Birks, 2003), og i denne oppgaven vil jeg se på hvordan vegetasjonen responderer på bruks- og klimaendringen.

Mer kunnskap på feltet kan hjelpe forvaltningen med å iverksette riktig tiltak og skjøtsel, for eksempel av hensyn til biodiversiteten og rødlistede arter eller naturtyper. Dette er nok spesielt aktuelt for verneområder, men også for steder med naturbasert turisme der man opplever at utsikten og tilgjengeligheten blir sperret av tett vegetasjon og skog.

Mitt feltområde er et breforland fra den lille istid og tilhørende dalsider opp mot tregrensen lokalisert i øvre del av Buerdalen i Odda kommune. Dette er et område med unike naturkvaliteter, både i landskapsmessig og botanisk forstand. Dalen er omgitt av bratte sider på

begge kanter og i enden ligger utløperen Buerbreen fra Folgefonna, og selv om den ikke er like mektig som før, er det fortsatt et imponerende syn. Fra breen er det kort veg til frodig flora med innslag av varmekjære arter.

Den nedre delen av feltområdet ligger i et landskapsvernområde, mens resten er en del av Folgefonna nasjonalpark. Området er lett tilgjengelig og det går en vei gjennom dalen til en parkeringsplass ved Buer gård som ligger noen hundre meter fra feltområdet. Stedet er godt besøkt. Årlig finner mange titusener turister fram til Odda hver sommer der Buerdalen med Buerbreen er den ene hovedattraksjonene i kommunen. Den andre er Trolltunga i Skjeggedal (Odda kommune, 2012).

Et feltområde bestående av et breforland er interessant å studere av flere grunner (Matthews, 1992): i) Det har en begrenset fysisk størrelse, noe som legger til rette for hensiktsmessige undersøkelser. ii) Klimaet gjør at det er forholdsvis enkle økosystemer. iii) En nylig blottlagt undergrunn har hatt kort tid på å bli endret av naturlige, miljømessige prosesser. iv) Jo økende avstand fra breen, desto større tidsrom har økosystemet kunnet utvikle seg i, og dermed kan man få et romlig uttrykk for endringen over tid (egen oversettelse).

1.2. Avgrensing og problemstilling

Mitt tema for dette forskningsprosjektet er: *“Natur i endring, en studie av vegetasjonsdynamikene i et breforland ved Folgefonna”*. Studien kan sies å ha en todeling. På den ene siden ser jeg på vegetasjonsendringer som har skjedd fra 1981 med fokus på skogen og tilstanden til denne. På den andre siden kartlegger alle naturtypene i breforlandet. Resultatene er basert på feltarbeid i Buerdalen sommeren 2016.

Ved hjelp av historiske bilder og flybilder fra 1981 til 2013 av feltområdet kan jeg studere hvordan vegetasjonen har endret seg i breforlandet. Intervju og analyse av andre historiske kilder, samt feltundersøkelser, er hensiktsmessige metoder for å finne ut hvordan arealbruken og naturutnyttelsen har vært. Klima- og brededata er brukt til å analysere hvordan klimaendringen har forløpt.

Jeg vil foreta en naturtypekartlegging av breforlandet samt en storruteanalyse for vurdering av tilstanden til skogen med Natur i Norge (NiN) sin metodikk. På denne måten får man et bilde av naturtilstanden i 2016, noe som kan være til nytte for overvåking av vegetasjonsutviklingen også i fremtiden. Samtidig håper jeg å kunne si noe om hvordan vegetasjonen forventes å utvikle seg. Med et feltområde som grenser mot den alpine sone har jeg også mulighet til å

kartlegge eventuelle forskyvninger av vegetasjonssonene i høyden, slik som stigning av tre- og skoggrensen mellom 1981 og 2016.

Jeg har valgt å fokusert på vegetasjonsendringen fra 1981 til i dag av flere grunner. Delvis er det behov for å avgrense oppgavens tidsfelt, delvis trenger jeg tilgang på gode flybilder til flybildetolkning av vegetasjonen og annet lantedekke. Samtidig trengte jeg nok tid med årlig temperaturdata for å kunne se om det har skjedd en endring i klima.

World Meteorological Organization (WMO) har bestemt at referansepunkt for hva som er normalt klima er gjennomsnitt av en klimavariabel (f.eks. temperatur eller nedbør) over en 30-års periode. Dette følges over hele verden, også av det norske meteorologiske institutt, og 35 år skal være nok til å filtrere ut naturlig variasjon samtidig som det er lenge nok til å registrere klimaendring (Hanssen-Bauer et al., 2015; WMO, u.å.).

Jeg må også ta hensyn til tidsforskyvingen fra det skjer en endring i klima eller opphør av bruk til vegetasjonen responderer på denne endringen. Vegetasjonen må ha hatt nok tid på å etablere seg på nytt substrat der isen har trukket seg tilbake, vokse oppover i høyden som følge av varmere klima eller gro igjen i områder under tidligere hevd. Velger jeg for kort tidsrom, kan det bli vanskelig å avdekke vegetasjonsendringer som jeg ønsker å kartlegge. Det er derfor viktig å finne klima- og brededata med lang nok måleserie og studere eldre kilder som kan si noe om arealbruken siden området først ble isfritt.

På bakgrunn av disse faktorene virker rundt 35 år som en hensiktsmessig tidsperiode for min undersøkelse. 1981 ble valgt som utgangspunkt for studiet fordi det var året da det eldste flybildet som var tilgjengelig ble tatt.

Nedenfor er de fire problemstillingene som jeg vil undersøke i denne studien:

- 1) *Har det skjedd en endring i tre- og skoggrensen og skogens utbredelse i breforlandet i Øvre Buerdalen mellom 1981 og 2016, og i så fall hvilke?*
- 2) *Hva er årsaken til denne endringen – bruks- eller klimaendringer?*
- 3) *Hva er tilstanden til skogen i dag?*
- 4) *Hvilke naturtyper finnes i breforlandet i dag?*

2. Feltområdet

2.1. Områdebeskrivelse

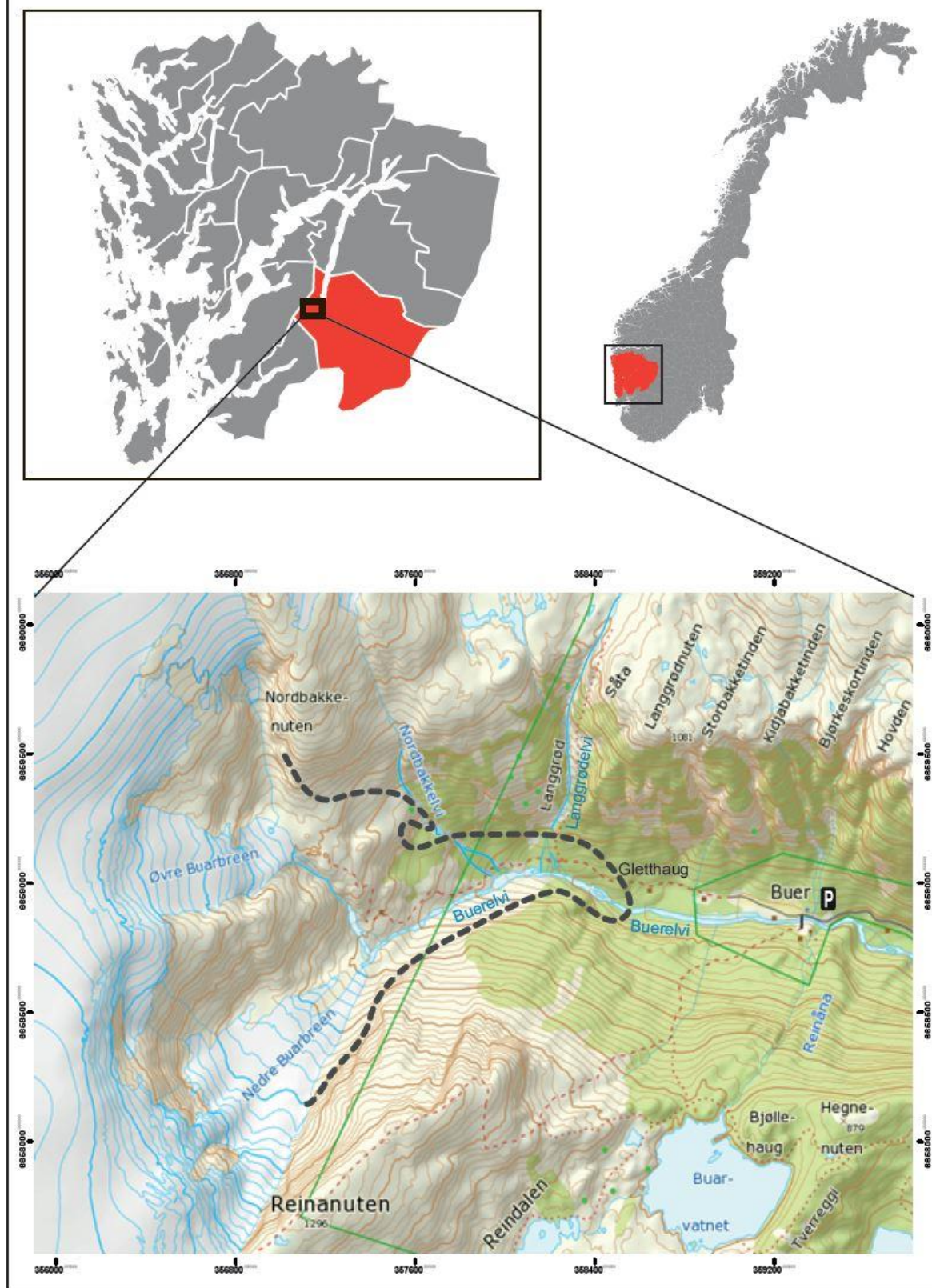
Folgefonnhalvøya er en halvøy i Hardanger, (Hordaland) som avgrenses av Hardangerfjorden i nord og vest, sidefjordene Sørfjorden i øst og Åkrafjorden i sør. Halvøya er knyttet til fastlandet i sørøst med et 30 km bredt eide mellom Odda, ved botnen av Sørfjorden, og Fjæra ved botnen av Åkrafjorden.

Buerdalen i Odda kommune skjærer seg inn i Folgefonnhalvøya fra øst (fig. 1). Dette er en forholdsvis trang og smal dal med høye dalsider dekt med skog. Buerelva renner gjennom hele dalen fra Buerbreen og til dalens utløp i vannet. I luftlinje tilsvarer det en avstand på rundt fem kilometer.

I Buerdalen er de to bratte dalsidene eksponert mot henholdsvis nord og sør, noe som er ganske uvanlig for området. Som følge av dette har vegetasjonen i de to motstående liene svært ulik artssammensetning (Moe, 2000) og gir mye variasjon i vegetasjons- og naturtyper på lite areal. Dette forsterkes av den store høydeforskjellen og den korte avstanden fra varmekjær løvskog til isbre, noe som gir et område med skarpe miljøgradienter og unike naturkvaliteter. Selve feltområdet utgjøres av breforlandet til Buerbreen som har blitt blottlagt etter den lille istids maksimale utbredelse (LIA) i den øverste delen av dalen (60°2'30"N; 6°26'24"E). I tillegg har jeg registrert tre- og skoggrensen i tilhørende dalsider.

Deler av Folgefonna nasjonalpark og Buer landskapsvernområde ligger innen feltområdet. Grensen mellom verneområdene går mellom Langgrød og Reinanuten (fig. 1). De ble opprettet ved Kongelig resolusjon 29. april 2005 sammen med tre andre tilgrensende landskapsvernområder: Bondhusdalen, Ænesdalen og Hattebergsdalen. Totalt er Buer landskapsvernområde på 21,3 km², mens Folgefonna nasjonalpark er om lag 546 km². Som følge av konsekvensutredningen i forbindelse med opprettelsen av verneområdene, ble det i 2000 foretatt en botanisk registrering av den varmekjære løvskogen i Buerdalen, etterfulgt av flere kartlegginger i 2008 og 2009 (Moe, 2000; Holtan, 2009).

Oversiktskart av feltområdet i Øvre Buerdalen



Figur 1. Studieområdet og dens plassering i Norge og Odda kommune. Stiplet linje markerer Buerbreen LIA. Grønn linje mellom Langgrørd og Reinanuten markerer grensen mellom nasjonalparken til venstre og landskapsvernområdet til høyre (Statens kartverk).

Området er lett tilgjengelig og har vært mye besøkt av turister fra tidlig av, noe som har ført til at det finnes en del historisk kildemateriale fra Buerbreen, først og fremst fotografier. Norges vassdrag- og energidirektorat (NVE) har dessuten lange måleserier for breen og morenene er daterte fra tidligere studier, herunder en hovedfagsoppgave om holocen skredaktivitet og brefluktasjon (Bjelland, 1998). Buerbrens LIA er videre undersøkt i en studie fra 2011 av Nussbaumer et al.

To aktuelle bøker som gir mye informasjon om området er Helland-Hansen et al. (2004) og Brekke et al. (2008). Begge dekker mye av Folgefonnhalvøya med hensyn til temaer som geomorfologi, historie, økologi, klimatologi, glasiologi og geologi.

2.2. Bergrunn, klima og vegetasjon

Geologien til Folgefonnhalvøya er interessant fordi man her kan studere geologiske hendelser fra de yngste – til de eldste bergartene på et relativt lite område, og med stort geologisk mangfold (Fylkesmannen i Hordaland, 2010). Den dominerende berggrunnen på Folgefonnhalvøya består av granitt og granittiske gneiser av forskjellige typer og alder, noe som også gjelder øvre del av Buerdalen (Naterstad, 2008). Denne geologien, med harde og sure bergarter, bidrar til at fjellområdene her er mer artsfattig sammenlignet med floraen i området rundt, slik som Hardangervidda (Fylkesmannen i Hordaland, 2010).

Klimaet på Folgefonnhalvøya er oseanisk, med mye nedbør. Grunnet topografien, som fører til orografisk nedbør, kan årsnedbøren på toppen av Folgefonna være så mye som 5500 millimeter i året (Skaar, 2008; Forvaltingsstyresmakta i Hordaland, 2010). Indre Matre, sør-vest på Folgefonnhalvøya, holder norgesrekorden for den største døgnet nedbøren som er målt, med 229,6 millimeter før bøtta rant over (Meteorologisk institutt, 2010). De midtre og høyere områdene av Folgefonnhalvøya faller inn under vegetasjonsseksjonen O3h, som er en humid underseksjon av sterk oseanisk seksjon (O3). Resten av Folgefonnhalvøya tilhører klart oseanisk seksjon (O3), med unntak for de indre områdene som Sørfjorden. Her er det tørrere, og svak oseanisk seksjon (O1) kan finnes (Moen, 1998; Skaar, 2008).

Påvirkningen fra Golfstrømmen gjør at klimaet er mildt for breddegraden (Penniston & Lundberg, 2014). Spesielt vinterstid er lufttemperaturen i stor grad påvirket av milde vinder fra vest, noe som gir høyere årsmiddeltemperatur i vestvendte områder enn langs Sørfjorden, som ligger mer skjermet til. I vekstsesongen er derimot området langs Sørfjorden varmere enn vestsiden, særlig i juni og juli, som følge av at havlufta fra vest da er relativt kjølig (Skaar, 2008). Meteorologisk institutt har interpolert temperaturnormal (1961-1990) for Odda som er -

3,5 °C i januar (kaldeste måned), +14,5 °C i juli (varmeste måned) og +5,2 °C for hele året. Folgefonnhalvøya har et stort spenn i vegetasjonssoner fra boreonemoral sone ved gunstige plasser langs fjordene til mellomalpin sone ved de høyeste isfrie områdene (Moen, 1998). Nederste del av feltområdet ligger i sørboreal sone (Holtan, 2009).

Da isen trakk seg tilbake for rundt 11.000 år siden, var bjørka *Betula* det første treet som rykket inn. Et pollendiagram fra en myrflate på Sørheimsmoen i Etne er trolig representativt for hele Folgefonnhalvøya og viser vegetasjonsutviklingen i grove trekk (Hjelle, 2008). Diagrammet går tilbake 9000 år i tid, da landskapet var preget av lysåpen tre- og buskvegetasjon av furu *Pinus sylvestris*, bjørk, einer *Juniperus communis* og vier *Salix*. Etter hvert ble skogen tettere og trearter som hassel *Corylus avellana*, rogn *Sorbus aucuparia* og alm *Ulmus glabra* kom til. For 7000 år siden spredte eik *Quercus* seg, mens spor etter trollhegg *Rhamnus frangula* og lind *Tilia cordata* dukker opp.

Mot slutten av yngre steinalder, for rundt 3000 år siden, har noe av eikeskogen blitt fjerna og beiteindikatorer som engsoleie *Ranunculus acris* og smalkjempe *Plantago lanceolata* dukker opp. Yngre bronsealder markerer starten på en markant nedgang i treslagskurvene og i eldre bronsealder vises de første sporene etter kornpollen. Ved førromersk jernalder sprer røsslyng *Calluna vulgaris* seg utover og indikerer utmarksbeite. Høyere verdier av engplanter tyder på ekspansjon i jordbruksarealene og de yngste daterte lagene fram mot mellomalderen viser at ulike typer korn, særlig bygg, får høye verdier (Hjelle, 2008).

I den sørvendte lien i Buerdalen finnes i dag edelløvsskog som har forholdsvis stor utstrekning og inneholder planter som det finnes svært lite av i distriktet (Moe 2000). Faktisk er det i Buerdalen de nemorale artene på Folgefonnhalvøya best representert, som myske *Galium odoratum*, junkerbregne *Polystichum braunii*, og vårerteknapp *Lathyrus vernus*

Mange av disse nemorale artene er knyttet til kyst- og fjordstrøkene og viser at Buerdalen, til tross for en østlig beliggenhet isolert fra fjordarmene, har oseaniske trekk (Moe, 2000). Holtan (2009) har klassifisert edelløvs skogen i Buerdalen som rik edelløvsskog og høstningsskog, med svært viktig til viktig verdi (verdi A og B) for biologisk mangfold. Registreringen er gjort i 2008 og 2009, og skogen var da vurdert til moderat til sterk gjengrodd (Holtan, 2009). Ett karaktertrekk ved skogen er de mange gamle almestyvene (Kambestad, 2008).

Et forholdsvis grovt kart over morenerygger og vegetasjonstyper i Buerdalen av Moe (et al., 2004) i naturhistorisk vegbok viser at edelløvs skogen stagnerer øst for Langgrød. Ellers er det

kartlagt tre andre hovedgrupper av skog i mitt feltområde. Øst for Langgrød, langs dalbotnen, er det flommarksskog med gråor *Alnus incana*, og i den nordvendte lien bregnedominert skog med bjørk. Lenger inn overtar skog av fjellbjørk *Betula pubescens ssp. czerepanovii* eller vierkratt, lyng og gressmark. Det siste stykket inn mot Buerbreen har ikke avmerket noe vegetasjon på kartet.

2.3. Folgefonna og Buerbreen

Folgefonnhalvøya har sitt navn etter breen sentralt på halvøya. Dette er Norges tredje største isbre og består av tre adskilte platåbreer: Nordre, midtre og søndre Folgefonna. Totalt inneholder Folgefonna over 30 kubikkilometer is eller vann, og det høyeste punktet på brekuppelen ligger 1651 meter over havet (Tvede, 2008). Undersøkelser tyder på at Folgefonna var helt bortsmeltet for 8000-5000 år siden, men i dag er isen trolig mellom 300 og 400 meter tykk på det meste (Fylkesmannen i Hordaland, 2010).

Buerbreen er en utløpsbre fra Folgefonna, og smeltingen i senere tid har ført til at det i dag har blitt dannet to brearmer: Øvre Buerbreen som går ned til ca. 880 høydemeter og Nedre Buerbreen som strekker seg ned til ca. 620 høydemeter (Statens kartverk; Nussbaumer et al. 2011). Da breen var på sitt største under LIA, nådde den over 1 km lenger ned i dalen, til 350 m.o.h. (Kjøllmoen, 2009) og truet med å fylle dalbotnen der Buer gård ligger (Kolltveit, 1967).

Bjelland (1998) sin studie av morenene til Buerbreen daterte LIA til 1893. Senere har Nussbaumer et al. (2011) datert LIA 1878/1879, basert på historiske bilder og eldre dokumenter. Dette er en forholdsvis sen maksimum utbredelse. Til sammenligning hadde Jostedalsbreens utløpere LIA rundt år 1750 (Nussbaumer et al. 2011; Nesje, 2012). Den seneste LIA for noen bre som er registrert i Norge er rundt 1940 for Blomstølsbreen, en annen utløper fra Folgefonna (Tvede, 2008).

2.4. Kulturhistorie og arealbruk i Buerdalen

Buer gård, eller bare Buer, ligger rundt 300 m.o.h. i en botn mellom høye dalsider. Området har god morenejord og var trolig opprinnelig en støl eller slåtteland under Jordal. Navnet Buer ble i 1615 skrevet Buum, et dativ av flertallet bu, noe som tyder på at det har vært flere buer her. I 1678 var det to bruk på Buer og i 1739 kommer det tredje bruket på gården slik det er fram til i dag (Kolltveit, 1967).

Bygdeboka nevner følgende tall for folk og husdyr i Buer etter år (tabell 1):

Tabell 1. Folketall og husdyr på Buer etter år (Kolltveit, 1967).

År	Folketall	Hester	Storfe	Sauer	Geiter	Annet
1748	13					
1801	16					
1865	22	4	26	43	35	
1875	18	2	19	22	47	
1891	31					
1900	18	1	16			41 småfe
1955			3	32		

Antall husdyr indikerer hvordan beitepresset var og jeg vil gjennom intervju forsøke å avdekke hvor dyrene beitet. På Vestlandet var det vanlig at husdyrene gikk og beitet i utmarka og på fjellet sommerstid (Kaland, 2008). Dette medførte at vegetasjonen ble holdt nede (Lundberg, 2005). Det ville videre være interessant å undersøke om det er husdyr på Buer i dag, og om de i så fall går på beite, for sammenligning.

Ovenfor Buer, på nordsiden, er det mange nuter (bakker) som var nyttet til slått. Teigene her lå utsatt til ved kanten av den bratte fjellsiden eller i lien like nedenfor. Høyet ble enten fraktet til Langgrød, en gammel utslått, og derifra fraktet med tre forskjellige løypestrenger ned til Buer eller veltet utfor den bratte lien i store nett. Det ble så plukket opp nedunder fjellet og båret i hus (Kambestad, 2008).

Buerbreen var i tidligere tider blant Odda sine største attraksjoner. På det meste, rundt år 1900, besøkte rundt halvparten av turistene som kom til Norge Odda (Markhus, 2008). I 1888 eller 1890 ble Buer Hotell satt opp på Gletthaug ved brekanten. Hotellet fungerte nærmest som en restaurant og turistene ble skyssset dit med hestedrosjer gjennom Buerdalen (Kolltveit 1967; Markhus, 2008). Et bilde tatt av Knud Knudsen viser hvordan hotellet står like ved en høy brefront rundt år 1890. I 1897 ble hotellet ødelagt av snøskred og satt opp igjen nærmere gården (Kolltveit, 1967). Bilde tatt av Knud Knudsen i 1897 viser at det nye hotellet står på plass da. I 1920 ble det bygd vei fra Jordal, men turistrømmen hit avtok da breen smeltet tilbake. Odda gikk fra turistmagnet til industriby med oppstarten av Odda smelteverk i 1908, og i 1935 ble Buer Hotell revet (Kolltveit 1967; Brekke et al., 2008).

3. Teori

Her vil relevant teori med betydning for oppgavens problemstilling legges frem. Jeg vil se på de prosessene og faktorene som påvirker vegetasjonen og koble det opp mot den sentrale metodikken i oppgaven, Natur i Norge (NiN). Til slutt vil sentrale begreper bli redegjort for og utvalgte planter beskrevet.

3.1. Klima- og klimaendringer

Klima er statistisk beskrivelse av gjennomsnittsværet og forteller altså noe om værforholdene over tid, basert på observasjoner av meteorologiske parametere (Bradley, 1999).

Gjennom alle tider har klimaet endret seg av naturlige årsaker, som at innstrålingen fra solen, refleksjonen av solstrålene til verdensrommet og utstråling fra jorden og atmosfæren varierer (Hanssen-Bauer, 2015). De siste to-tre millioner år er karakterisert av mange og hyppige klimasvinger mellom istider (glasialer), der isbreer dekte store deler av den nordlige halvkule og mellomistider (interglasialer), der breene mer eller mindre smeltet bort (Nesje, 2012). Årsaken til disse vekslingene mellom istider og mellomistider er at jordens helning og bane rundt solen varierer i tre nesten periodiske sykluser, kalt Milanković-sykluser. Disse variasjonene har blitt forsterket av indre mekanismer i klimasystemet, ved at jordens atmosfære også har endret seg (Bradley, 1999; Nesje, 2012).

Vi er nå inne i mellomistiden holocen som har vart de siste 11.000 år. Rekonstruert temperatur basert på paleoklimatiske data viser at klimaet i vårt område var 1-1,5 grader høyere for mellom 8000 og 6000 år siden enn ved slutten av forrige århundre (Hanssen-Bauer, 2015). Deretter fulgte en trend mot gradvis kjøligere klima (med betydelige svingninger imellom), som kulminerte med lille istid da isbreene i Norge fikk sin største utbredelse i holocen (Nesje, 2012; Hanssen-Bauer, 2015). Dette var ikke en periode med stabilt klima og ulike studier gir forskjellige tidsangivelser for den lille istid. I Skandinavia begynte breene å vokse rundt år 1300-1500 (Grove, 2001) og beholdt sin relative store utstrekning fram til 1930-tallet da breene gjennomgikk en kraftig tilbakegang (Nussbaumer, 2011; Nesje, 2012).

I dag foregår det en oppvarming av klimasystemet som skyldes at atmosfærens innhold av klimagasser har økt (IPCC, 2013; Hanssen-Bauer, 2015). Klimagassene slipper gjennom den kortbølgete strålingen fra sola og absorberer den langbølgete varmestrålingen fra jorda hvorav halvparten blir sendt tilbake til jorda. Det er dette som kalles drivhuseffekten, og den er et gode. Uten den hadde gjennomsnittstemperaturen på jorden vært -18 °C og ikke omkring 15 °C som

i dag. De viktigste klimagassene er vanndamp (H₂O), karbondioksid (CO₂), metan (CH₄), lystgass (dinitrogenoksid, N₂O) og ozon (O₃). Antropogen utslipp av klimagasser har forsterket drivhuseffekten gjennom brenning av fossilt brensel og avskoging (Benestad & Mamen, 2016). Modellberegninger fra det internasjonale klimapanelet (IPCC) slår fast at det er 95-100 % sikkert at menneskelig aktivitet er hovedårsaken til den globale oppvarmingen mellom 1951 og 2010. Den atmosfæriske konsentrasjonen av karbondioksid, metan, dinitrogenoksid N₂O har økt med henholdsvis 40 %, 150 % og 20 % i forhold til førindustriell tid (IPCC, 2013).

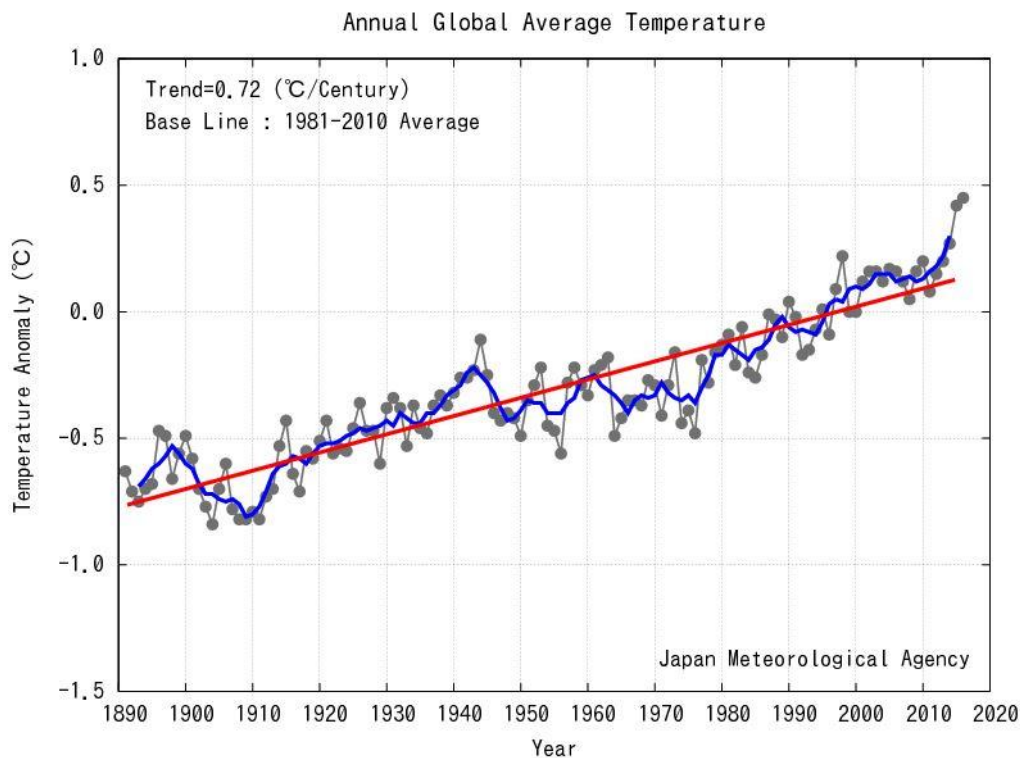
Det vil alltid være naturlige svingninger i klimaet, men trenden viser at det blir varmere jo nærmere vår egen tid vi kommer (IPCC 2007; IPCC 2013). Både i 2014, 2015 og i 2016 ble det satt ny rekord for global overflatetemperatur og siden målingene begynte i 1880 har jordens overflatetemperatur økt med 0,93°C (NOAA, 2017). Et synlig resultat av den globale oppvarmingen er hvordan isbreenes volum har blitt betraktelig redusert i alle fjellregioner over de siste 150 årene. Mange mindre breer har forsvunnet (IPCC, 2013).

Rapporten *Klima i Norge 2100* (Hanssen-Bauer et al., 2015) beskriver klimautviklingen i tidligere tider og beregnet klimautvikling fram mot år 2100 målt opp mot forskjellige utslippsscenarioer. Rapporten viser at det er mange likhetstrekk mellom utviklingen av global temperatur og årsmiddeltemperaturen for fastlands-Norge fra 1900, men variasjonene år til år er mye større enn globalt. Fra 1900 til 2014 har årsmiddeltemperaturen i Norge økt med cirka 1 grad, med en markant økning de siste 40 år hvor den lineære trenden har vært +0,5 °C/tiår (1976-2014). I alle landets regioner har oppvarmingen vært størst om våren. Minst oppvarming har det vært om vinteren for landet som helhet, med ingen statistisk sikker endring i noen region (Hanssen-Bauer et al., 2015). Dette står i kontrast til hva som er funnet i andre studier som har undersøkt alpine og subalpine fjellområder i ulike steder i Sør-Norge. Löffler et al., (2004) og Rössler et al., (2008) fant at temperaturen har økt mest om vinteren de siste tiårene, mens Wehn et al., (2012) fant at det har vært betydelig stigning i temperaturen om høsten, vinteren og våren mellom 1923 og 2001, men ingen signifikant stigning om sommeren.

På Vestlandet har temperaturøkningen i referanseperioden 1971-2000 vært mindre enn i andre regioner. Mest har temperaturen økt om våren og høsten i perioden 1900-2014 og minst om vinteren (Hanssen-Bauer, 2015). Årsnedbøren har økt for hele fastlands-Norge med mer enn 18 % siden 1900. Størst prosentvis økning har vært om våren og minst om sommeren. På Vestlandet har nedbøren økt mest om våren og høsten. Også her har økningen vært minst om sommeren (Hanssen-Bauer et al., 2015).

Globalt antar man en temperaturstigning på >2 °C innen år 2100 selv med utslippsbegrensninger av klimagasser gitt av klimakonvensjonens land i 2010 (IPCC, 2014b). Hvis utslippene fortsetter å øke fram mot slutten av dette århundre, vil det gi en økning på 4,5 °C på 100 år for Norge sin del, mens drastiske utslippskutt fra år 2020 og 2050 vil gi henholdsvis 1,5 og 2,7 °C økning tidsperioden, med størst temperaturøkning om vinteren. Årsnedbøren ventes å fortsette å øke med samme trend som i forrige århundre (Hanssen-Bauer et al., 2015).

I Norge følger vegetasjonsfordelingen i stor-skala mønster tre hovedgradienter: En nord-sør gradient relatert til temperatur, en høydegradient relatert til temperatur og en vest-øst gradient relatert til oseanisk (versus kontinentalt) klima (Bakkestuen et al., 2008). Lignende vegetasjonsmønster oppstår i høyden og mot nordligere breddegrader, ettersom temperatur er en viktig faktor for begge gradientene. I store trekk avtar temperaturen med 0,6 °C pr 100 høydemeter og litt under 0,5 °C pr 100 km fra sør til nord (Moen, 1998; Potthoff, 2013). Over eller nord for skoggrensen har vi alpin eller arktisk sone (Moen, 1998) med økosystemer som er tilpasset krevende og kalde forhold (Whittaker, 1975). Dette er sårbare landskapssystemer som er svært ømfintlig for endring i klimaet (se f.eks. IPCC, 2007; Ernakovich, 2014). Slike områder opplever en raskere oppvarming som følge av positive tilbakekoblingsmekanismer, herunder mer absorbert solinnstråling som følge av at sjøis- og snødekket minsker (IPCC, 2014a). Man ser allerede at alpine og arktiske arter blir fortrent opp i høyden eller mot høyere breddegrader til områder med mer begrenset areal (Parmesan & Yohe, 2003; IPCC, 2014a). Gottfried et al., (2012) har for eksempel funnet at termofile arter over tregrensen har økt i alle de store fjellsystemene i Europa mellom 2001 og 2008, på bekostning av arter tilpasset mer kalde omgivelser.



Figur 2. Viser utviklingen av global gjennomsnittstemperatur 1891-2016. Anomaliene viser avvik fra 1981-2010 gjennomsnittet. Svart tynn linje viser temperaturanomali for hvert år. Blå linje er 5 år middelverdi. Rød linje viser lineær langtidstrend. (Kilde: Japan Meteorological Agency).

3.2. Arealbruk- og bruksendringer

Gjennom årtusener har mennesket lært å utnytte naturressursene på en stadig mer effektiv måte. Vi har gått fra jeger- og sankersamfunn via primitivt høstningsjordbruk til industrialisert jordbruk i vår tid. Resultatet er at vi mange steder har skapt kunstige økosystemer som er avhengig av hevd, og som blir ustabile hvis driften blir endret eller opphører (Kaland, 2008). De skogløse kystlyngheiene langs Europas atlantehavskyst er for eksempel en menneskeskapt naturtype som ble utviklet for rundt 4000 år siden, og driften av disse gjennom brenning, hogst, beiting og høstning har vært vel praktisert i Norge fra vikingtiden fram til midten av forrige århundre (Webb, 1998). Seterproduksjon om sommeren i fjellområdene er en annen menneskelig aktivitet som har påvirket vegetasjonen gjennom senkning av skoggrensen. Tradisjonen er mer enn 1500 år gammel her til lands (Bryn, 2006).

Fram til omkring 1950 var det en nær kobling mellom forproduksjonen i utmarka og produksjonen av jordbruksprodukt på innmarka. Størrelsen og hva utmarka kunne produsere av fôr var avgjørende for antall husdyr på gården. Antall husdyr var i sin tur avgjørende for hvor mye husdyrgjødsel som var tilgjengelig på innmarka (Lundberg, 2005). På Sør- og Vestlandet medførte topografien at landskapet var best egnet for husdyrhold. Åkrene var vanligvis små og

kunne bearbejdes med spade ved bondens egen muskelkraft. Hest og plog var ikke vanlig i motsetning til gårdene på Østlandet og i Trøndelag. De vanligste husdyrene var ku, sau, hest og geit, og om sommeren ble dyrene fraktet til setrene ved fjellet fram til det meste av avlingen på gården var høstet (Kaland, 2008). Om vinteren måtte dyrene fôres med høy som kom fra slåttene på innmark og slåtteiger på utmark, i tillegg ble det ofte brukt hjelpefôr av ulike slag. Lauv var et mye brukt hjelpefôr og treslag av ulike sorter ble lauvet (Lundberg, 2005). Spesielt var lauv av alm høyt skattet fordi den har høyest foringsverdi av alle treslagene gjennom vekstsesongen. Kvist og bark av alm hadde også høyere verdi som fôr, og innerbark av alm ble også brukt som melsurrogat i barkebrød for mennesker (Austad et al., 2007).

Skog har alltid vært en verdifull ressurs for bøndene. I tillegg til å være en kilde til fôr ga skogen tømmer, ved og virke til blant annet båt, hus og redskaper (Lundberg, 2005). Så tidlig som i andre halvdel av 1500-tallet finnes dokumentasjon på at tømmer var en viktig handelsvare i Sunnhordland (Lundberg, 2005), og på 1600-tallet førte trelasteksporten til Holland og Skottland til at skogen også ble en viktig inntekt for mange fjordgårder rundt Folgefonna. Denne etterspørselen ble ikke mindre da skipsbygningen skjøt fart på 1800-tallet (Frønsdal, 2008). Kulturlandskapet har aldri vært så åpent som midt på 1800-tallet da mer intensiv utnyttning av innmark og utmark (Kaland, 2008) falt sammen med stort press på skogen, og snauhogst var et vidt utbredt problem på Vestlandet (Lundberg, 2005).

Ved begynnelsen av 1900-tallet var en av tre nordmenn sysselsatt innen jordbruket, en situasjon som mer eller mindre vedvarte til slutten av andre verdenskrig. Da startet en intensivering av jordbruket som en del av nasjonal politikk for å øke produksjonen, med økonomisk vekst og økt levestandard som mål (Daugstad, 2013). En viktig del av denne politikken var en regional spesialisering av produksjonsregimer, der kornproduksjonen ble spesialisert til Østlandet, Trøndelag og Jæren, og husdyrbruk til resten av landet (Kaland, 1998; Daugstad, 2013). I tillegg kom omfattende bruk av kunstgjødsel som førte til at den tradisjonelle strømmen av næringsstoffer fra utmarken til innmarken stoppet opp (Kaland, 2008). Det fikk store konsekvenser for kulturlandskapet og det biologiske mangfoldet, ettersom arter tilpasset næringsfattige forhold, eller slått eller beite, mistet leveområdene sine (Dramstad & Puschmann, 2010).

En konsekvens av dette er ekspansjonen av skog som har vært betydelig de siste 80 årene (Lundberg, 2011). I følge landskogtakseringen var det totale volumet av norsk skog 929 millioner m³ i 2014, noe som er en økning på 26,3 % siden 2005 og omtrent tre ganger så mye

som i 1920-åra (SSB, 2015). Mye av veksten skyldes utviklingen i skogbruket med systematisk planting av ny skog og skogreisingen fra 1950 til 1980-tallet (Frønsdal, 2008; Steinset, 2015). Studier viser også at hoveddrivkraften bak skogveksten i det 20-århundre er gjengroing av utmarka som følge av at driften som beite, slått og uttak av skog opphører. Denne utviklingen er spesielt til stede i de gamle stølsvollene og seterlandskapene i nordboreal sone (se f.eks. Moen, 1998; Bryn, 2006; Rössler et al., 2008; Lundberg, 2011; Wehn et al., 2012). Progresjonen og omfanget av denne gjengroingen er mindre kjent og ofte mistolket som en effekt av klimaendringen (Framstad et al., 2006). Flere studier har vist at økningen i skoggrensene i det sentrale Sør-Norge de siste tiårene skyldes bruksendringer og ikke klimaendringer (Rössler et al., 2008; Lundberg, 2011; Wehn et al., 2012).

Menneskelig aktivitet er også den faktoren som påvirker arter i Norge i størst grad negativt (Berntsen & Hågvar, 2010; Potthoff, 2013). For eksempel er 2125 (90 %) av de truede artene våre påvirket av arealendringer. Av disse er 685 arter negativt påvirket som følge av gjengroing på grunn av opphørt eller redusert beite og slått (Henriksen & Hilmo, 2015a). Skogrydding, oppdyrking og drenering er andre faktorer som, i tillegg til beite og slått, i sterk grad endrer vegetasjonen og artssammensetningen der (Lundberg, 2005).

3.3. Suksesjon

Et av de første detaljerte studiene av økologien til et breforland ble gjort i de europeiske Alpene av Johann Coaz som i 1883 besøkte Rhonegletscher, en isbre som trakk seg tilbake. Han observerte hvordan artsmangfoldet økte jo eldre grunnen var, det vil si med økende avstand fra breen, og at noen arter var raskere til å kolonisere terrenget enn andre (Matthews, 1992). I Skandinavia var Knut Fægri tidlig ute med sin studie av plantesuksesjonen ved Jostedalbreen i 1933. Mer nylig har forskningen på feltet tatt seg opp, og andre aspekter av suksesjon, som utvikling av jordsmonn, har blitt gjenstand for mye undersøkelser (Matthews, 1992). Jordsmonnet er øverste del av jordarten eller jordlaget, hvor plantene har sine rotsystemer. Her har klima, vann, vegetasjon og jordorganismer synlig påvirket jordarten. De faste bestanddelene er mineralmateriale og nedbrutt organisk materiale (Sulebak, 2007).

Suksesjon kan enklest beskrives som utskifting av arter over tid (Walker & del Moral, 2003). Det er en kompleks prosess som innebærer en gradvis endring i artssammensetningen og strukturen til et økosystem (Matthews, 1992). NiN sin definisjon på suksesjon er en *“mer eller mindre lovmessig endring i artssammensetning, eventuelt også miljøforhold, over tid som følge av endringsgjeld betinget av forstyrrelse”* (Halvorsen et al., 2016a). Med endringsgjeld menes

forventet framtidig endring i artssammensetningen som følge av ubalanse mellom rådende artssammensetning og miljøforhold. Suksesjoner er vanligvis forårsaket av forstyrrelser, men kan også komme av endringer i basale miljøegenskaper som gradvise klimaendring eller forsuring (Halvorsen et al., 2016a).

Man skiller mellom to typer suksesjon. Primærsuksesjon er når nytt substrat blir dannet (f.eks. når en vulkansk øy oppstår) eller sterilt substrat blir avdekket (f.eks. bunnen av en tørrlagt innsjø eller isbre som blottlegger ny mark) og blir kolonisert av plantearter. Sekundærsuksesjon er når et etablert samfunn blir utsatt for en forstyrrelse (f.eks. skogbrann, flom og orkan) som gjør at suksesjonen blir resatt så nye arter kan komme inn og etablere seg etter forstyrrelsen (Walker & del Moral, 2003). Ved en sekundærsuksesjon er det alltid en rest etter det opprinnelige økosystemet (intakt jord o.l.) slik at det skjer en rekolonisering av substratet. Primærsuksesjon skjer ved at arter koloniserer substrat som ikke har noen levende planter, dyr eller jordmikrober (Matthews, 1992; Walker & del Moral, 2003).

I et område som tidligere var dekket av isbre, vil det typiske vegetasjonsmønsteret være en gradvis overgang fra hardføre planter, såkalte pionerarter, til mer etablerte arter etterhvert som avstanden til isbreen øker. Innenfor dette landskapet vil det imidlertid også være mange områder som har blitt utsatt for en forstyrrelse (for eksempel ras eller flom), hvor utviklingen har blitt satt tilbake og vi får en sekundærsuksesjon (Ganderton et al., 2005).

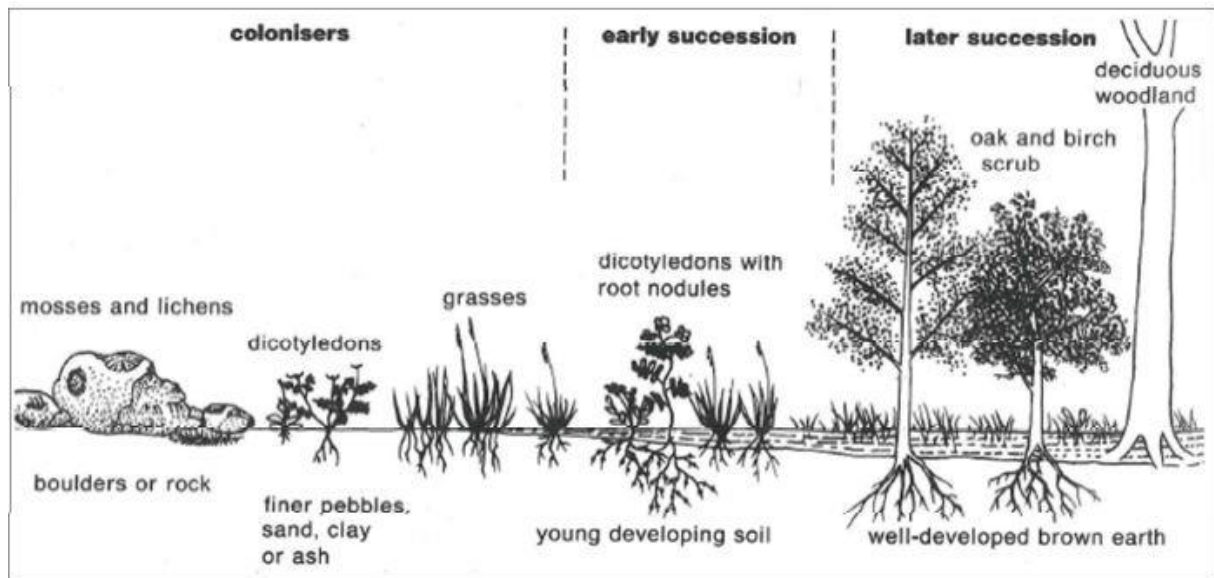
Man skiller også mellom *autogen* og *allogen* suksesjon. Autogen suksesjon er når artene selv endrer forholdene eller miljøet i den grad at artssammensetningen påvirkes. Dette er en innebygget prosess. Allogen suksesjon oppstår normalt når abiotiske prosesser (utenfra) påvirker artsutskiftingen. Konkurransen mellom arter og overgang fra tjern til myr er eksempel på autogen suksesjon, mens erosjon fra flom eller askenedfall fra en vulkan er eksempler på allogen suksesjon. Når nye arter overtar etter en primærsuksesjon er det som oftest gjennom allogene mekanismer, men interne autogene mekanismer blir mer viktige etter hvert som suksesjonen skrider frem (Vetaas, 1986; Matthews, 1992; Walker & del Moral, 2003).

Den eldste og vanligste suksesjonsmodellen er modellen om fasilitering (Molles, 2013) etter Frederic Clements (1916). I følge denne modellen vil et nylig avdekket substrat først bli kolonisert av pionerarter, som er tilpasset ugjestmildt miljø. Videre vil pionerartene etter hvert tilrettelegge for at andre arter kan vokse i miljøet, gjennom å fasilitere grunnen og danne jordsmonn. Når den neste gruppen med arter kommer inn, vil de som oftest utkonkurrere pionerartene. Slik fortsetter ulike plantesamfunn å erstatte hverandre, helt til etablerte arter ikke

lenger fasiliterer koloniseringen av nye arter, og samfunnet har oppnådd en klimakstilstand der suksesjonen stopper, eller til en ny forstyrrelse inntreffer (Molles, 2013). I et breforland kan denne utskiftingen av vegetasjonssamfunn betraktes som en funksjon av tiden som er retningsbestemt og øker med avstanden til breen (Vetaas, 1986).

Det har etterhvert blitt vanlig å dele suksesjonen inn i suksesjonsstadier: Først pioner- eller koloniseringsfasen, fulgt av en konsolideringsfase og som ender med klimaksfasen (Halvorsen et al., 2016a). NiN versjon 2 deler videre pionerfasen opp i en initialfase med inntakt preg av omfattende forstyrrelse, en koloniseringsfase der kolonisering av substratet pågår og en etableringsfase som begynner å få egenskaper til naturlig mark, men hvor de fleste arter typisk for ettersuksesjonstilstanden mangler. Ettersuksesjonstilstand i NiN er definert som økosystemtilstand etter suksesjon (Halvorsen et al., 2016a), et økosystem i dynamisk likevekt, tilsvarende klimaksfasen.

Størst artsrikdom har en tidlig i suksesjonen når pionerartene er i tilbakegang, men fortsatt tilstede, samtidig som mer konkurransesterke arter med større næringskrav er i sterk vekst (Matthews, 1992). Dette er vist gjennom flere studier av breforland både i Alpene (Matthews, 1992), og i Norge som Fægri sin studie av Jostedalsbreen i 1933 og Elven sin studie av vegetasjonssamfunn på morener med økende alder ved Hardangerjøkulen (Elven, 1978). Andre funn på en tidlig topp i artsrikdom er gjort i Vetaas (1986) sin suksesjonsstudie av morenerygger i Bødalen i Stryn. Her avtok mengden lav med tiden, mens mosene ekspanderte og dvergbusker var godt representert hele tiden. Trær og busker økte med økende alder på substratet (Vetaas, 1986).



Figur 3. Suksesjonsprosessen. Til venstre pionerfasen. Deretter følger en et konsolideringsfase før vi har det sene suksesjonsstadiet med klimaksfasen lengst til høyre. Utviklingen går vanligvis fra lite utviklet vegetasjon med lav og moser til klimaks ved velutviklet skog. Sjekk også jordsmonnutviklingen (Chapman & Reiss, 1999).

Clements hadde et holistisk syn på suksesjon, og betraktet utviklingen mot en klimakstilstand som utviklingen av en superorganisme, bestående av avgrensede økologiske samfunn (Clements, 1916). Denne modellen ble tidlig kritisert av Henry A. Gleason (1926) som så på suksesjon som tilfeldigheter der arter responderer individualistisk på miljøfaktorer. I motsetning til Clements mente han at samfunnene ikke er isolerte og selvregulerende med skarpe grenser, men ordnet som et kontinuum langs miljøgradienter (Gleason, 1926; Matthews, 1992). Senere har Gleason sin modell fått betydelig støtte av flere økologer. Pickett et al., (1992) hevder for eksempel at vegetasjon vanligvis ikke oppnår et klimakssamfunn fordi det avhenger av at de er i likevekt, noe som bare forekommer i spesielle tilfeller når ytre påvirkninger er stabile og forutsigbare. Selv om det er flere ulikheter mellom Clements og Gleasons modeller og flere andre har kommet til, er fremdeles fasiliteringsmodellen blant de med størst støtte i økologiske studier av suksesjon (Molles, 2010).

3.4. Naturtypekartleggingens bakgrunn og anvendelighet

Tradisjonell vegetasjonskartlegging har relativt lenge vært en etablert vitenskap og praktiserer et vidt spekter av metoder og systemer for inndeling. Dette betyr at det i dag ikke finnes noen global konsensus om begrepet (Bryn, 2009). Vegetasjonskartlegging i Norge startet tidlig i 1920-årene, selv om plantegeografiske kart og skogstypekart hadde vært lagd tidligere (Bryn, 2006). I 1970 ble det startet opp organisert vegetasjonskartlegging som et ledd i utviklingsarbeidet ved datidens NIJOS (Jorddirektoratet, avd. for jordregistrering, senere Norsk institutt for skog og landskap, i dag NIBIO), for å produsere informasjon om naturgrunnlaget

utover det som Økonomisk kartverk kunne vise til. Det meste av vegetasjonskartleggingen foregikk utover 80-tallet hos NIJOS som et av instituttets kjerneområder (Rekdal & Larsson, 2005).

I 1987 kom «*Enheter for vegetasjonskartlegging i Norge*» av Fremstad og Elven med en inndeling som de fleste kartleggingsmiljøene i Norge kunne enes om. En revidert og utvidet utgave av dette inndelingssystemet kom med Fremstad, 1997, to år før håndboka for kartlegging av naturtyper, også kalt DN-håndbok nr. 13, utkom (Bryn & Halvorsen, 2015). Fremstad (1997) ble brukt for detaljert kartlegging i målestokk 1:5000 – 20 000 og DN håndbok nr. 13 til oversiktskartlegging i målestokk 1:20 000 – 50 000 (Rekdal & Larsson, 2005). DN-håndbok nr. 13 ble oppdatert i 2007, men i 2005 hadde Kunnskapsdepartementet opprettet Artsdatabanken som samme år gikk i gang med en helhetlig hierarkisk inndeling av norsk natur, i dag kjent som NiN (Natur i Norge). Dette systemet har mandat til å forsyne samfunnet med informasjon om norsk natur og har som mål å være grunnlag for videre arbeid med naturtyper i Norge (Bryn & Halvorsen, 2015).

Naturtypekartlegging gir verdifull informasjon om naturen i tillegg til å være nyttige for andre samfunnssektorer herunder energisektoren, slik som Norges vassdrags- og energidirektorat, skogsektoren, infrastrukturektoren og for forsvaret og beitebrukere for å nevne noe (Bryn & Halvorsen, 2015). Med naturtypekartleggingen får man også referanse av naturtilstanden på tidspunktet som er nyttig med tanke på overvåking og fremtidige endringer. Det er likevel viktig å understreke at alle naturtypekart, selv de mest høyoppløselige, er en forenkling av virkeligheten grunnet naturens store variasjon og kompleksitet (Bryn & Halvorsen, 2015). Det skyldes at naturvariasjonen med sitt mangfold av kombinasjoner av arter og miljøforhold, så og si er uendelig i tid og rom samt at naturvariasjonen for det meste kontinuerlig (Whittaker 1962; Bryn & Halvorsen, 2015).

3.5. Natur i Norge (NiN) Teorien bak systemet

NiN er et komplekst og omfattende system og jeg vil i det følgende bare gå gjennom de viktigste trekkene ved systemet.

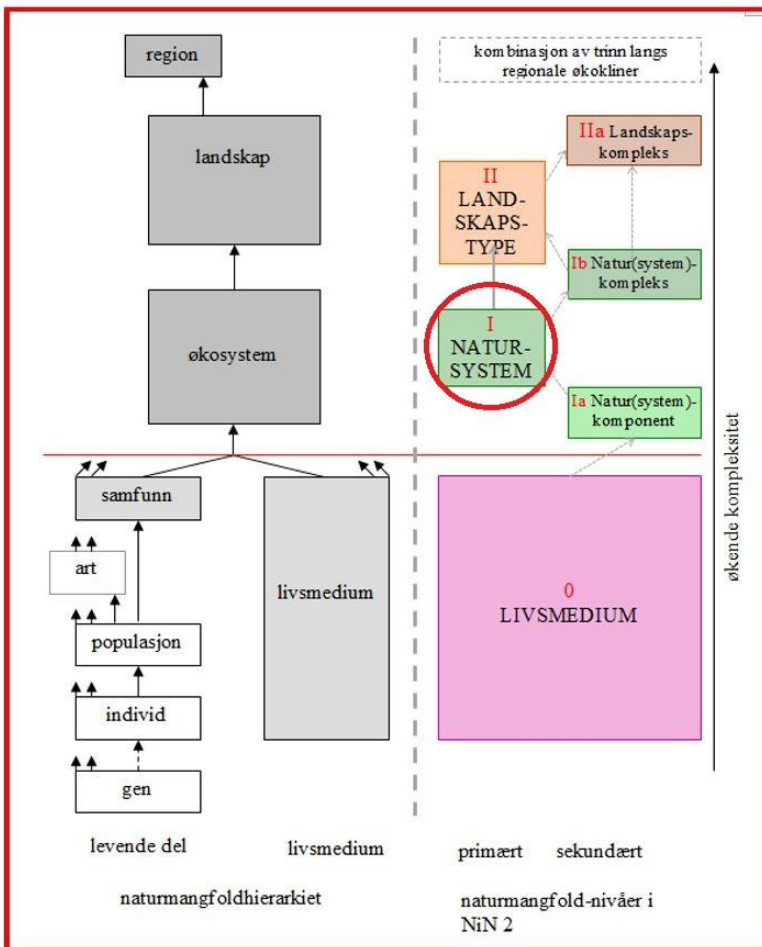
NiN står for Natur i Norge og er et type- og beskrivelsessystem for norsk natur som i første versjon ble lansert i 2009, på oppdrag fra Artsdatabanken. Systemet er, i motsetning til DN-håndbok 13, verdinøytralt. Dette betyr at det ikke er knyttet til noen form for verdisetting av naturen. Systemet dekker- og håndterer variasjon i alle naturmiljø i Norge inkludert Svalbard og Polhavet (Halvorsen et al., 2015; Artsdatabanken 2016). Bakgrunnen for opprettelsen var et

ønske om et felles kunnskapsbasert naturtypeinndelingssystem for Norge. Det har tidligere vært problemer med mangel på helhetlig naturinformasjon, og ulike brukergrupper innhenter den samme informasjonen flere ganger gjennom bruk av forskjellige inndelingssystemer (Halvorsen et al., 2008).

Etter en del praktiske erfaringer med NiN versjon 1 ble det avdekket at det var rom for forbedringer på flere områder, blant annet på NiNs systemkjerne. Man så større behov for et

system forankret i en teoretisk forståelse av naturvariasjon som sikring mot subjektive oppfatninger, noe NiN 1 i liten grad hadde.

Den 15. april 2015 ble NiN versjon 2.0 lansert som en forbedret utgave og oppdatert til NiN 2.1 i 2016 (Halvorsen et al., 2016a). NiN versjon 2 har tre dimensjoner. Naturmangfoldnivået er den overordnende dimensjonen (fig. 4) og det skilles mellom primære og sekundære naturmangfold-nivåer: De primære er naturmangfold-nivåer som har en fullstendig arealdekkende naturtypeinndeling. Disse er landskapstype, natursystem og livsmedium. Sekundære naturmangfold-nivåer er deler av type-enheter fra de heldekkende naturmangfoldnivåene, og omfatter naturkompleks og naturkomponent (Halvorsen et al., 2015).



Figur 4. Naturmangfoldhierarkiet, hierarkiet av nivåer for naturmangfold med ulik kompleksitet (venstre del av figuren), og sammenhenger mellom naturmangfoldhierarkiet og naturmangfold-nivåer som det utarbeides typeinndeling og beskrivelsessystem for i NiN 2 (høyre del av figuren). Naturmangfold-nivåene er fordelt på primære og sekundære naturmangfold-nivåer, mens livsmedium-nivået står i en særstilling. Den røde, horisontale streken skiller nivåer der artssammensetningen og miljøfaktorene typeinndeles (Halvorsen et al., 2016a).

Det viktigste naturmangfoldnivået er *naturesystem*, markert med rød sirkel i figur 4. Dette er naturvariasjon på økosystemnivået og inneholder den grunnleggende typeinndelingen av økosystemer. Denne typeinndelingen betegnes også som generaliseringsnivåer, og er den andre dimensjonen i NiN 2. Typeinndelingen inneholder de tre hierarkiske nivåene hovedtypegruppe, hovedtype og grunntype. Substrater i naturesystem er bunn og mark mens substratfrie livsmedier er frie vannmasser, varig snø og is. Det gir tilsammen 7 hovedtypegrupper, 92 hovedtyper og 741 grunntyper, men siden systemet er hierarkisk gir det 45 hovedtyper og 351 grunntyper for fastmarkssystemer og 2 hovedtyper og 2 grunntyper for snø- og issystemer som er det relevante for min studie (Halvorsen et al., 2016b).

To sentrale begreper ved beskrivelse av naturvariasjon i NiN 2 på naturesystemnivået er artssammensetning (de artene som lever sammen innenfor et gitt område) og lokal miljøvariasjon. Med lokal miljøvariasjon menes:

«Variasjon i miljøforhold som gir opphav til mønstre på relativt fin romlig skala (karakteristisk skala for variasjon typisk < 1 km) og som er stabile over relativt lang tid [typisk mer enn 100(–200) år]» (Halvorsen et al., 2016b).

Typeinndelingen på naturesystem-nivået i NiN skal adressere i hvilken grad lokal miljøvariasjon gir utslag i variasjon i artssammensetningen. Den lokale miljøvariasjonen beskrives ved bruk av lokale komplekse miljøvariabler (LKM) definert som:

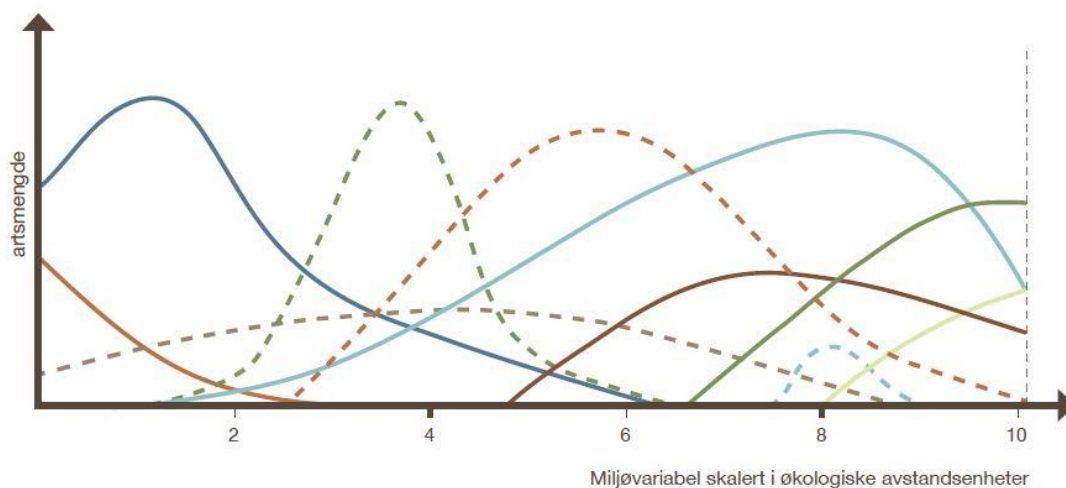
«Variabler som består av flere enkeltmiljøvariabler som samvarierer i mer eller mindre sterk grad, og som gir opphav til variasjon i artssammensetning på relativt fin romlig skala og som har en virkning som vedvarer over relativt lang tid [typisk mer enn 100(–200) år]» (Halvorsen et al., 2016a; 2016b).

Disse variablene kan deles inn i to typer, miljøfaktor (LKMf) og miljøgradient (LKMg) (Halvorsen et al., 2016b). Begrepet klasse brukes om miljøfaktorer (mer eller mindre naturlig oppdelt variasjon i en miljøegenskap), mens begrepet trinn brukes om miljøgradient (mer eller mindre gradvis endring i en miljøegenskap) (Halvorsen et al., 2015). Totalt finnes det 57 ulike LKMer.

For kunne beregne hvor forskjellige naturesystemene er, det vil si den økologiske avstanden, bruker NiN en standardisert metode for å tallfeste graden av forskjell i artssammensetning.

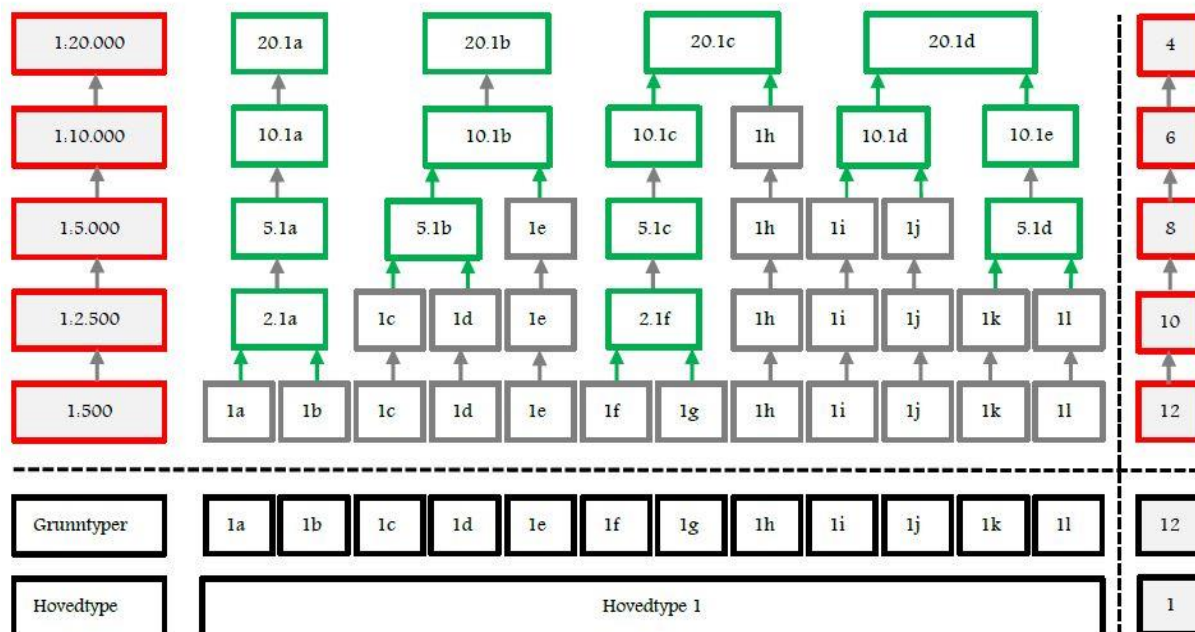
Denne metoden blir kalt generaliserte artslistedatasett, og er data tilrettelagt slik at estimatene for økologisk avstand er mest mulig sammenliknbare for ulike artsgrupper og natursystemer. Den økologiske avstanden beregnes via indeks som gir en verdi på grad av forskjell i artssammensetning mellom to observasjonsenheter (Halvorsen et al., 2015).

Den økologiske avstandsenheten (1 ØAE) som benyttes på natursystemnivået i NiN 2 svarer til en forskjell i artssammensetningen mellom to systemer på nær 25 %. 2 ØAE er grunnlag for inndelingen av hovedtyper gjennom bruk av kompleks hovedmiljøvariabel (hLKM) og spesiell lokal kompleks miljøvariabel (sLKM) (forklarer mer enn halvparten av variasjonen i artssammensetningen), mens lokal kompleks tilleggsmiljøvariabel (tLKM) forklarer mer variasjon i artssammensetningen enn 1 ØAE og brukes til å inndele grunntyper i tillegg til hLKM (Halvorsen et al., 2016a; 2016b). En oversikt over de ulike LKMene og forklaringen til disse er gitt i ordlisten.



Figur 5. Figuren viser hvordan forskjell i artsmengde for ti arter gir uttrykk for økologisk avstand langs en miljøvariabel. Den økologiske avstanden utgjør trinn/klassedelingen (Halvorsen et al., 2015).

I utgangspunktet er NiN tilpasset naturtypekartlegging i målestokk 1:500. Dermed vil all kartlegging i grovere målestokk skje ved at grunntyper sammenslås til færre kartleggingsenheter som vist i figur 6 (Halvorsen et al., 2016b). Sammenslåingen skjer på bakgrunn av kunnskapen om romlig variasjon i LKMene. De LKMene som varierer over korte avstander gir tidligere sammenslåing av kartleggingsenheter enn de som varierer over større avstander og som kanskje ikke slås sammen i det hele tatt (Bryn & Halvorsen, 2015).



Figur 6. Eksempel på sammenslåing av grunntyper innen en hovedtype, til kartleggingsenheter tilpasset ulike målestokker. Antallet grunntyper er visst i kolonnen lengst til høyre (Bryn & Halvorsen, 2015).

Den tredje dimensjonen kalles beskrivelsessystemet og utgjør sammen med typesystemet natursystemet i NiN. Beskrivelsessystemet inneholder variabler for å beskrive naturvariasjon og egenskaper som ikke blir tatt med på grunntypenivå (Halvorsen et al., 2015; 2016b). Dette omfatter LKMer som ikke tilfredsstillers kravet til variasjon i artssammensetning innenfor en hovedtype (2 ØAE) og mellom grunntyper (1 ØAE), men som tilfredsstillers definisjonen av underordnet lokal kompleks miljøvariabel (uLKM). Det vil si en forskjell i artssammensetning på økologisk avstand 0,5-1 ØAE. Denne delen av beskrivelsessystemet gir brukerne mulighet for å definere variasjon innenfor grunntypene som ikke er viktige nok til å gi opphav til egne grunntyper (Halvorsen et al., 2016b).

3.6. Drøfting av sentrale begreper i NiN

I loven om forvaltning av naturens mangfold også kjent som naturmangfoldloven defineres en naturtype som:

«ensartet type natur som omfatter alle levende organismer og de miljøfaktorene som virker der, eller spesielle typer naturforekomster som dammer, åkerholmer eller lignende, samt spesielle typer geologiske forekomster» (§3j).

En tolkning av dette naturtypebegrepet implementeres i type- og beskrivelsessystemet i NiN versjon 2. og er som følger:

«ensartet type natur som omfatter alle levende organismer som forekommer sammen på et gitt sted og miljøforholdene som virker der, samt natur med et ensartet preg forårsaket av systematiske mønstre i forekomsten av observerbare strukturer og elementer». Halvorsen et al., 2016a).

Av definisjonen følger det at NiN skal inneholde naturtypeinndelinger på flere naturmangfoldnivåer og et så fullstendig som mulig begrepsapparat for å beskrive norsk naturmangfold (Halvorsen et al., 2016a).

I det følgende gis en kort beskrivelse av hovedtypen breforland- og snøavsmeltingsområde slik det er beskrevet i artikkel 3 i NiN versjon 2 (Halvorsen et al., 2016b). For mer utfyllende beskrivelse av hovedtypen henvises det til nevnte litteratur.

- Breforland og snøavsmeltingsområde (T26):

Omfatter løsmassedekket fastmarksarealer som har smeltet fram etter lille istids maksimum. Halvorsen et al., 2016b viser til at jordsmonn tar lengre tid enn 200-300 år for å dannes slik at hovedtypen skiller seg ut fra historisk eldre natursystem-hovedtyper på jorddekt fastmark ved å mangle jordsmonn helt, eller ved at jordsmonnet høyst er noen få cm tykt, uten tydelig sjikt som ofte mangler høyt innhold av organisk materiale. Det er uvisst hvor lang tid breforlandet trenger for å utvikle jordsmonn- og andre økosystemegenskaper som ikke kan skilles fra hovedtyper på eldre jorddekt mark. Hovedtypen omfatter variasjoner langs LKMen langsom primær suksesjon (LA), fra naken mark til konsolideringsfasen, og går over i en annen hovedtype i ettersuksesjonstilstanden. Langsom primær suksesjon brukes om tilfeller der suksesjonsforløpet ikke fullføres i løpet av 100-200 år. Ellers brukes tilstandsvariabelen rask suksesjon. T26 gir opphav til 8 grunntyper.

Arealer som ikke er dekt av løsmasser i et breforland- og snøavsmeltingsområde kartlegges som nakent berg:

- Nakent berg (T1)

Omfatter arealer med fast fjell uten jorddekke. Nakent berg kan være vegetasjonsfritt men som regel finnes noe vegetasjon i form av mose og lav. Spredte karplanter kan også forekomme. Nakent berg omfatter variasjon fra fast fjell i dagen, tilnærmet uten helning via sva til loddrette eller overhengende bergflater. De viktigste kontinuerlige variasjonene

innen nakent berg er langs hLKMene (de lokale komplekse hovedmiljøvariablene) kalkinnhold, uttørkingseksponering og overrisling. T1 gir opphav til 85 grunntyper.

I tillegg vil jeg kartlegge et område under hovedtypen fastmarksskogsmark. Årsaken for dette diskuteres i diskusjonskapittelet:

- Fastmarksskogsmark (T4)

Omfatter alle fastmarsksarealer som tilfredstiller skogsmarkdefinisjonen (se utfyllende forklaring under) og som ikke påvirkes av flom (= flomskogsmark T30). Et område er også skogsmark dersom skogen er hogd, og det forventes at ny skog vokser opp igjen. T4 dekker størstedelen av landarealet under skoggrensene og inkluderer mange forskjellige typer skog. Uttørkingsfare og kalkinnhold er de viktigste kildene til variasjon (hLKM) innen T4, til sammen gir hovedtypen opphav til 20 grunntyper.

NiN har et sett med definisjoner en må følge i praktisk naturkartlegging, spesielt er skogsmarksbegrepet grundig drøftet i NiN i artikkel 1 kap. B3m (Halvorsen et al., 2016a) og vil bli kort redegjort for her:

- Skog:

Begrepet tresatt areal dekker betydningen skog som ble brukt i NiN 1, og omfatter sammenhengende områder med trær med en arealandel innen kroneperiferi (arealet som trekrona dekker (krondekning) uten hensyn til krontettheten) som er større enn 10%. Det tilsvarer en gjennomsnittlig avstand mellom nabotrærs stammesentre på 6 kroneradius (fig. 7) og er konsistent med den internasjonale skogdefinisjonen (FAO). Dette er en grei definisjon, også for bruk av flybildetolkning (Moen, 1998). Jeg har i denne oppgaven valgt å beholde definisjonen skog om tresatt areal, ettersom det er den etablerte ordbruken. Så med skog mener jeg altså tresatt areal etter NiN sin definisjon.

Begrepet skogsmark brukes derimot om arealer med grunnleggende skogsmarkegenskaper (jordprofil, jordfauna, bakkevegetasjon mykorrhizarelasjoner etc.) som bare utvikles på steder som over lang tid har vært tresatt. Definisjonen er innarbeidet for at hogstflater også skal bli klassifisert som skog selv om de mangler trær ved et gitt tidspunkt ettersom skogsmarkegenskapene fortsatt er tilstede. Hovedtypen fastmarksskogsmark (T4) følger skogsmarksdefinisjonen.

- Tre:

Vedplante med flerårig hovedstamme som er eller har potensiale til å bli mer enn 5 meter høy. Begrepet *lavt tre* inkluderes i begrepet *tre* ved at individer av arter som bare er (eller forventes å bli) minst 2 meter høy på grunn av vekstbegrensede forhold også benyttes. Dette så lenge de tilhører en art som under gunstige forhold kan nå 5 meters høyde.

Av praktiske hensyn har jeg i denne oppgaven valgt å definere en grense på >2 meters høyde for å kartlegge mark som skog (tresatt areal). Områder som tilfredsstillter skogdefinisjonen med, lave trær under 2 meter er derfor ikke kartlagt som skog selv om trærne forventes å bli over 2 meter høye. Skogen vest for Langgrødelvi har noen steder en høyde ned mot 2-3 meter, men nok til å bli registrert som tresatt areal. Det er bare mindre lommer av skog med trehøyde under dette. Trærne når sjelden over 5 meter på det meste, mens skogen øst for elven har en gjennomsnittlig øverste kronesjikt >8 meter.

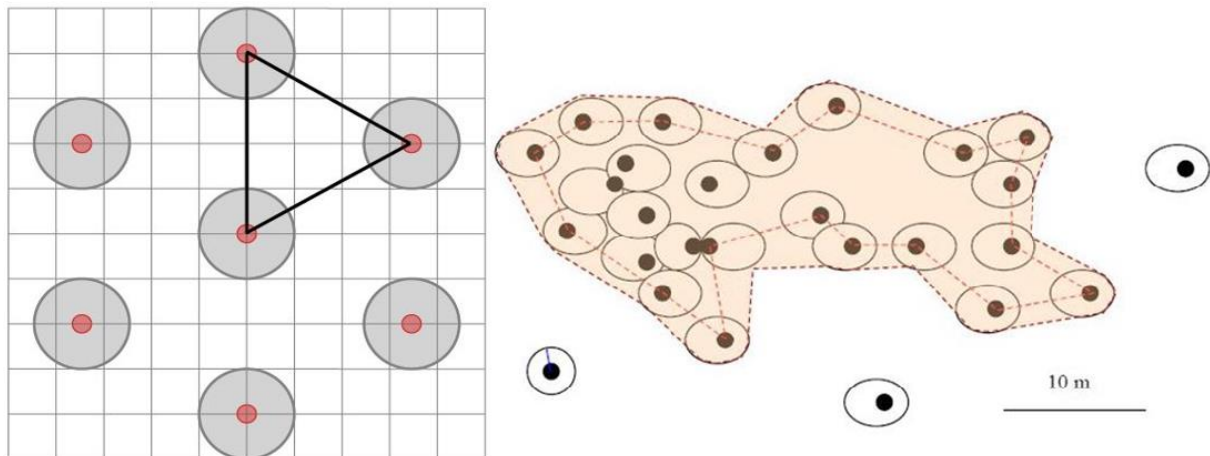
- Busk:

Vedplante med flerårig hovedstamme, mellom 80 og 2 m høy. Brukes også om individer opp til 5 meter høye dersom de tilhører en art som normalt ikke når en høyde på 5 meter, selv under gunstige voksestedsforhold.

Disse definisjonene er også gjeldende for enkeltvariabler innen artssammensetningen som adresserer fordelingen av markvegetasjonen ved hjelp av beskrivelsessystemet (Halvorsen et al., 2016b). De fire viktigste her er:

«**tresjikt** ('den delen av artssammensetningen som utgjøres av trær'), **busksjikt** ('den delen av artssammensetningen som utgjøres av busker'), **feltsjikt** ('den delen av artssammensetningen som består av karplanter som ikke tilfredsstillter definisjonen av busk eller tre') og **bunnsjikt** ('den delen av artssammensetningen som utgjøres av moser og lav')» (Halvorsen et al., 2016b: 59).

I følge denne definisjonen vil et tre på under 2 meter tilhøre tresjiktet siden den har potensiale til å bli minst 5 meter. En vierart over 2 meter tilhøre busksjiktet når den ikke kan nå 5 meter (selv under gunstige voksesteder).



Figur 7. Til venstre illustrasjon av hvordan tretetthet kan uttrykkes som arealandel innenfor kroneperiferi målt i kroneradius enheter. Avstand mellom stammesentre er lik 4 kroneradius enheter og 22,7% av arealet er innenfor den avgrensede trekanten. Rød prikk = trestamme, grå sirkel om rød prikk = kroneperiferi. Til høyre avgrensning av tresatt areal innen fargelagt område. Alternativt kunne det ha vært definert ved å trekke linjer mellom stammesentre. Trær er visst som svarte prikker, kroneperiferi som svart ellipse. Treet nederst til venstre viser kronradius (blå linje) (Halvorsen et al., 2016b).

Et stort antall skoggrensedefinisjoner er i bruk, sannsynligvis langt høyere enn antall skogdefinisjoner, noe som ikke gjør det enkelt å komme med en presis definisjon (Halvorsen et al., 2016a). I NiN baseres begrepet skoggrense på definisjonen av tresatt areal og skiller mellom to ulike typer skoggrenser. En *faktisk skoggrense*, som er en linje som går mellom de øverste utpostene for skog, og en *teoretisk skoggrense* som kan defineres på mange ulike måter (Halvorsen et al., 2016a). Den faktiske skoggrensen kalles også for den empiriske skoggrensen (Bryn, 2006; Halvorsen et al., 2016a).

For andre kilder til variasjon enn LKM, som på natursystemnivået er relevante for beskrivelse av naturvariasjon, er det utarbeidet et semi-standardisert beskrivelsessystem med variabler beskrevet i listeform. Totalt inneholder beskrivelsessystemet ni ulike kilder til variasjon som er delt inn i variabler på opptil fire ulike nivåer. For at klasse- eller trinndeling skal være mest mulig praktisk, registreres hver variabel på en spesifisert måleskala og legger opp til å bruke innarbeidete kategoriseringer når slike finnes (Halvorsen et al., 2016b). Nedenfor følger en kort beskrivelse av noen av disse kildene med de viktigste variablene slik de er fremsatt av Halvorsen et al., 2016b i NiN 2:

Artssammensetning (D1)

Omfatter alle arter som lever sammen innenfor et gitt område. Beskrives ved å angi hvilke arter som forekommer og eventuelt også deres mengde. Består av tre flerdimensjonale variabler på nivå 1: Enkeltartssammensetning (1AE) artsgruppesammensetning (1AG) og relativ-del artsgruppesammensetning (1AR). En oversikt over alle variablene i D1 gis i vedlegg 1.

Enkeltartssammensetning (1AE) beskriver mengde av enkeltarter, eller takson, innen tre funksjonelle artsgrupper som igjen er flerdimensjonale. Av disse er det mark- og bunnlevende arter (1AE-MB), det vil si arter med så lav mobilitet at man kan tallfeste mengden innen en arealenhet/egenskapsområde, som er relevant for denne studien.

Variabelen *artsgruppesammensetning* (1AG) angir sjiktdekningen fordelt på blant annet tre, busk, felt- og bunnsjikt. Dekning defineres som vertikalprojeksjonen av levende biomasse. For tre- og busksjikt regnes prosentandelen av markarealet som ligger innenfor træs eller buskers kroneperiferi. For øvrige sjikt regnes åpninger i bladmassen ikke med i dekingen.

Dominans av ulike artsgrupper inngår i den flerdimensjonale variabelen *relativ del-artsgruppesammensetning* (1AR). Variabelen adresserer andelen av den totale deking (eller biomasseandel for mobile arter) innen forhåndskategoriserte artsgrupper, der hver artsgruppe er en flerdimensjonal variabel med flere enkeltvariabler som utgjør del-artsgruppene. Dominans registreres innen hver av de ulike sjiktingene; tre, busk, felt og bunnsjikt. Barskog og boreal løvskog er eksempel på del-artsgrupper under artsgruppen tresjikt som kan dominere i skogsmark.

Naturgitte objekter (D4)

Fysisk observerbare og romlig avgrensede elementer som består helt eller mest av umodifiserte livsmedier, og som ikke inngår i natursystemets vanlige bunn- eller marksystem, registreres som naturgitte objekter. Inkluderer seks objektgrupper som påviselig bidrar til økt artsmangfold. De seks gruppene er organisert som flerdimensjonale variabler på nivå 1 som består av enkeltvariabler for hver objektenhet. Disse er: stående død ved/gadder (4DG), liggende død ved/læger (4DL), rotvelt (4RV), gammelt tre (4TG), tre med spesielt livsmedium (4TL) og trestørrelse (4TS).

For en mer utdypende beskrivelse av dødved-variablene og hvilke definisjoner som nyttes for gadd, læger og rotvelt, henvises det til vedlegg 6 i Halvorsen et al. (2016b).

Menneskeskapte objekter (D5)

Fysisk observerbare gjenstander som er et resultat av menneskers virksomhet registreres som menneskeskapte objekter. Dette er objekter som består helt eller for det meste av sterkt modifiserte eller syntetiske livsmedier. Menneskeskapte objekter kan registreres i et vidt spekter av romlig størrelse, fra mindre hensatte gjenstander som bilvrak, til bygninger og kulturpåvirkede områder som golfbaner.

I NiN skal menneskeskapte objekter i størst mulig grad gjenbruke sektorers standardiserte inndelinger, så lenge disse ikke strider mot NiNs grunnprinsipp om verdinøytralitet. Fire flerdimensjonale variabler på nivå 1 beskriver menneskeskapte objekter, hvorav flere igjen er flerdimensjonale, delt inn i enkeltvariabler på 2 eller 3 nivå. Disse fire er arealbruk (5AB), bygningstyper (5BY), kulturminner (5KU) og annen løs gjenstand (5XG). En fullstendig oversikt over alle variablene er gitt i vedlegg 2.

Tilstandsvariasjon (D7).

Omfatter variasjon i miljøforhold som gir mønstre som er observerbare i et relativt kort tidsrom, vanligvis mindre enn 100(-200) år). Tilstandsvariasjon endrer ikke det aktuelle systemets grunnleggende egenskaper men kommer til uttrykk som tydelige endringer i artssammensetning, som en effekt av en påvirkning. Variablene som beskriver denne miljøvariasjonen og variasjon i artssammensetning kalles tilstandsvariabler.

Tilsammen 16 flerdimensjonale variabler på nivå 1 er beskrevet. Mange av disse er suksesjonsgradienter som gir uttrykk for endringen i artssammensetningen, som følge av menneskebettinget inngrep eller en plutselig naturlig, forstyrrelse. Dette gjelder for de sentrale tilstandsvariablene Jord-bruk (7JB) og Skog-bruk (7SB), som på nivå 2 blant annet adresserer enkeltvariabelen beitetrykk (7JB-BT) og hogststubbeandel (7SB-HS). Se vedlegg 3 for en fullstendig oversikt over tilstandsvariablene.

Romlig strukturvariasjon (D9).

Inneholder variabler som beskriver et område sine strukturegenskaper. Observerbare arealegenskaper, slik som størrelse og omkrets og vertikal samfunnsstruktur som sjikting er eksempler på hva som blir adressert. Beskrives ved bruk av 5 enkeltvariabler, herunder tresjiktstruktur (9TS), det vil si antall veldefinerte vertikale kronesjikt pr storriteenhet. Et veldefinert kronesjikt er i beskrivelsessystemet beskrevet som «[...] *et høydeintervall over bakken som inneholder vesentlig flere trær enn tilgrensede høydeintervaller*» (Halvorsen et al., 2016b). Oversikt over romlige strukturvariabler er gitt i vedlegg 5.

3.7. Utvalgte planter

En kartlegging av utbredelsen og størrelsesordenen til fire plantearter er gjort i felt, og nedenfor følger en beskrivelse for hver av disse artene. I metodekapittelet (4.5) grunngis utvelgelsen av disse plantene.

Bergfrue

Bergfrue *Saxifraga cotyledon* er en flerårig fjellplante i sildrefamilien, 15-50 centimeter høy (Lid & Lid, 2005). På grunn av sin skjønnhet er bergfruen en av våre mest kjente planter, der den danner tette bladrosetter med tungeformete, tykke blader opp til 10 centimeter i diameter (Lagerberg & Holmboe, 1938). Bergfruen har sin hovedutbredelse i Norge. I Alpene er den mindre vanlig og finnes bare på surt berg, fordi den taper i konkurranse mot mer kalkkrevende planter. I Norge derimot trives den derimot godt på sprekker i kalkholdig skiferberg og lignende



Figur 8. Bergfrue *Saxifraga cotyledon*.

(Fægri, 1958).

Bergfruen vokser spesielt i bergsprekker og på bergavsatser, i områder med god tilgang på vann. Den har en vidstrakt utbredelse og mangler bare i de laveste delene av Sør- og Østlandet samt i den nordligste og østligste del av Finnmark (Lagerberg & Holmboe, 1938).

I 1935 ble bergfruen kåret til Norges nasjonalplante anført av professor Rolf Nordhagen og førstekonservator Johannes Lid (Sunding, 2001). Planten står som noe av det vakreste norsk flora har å by på, noe som kommer til uttrykk i en rekke navn den har fått som bergabur, fjellfrue, fjellrose, venegut og lilja (Lagerberg & Holmboe, 1938).

Fjellkvann

Kvann *Angelica archangelica* er en flerårig art i skjermplantefamilien (Lid & Lid, 2005). Kvannen har hatt mange bruksområder gjennom tidene, både som mat, snop, medisin og tobakk (Lagerberg & Holmboe, 1940; Fægri, 1960). Allerede før år 1000 var kvann brukt som handelsvare. De var og så viktig at kongen kunne kjøpe det, noe vi kjenner til fra sagaen om Olav Trygvason, dronning Tyra og kvannstilken (Fægri, 1960). I tidligere tider har kvannen vært sterkt utnyttet, noe vi har vitnesbyrd om i forskjellige stedsnavn, som Kvanndalen (Fægri, 1960).

Kvanngard er en av de eldste kjente arealkategoriene for foredling av kulturplanter vi har sammen med laukgard. Først i landloven i slutten av 1200-årene nevnes andre kulturplanter (Fægri, 1960). Nå er det lite igjen av kvanngardene, men på Voss finnes det fortsatt noen og her kalles kvanntypen vossakvann. Vossakvann er forskjellig fra den viltvoksende kvanntypen, bladstilken er mer massiv og gir større utbytte samtidig som den er mye finere på smak og mindre besk (Fægri, 1960).



Figur 9. Fjellkvann *Angelica archangelica* ssp. *Archangelica* (Kristinsson, 2009).

I Norge har vi to underarter av kvann: Fjellkvann *Angelica archangelica* ssp. *archangelica* og strandkvann *Angelica archangelica* ssp. *litoralis* (Lid & Lid, 2005). Som navnet tilsier vokser de henholdsvis i fjellet og langs kysten over det meste av Norge. Strandkvannen blir sjelden meterhøy og har mer bitter smak enn fjellkvannen som kan bli over en meter høy (Fægri, 1960). Fjellkvannen vokser på steder i fjellet med frisk fuktighet, ofte langs bekker eller i vierkratt, og stilken kan bli tykk som en mannsarm (Fægri, 1960). Det er denne underarten som har blitt kartlagt i mitt feltområde.

Søterot

Søterot *Gentiana purpurea* i søterotfamilien er en flerårig fjellplante som kan bli opptil 60 centimeter høy (Lagerberg & Holmboe, 1940). Bladene er store og buede med en serie parallelle, like sterke nerver som løper fra stilk til spiss. Denne nervetypen er uvanlig å finne hos tofrøbladete, og kan ikke forveksles med noen andre planter i vår flora – bortsett fra nyserot *Veratum album*, som bare finnes i Finnmark (Fægri, 1960). Bladene er så karakteriske at man lett kjenner igjen planten selv om den ikke blomstrer, noe som var til stor nytte under registreringen i felt. Blomstene skiller seg også ut ved at de er mørkt brunrød og nesten alltid lukket, selv i fint vær.

Søterot har sin hovedutbredelse i mellomeuropeiske fjellområder. I Norge finnes den i fjellet i Sør-Norge, fra Vest-Agder til Sør-Trøndelag, men ikke i Nord-Norge eller Sverige (Lagerberg & Holmboe, 1940; Fægri, 1960). I Odda er den funnet opp til 1360 meters høyde (Lid & Lid, 2005). Den er vanlig i kalkfattige områder i bjørkeskog, vierkratt, beitemark (Lid & Lid, 2005) og enger med hevdpreg (Bratli et al., 2016).



Figur 10. Søterot *Gentiana purpurea* (Ford & de Vere, 2011).

Røttene til søterot har vært ettertraktet på grunn av dens medisinske egenskaper, og planten har følgelig blitt hardt beskattet og utryddet mange steder (Lagerberg & Holmboe, 1940). Røttene inneholder store mengder bitterstoffer, og det var vanlig at søterot ble tilsatt brennevin. Bruken av «søte» i navnet er sannsynligvis brukt for å ikke krenke vesener man trodde levde i planten som man ønsket hjelp fra (Fægri, 1960).

Tidligere var søterot en eksportartikkel og en inntektskilde til fjellbygdene, og sammen med kvann tilhører den nok de mest berømte medisinplantene i Norges flora (Fægri, 1960).

Hvitsoleie

Hvitsoleie *Ranunculus platanifolius* i soleiefamilien er nok den minst kjente av de utvalgte plantene. Den er flerårig og høyvokst (50-150 cm), med store, håndflikete blad (Lid & Lid, 2005).



Figur 11. Hvitsoleie *Ranunculus platanifolius* (Schachner, 2005).

Hvitsoleie vokser i høgstaudeeng og skog og er mest vanlig i fjellet (Lid & Lid, 2005), men kan også gå et stykke ned i lavlandet, spesielt langs bekker og skyggefulle dalsider (Fægri, 1958). Den er nokså vanlig i Sør-Norge fra Akershus til Vestfold, Telemark og Agderfylkene og nord til Grane i Nordland, oftest på noe baserik grunn. Den er funnet til 1390 meters høyde i Odda (Lid & Lid, 2005).

4. Kilder og metoder

Her presenteres metodene som er brukt i oppgaven. I felt er GPS, storruteanalyse, punktkartlegging av enkeltarter, intervju og naturtypekartlegging brukt for innsamling av data. Geografiske informasjonssystemer (GIS), Paint og Adobe Illustrator er brukt i databehandlingen av felldataene. I tillegg er flybilder, historiske bilder, klima- og bredata analysert.

4.1. Klimadata

Klimadata er generert fra Meteorologisk institutt sin database (eKlima) og brukt til å produsere måleserier (fig. 14 og 15). To typer trendlinjer er brukt. Polynomial trendlinje (order 4) og glidende gjennomsnitt (moving average). Julitemperatur er valgt fordi dette gjør sammenligning med andre studier lettere (Lundberg ved pers. med.). Videre er den klimatiske skoggrensen bestemt av sommertemperatur og vekstsesong, og det er god sammenheng mellom sommertemperatur og skoggrensen (Löffler et al., 2004; Rössler et al., 2008; Bryn, 2009) og grensene for vegetasjonssone og julitemperatur (Moen, 1998). Til slutt er sommertemperaturen den avgjørende faktoren for hvor mye masse breen mister (ablasjon) (Nesje, 2012).

Nedbør ser ikke ut til å være en viktig faktor for skoggrensefluktasjoner (Bryn, 2009) og jeg har derfor fokusert på temperatur. Hensikten med klimadataene er å se om gjennomsnittlig julitemperatur har økt som følge av klimaendringer. Klimadata fra to målestasjoner er brukt:

Midtlæger (46510) i Odda kommune har temperaturdata fra 1967-1969 og 1974-2013. Målestasjonen ligger ved Haukelifjell, 1079 m.o.h. (59°50'25"N; 6°58'57"E), 37 km sørøst for feltområdet. Målestasjonen har temperaturserie for juli måned fra 1967 til 2014, med unntak av årene 1970-1974.

Det er ønskelig med klimadata som går lenger tilbake i tid for å kunne se på klimautviklingen i et lengre perspektiv. Dessuten er det en tidsforskyving, eller en forsinkelseseffekt, fra klimaet endrer seg og til vegetasjonen responderer på denne endringen. Endringen vil variere mellom ulike regioner og arter (Walther et al., 2002; Holtmeier & Broll, 2005). En slik forsinket respons i forhold til endring i klimaet finnes også for breer (Nesje, 2012). Det er derfor produsert en måleserie basert på klimadata fra Bergen. Denne måleserien er kombinert mellom to målestasjoner for å forlenge tidsspennet til datasettet. Bergen-Fredriksberg 41 m.o.h. (60°23'47"N 5°18'32"E) har måleserie fra 1904 til 1985 og Bergen-Florida 12 m.o.h. (60°22'59"N 5°19'58"E) overlapper med måleserie fra 1949 til i dag. Både temperatur og

nedbørsdata fra disse stasjonene korrelerer svært godt med hverandre (Penniston & Lundberg, 2014). Målestasjonene ligger 72 km nordvest for feltområdet.

Klimadata fra Midtlæger og Bergen er valgt da det ikke finnes lang nok sammenhengende måleserie for temperatur nær feltområdet. Selv om avstanden er større enn ønskelig, kan man regne med at temperaturdataene er dekkende for feltområdet også.

4.2. Bredata

Breer kan sies å være en klimaindikator da de er sensitive for klimaendringer (NVE, 2016). De er derfor en viktig kilde til hvordan klimaet har variert opp gjennom historien (Nussbaumer et al., 2011). Variasjonen i brefronten er en tilpassing til endringer i akkumulasjon (vinternedbør) og ablasjon (sommertemperatur) og er den delen av breen som viser størst reaksjon på endring i massebalansen. Større platåbreer vil reagere på de mer langvarige klimavariasjonene. Korte, bratte breutløpere reagerer på mer høyfrekvente klimaendringer (Nesje, 2012). Buerbreen kan derfor ventes å reagere mer på svingninger i klimafluktasjoner de siste 115 år, enn for eksempel Hardangerjøkulen

I et breforland er dessuten artsfordelingen et resultat av interaksjon mellom tid (siden underlaget/substratet ble blottlagt) og andre faktorer som klima og jordsmonnutvikling (Elven, 1978). En analyse av regresjonsforløpet til Buerbreen er derfor også viktig for en større forståelse av artsfordelingen i feltområdet.

Det har vært måling av brefrontposisjonen til Buerbreen gjennom flere perioder, og av ulike aktører siden den første systematiske observasjonen av fronten startet i år 1900. Norges Vassdrag- og Energidirektorat (NVE) har samlet disse målingene i et datasett som jeg har fått tilgang på. Datasettet i excelformat er så blitt analysert, og brukt til å lage en figur over frontposisjonsendringer fra 1900-2015. Det har vært enkelte år hvor det ikke finnes data og perioden for disse årene blir vist som stiplet linje.

4.3. Historiske bilder

Spesielt for Buerbreen er det mange historiske bildene tilgjengelig. Fra 1869 fram til de systematiske målingene av breen startet i 1900 ble Buerbreen avbildet nesten årlig av ulike fotografer, først og fremst av landskapsfotografen Knud Knudsen (1832-1915) som var blant de første i Norge til å fotografere isbreer (Nussbaumer et al., 2011), og selv kom fra Odda.

Analyse av slike historiske bilder er nyttig for å kunne fastslå Buerbrens maksimale utstrekning under LIA (Nussbaumer et al., 2011), og dermed også feltområdets avgrensning.

Bildene danner sammen med bredata en viktig kilde til det påfølgende regresjonsforløpet som igjen er viktig for å forstå hastigheten og retningen på vegetasjonsutviklingen og suksesjonen i feltområdet. For å snu på geologen Charles Lyell berømte sitat «*the present is the key to the past*» så ligger nøkkelen til å forstå dagens situasjon i fortiden. Metoden avdekker informasjon som er relevant for tilstandsanalysen, naturtypekartleggingen og kan også si noe om arealbruken i tidligere tider.

Gjennom universitetets database har jeg tilgang til historiske foto fra universitetsbiblioteket sin spesialsamling MARCUS med over 50.000 digitaliserte bilder. Det meste av bildene fra feltområdet viser Buerbreen fra andre halvdel av 1800-tallet mens det er mangel på gode bilder av breen fra 1900-tallet. Jeg har derfor også studert et foto fra 1931 fra Norsk Vasskraft- og Industristadmuseum. Årstallene må ses på som veiledende da det sjeldent er påtrykt tidspunkt for eldre fotografier. Dato på bildene til universitetsbiblioteket i Bergen sine samlinger gjerne har et spenn på 10-15 år (Heisenberg ved pers. med.). Det gjelder også for bildene jeg har analysert.

Utvalget er begrenset ved at ikke alle bildene viser det jeg er interessert i, og noen har for dårlig kvalitet til å bli analysert, men Knud Knudsen tok et bilde datert til 1870/1871 få år før Buerbreens LIA (fig. 17). En bildesekvens av Buerbreen i Nussbaumer et al., (2011) illustrerer ellers godt brefrontfluktasjonene i andre halvdel av det 19 århundre.

Bildene er digitale og analysert på pc, og breens posisjon under LIA er sjekket opp mot referansepunkter i dagens flybilder. Her har 3D analyse fra norgebilder.no vært et nyttig verktøy og jeg har kunnet justere vinklene på flybilde fra 2013 opp mot de historiske bildene. Geografisk informasjon av breens posisjon ved LIA blitt overført til GIS. Dette har vært et nødvendig supplement til kartleggingen i felt (GPS-tracking av randmorenen), Bjellands rekonstruksjon og flybildetolkning for å finne Buerbreens LIA.

4.4. Flybilder og flybildetolkning

Flybildetolkning er en metode som bruker flybilder som kilde. Ved god nok målestokk vil man gjennom flybildetolkning få informasjon om vegetasjon og annet landdekke og det er derfor en velegnet metode for kartlegging og overvåkning av landskapsendringer (Lundberg, 2005).

Flybilder

Ved flybildetolkning vil flybildetype og kvalitet være avgjørende for hvilke naturtyper den kan være til nytte for avgrensning av. Stor lyskontrast, fargevrenging og lav oppløsning er forhold

gjør flybildet tilnærmet ubrukelig til tolkning av naturtypetilhørighet (Bryn & Halvorsen, 2015). Videre peker Bryn & Halvorsen (2015) på at fotodato bør være juli og august, men juni og september aksepteres i lavlandet i Sør-Norge.

For flybildetolkning av aktuell vegetasjon, samt til overvåking av vegetasjonsendringer har infrarøde flybilder vist seg å være mest nyttig (Ihse, 2007). Infrarøde flybilder egner seg spesielt godt til å skille mellom barskog og løvskog, levende og død vegetasjon og mellom substrat og vegetasjon (Ihse, 2007). Når jeg likevel har brukt fargeflybilder ikke infrarøde flybilder, til flybildetolkningen av naturtypene er det fordi infrarøde flybilder av feltområdet mitt ikke var tilgjengelig (www.norgeibilder.no).

Oppløsningen i flybildene avhenger av hvilke standarder der er inndelt i (Kartverket, u.å.). Omløpsfotograferingen ortofoto 50, som skal dekke hele landet har en bakkeoppløsning på 50, 40 eller 25 cm. Fra 2012 gjelder bare 25 cm bakkeoppløsning. Ortofoto 20 dekker først og fremst jordbruksområder og annen tett- og spredt bebyggelse. Vanligvis er bakkeoppløsningen her på 20 cm. Ortofoto 10 dekker normalt områder med behov for stor stedfestingsnøyaktighet og høy oppløsning, som byområder og bakkeoppløsningen varierer fra 4-15 cm (Kartverket, u.å.).

Gjennom Statens kartverk ble det bestilt flybilder av feltområdet som ble skannet og tilsendt meg den 10.02.2016 i tif (Tagged Image File) format. Begge er i svart hvitt og i målestokk 1:30 000 med en brennvidde på 15 cm.

- 1) Flybildet fra 1981 har en bakkeoppløsning ca. 32 cm og fotodato den 8 august. Flybildet er mørkt i skyggepartiene og har dårlig kontrast, men det løses greit i de fleste tilfellene ved at jeg har fire flyfoto over området tatt fra forskjellige vinkler.
- 2) Flybildet fra 1997 har også en bakkeoppløsning ca. 32 cm og fotodato den 7 august. Flybildet er noe mørkt i skyggepartiene, men har grei nok kontrast for formålet.

Nyere flybilder av feltområdet er tilgjengelig via NorgeDigitalt (2017) som tilbyr målestokkriktige kart (ortofoto) for hele landet og kan lastes ned fra norgeibilder.no. Norgeibilder.no er en stor database med kartdata, levert av kartverket. Nettsiden gir også informasjon om hvilke flyfoto som er tilgjengelig, type flyfoto, oppløsning, flyfotoseriens alder og andre metadata som beskriver flyfotoene (Bryn & Halvorsen, 2015).

Norge i bilder har tre fotoserier for mitt feltområde, alle i fargebilder:

- 3) Vestlandet nord 2006 har en bakkeoppløsning på 50 cm og fotodato den 19 juli. I tillegg til lav oppløsning er flyfotoet for lyst i de soleksponerte delene, noe for mørkt i skyggesidene og mangler kontrast til å være et godt hjelpemiddel i flybildetolkningen.
- 4) Odda 2010 har en bakkeoppløsning på 10 cm og fotodato den 5 september. Flyfotoet er velegnet for typetolkning og grensesetting i de soleksponerte delene men for mørkt i skyggesidene.
- 5) Hardangervidda 2013 har en bakkeoppløsning på 25 cm og fotodato den 27 september. Fotodato er usikkert da vegetasjonen fortsatt er grønn og ikke viser noe tegn til høst, selv i høyfjellet, noe en skulle forvente ut fra datoen. Flyfotoet kan brukes til typetolkning og grensesetting i de soleksponerte delene men oppløsningen oppleves som for lav en del steder. Også her er flyfotoet for mørkt i skyggesidene.

Flybildetolkning

En sammenligning av eldre og nyere flybilder kan avdekke hvilke vegetasjonsendringer som har skjedd i breforlandet i tidsrommet siden 1981. Dette svarer til problemstilling 1. Fokuset vil her være på skogen, som er lettest å skille fra andre vegetasjonstyper i feltområdet. Flybildene fra 1981, 1997 og 2013 er blitt tolket i denne sammenhengen. Flybildene har en kronologisk rekkefølge med 16 års mellomrom og passer derfor fint til å studere vegetasjonsendringen.

Jeg vil også bruke flybildetolkning ved naturtypekartegging med NiN versjon 2. Tolkning av både 2- og 3D-flyfoto er brukt i prosessen både til forarbeid (skaffe overblikk, planlegge fremdrift til feltarbeid) og kontroll (kvalitetssikring). 3D-analysen er gjort via norgebilder.no med flybildet fra 2013. NiN legger opp til kartlegging skal skje i felt, men flybildetolkning kan også brukes for lett gjenkjennelige naturtyper (Bryn & Halvorsen 2015). Dette har blitt gjort for hovedtypen nakent berg (T1) og snø- og isdekt fastmark (I1). I tillegg er flybildetolkning blitt anvendt for områder som er utilgjengelig i felt (se punkt 4.5) samt for noen andre polygoner det ikke har vært tid til å fotgå i felt. Det var nødvendig da feltområdet mitt er bratt og heterogent, noe som gir lav fremdrift gjennom naturtypekartlegging (Bryn & Halvorsen, 2015).

Flybilder er også brukt under digitalisering av naturtypene etter felt. Hardangervidda 2013 er brukt som bakgrunnslag i ArcGIS, med Odda 2010 som referansefoto i norgebilder.no, der oppløsningen på flybildet fra 2013 ikke strekker til. Flybildet fra 2006 har dårligst oppløsning og er bare brukt til kvalitetssikring i enkelte tilfeller.

Jeg har i hovedsak anvendt flybildetolkning av to flybilder fra henholdsvis 1981 og 2013, for å se om det har skjedd en forflytting av tre- og skoggrensen med høyden. Mest vekt er lagt på flybildet fra 1981 siden flybildet fra 2013 er supplert egne observasjoner (GPS-kartlegging) i felt.

4.5. NiN-metodikken

NiN 2 sin metodikk er benyttet for flere metoder. Naturtypekartleggingen er gjort med typeinndelingen, den andre dimensjonen i NiN. Storruteanalysen, som kan si noe om tilstanden til skogen, er gjort med ulike kilder til variasjon i beskrivelsessystemet, den tredje dimensjonen i NiN. I tillegg er spor etter arealbruk og utvalgte planter registrert under andre kilder til variasjon med beskrivelsessystemet. I det følgende er disse metodene beskrevet enkeltvis.

Naturtypekartlegging

For naturtypekartleggingen har NiN kommet med en veileder for terrestrisk kartlegging knyttet opp mot NiN 2 (Bryn & Halvorsen, 2015). Paragraf 1 i kartleggingsveilederen viser til at all naturtypekartlegging i NiN skal foregå etter en av følgende målestokker: 1:500, 1:2500, 1:5000, 1:10000 og 1:20000.

Målestokken 1:5000 er valgt på bakgrunn av at dette er den anbefalte målestokken for normal kartlegging etter NiN, slik det er stadfestet i paragraf 2 i kartleggingsveilederen (Bryn & Halvorsen, 2015). Det er også laget en egen kartleggingsveileder i målestokk 1:5000 for terrestrisk naturvariasjon (Bratli et al., 2016) som jeg har kunne følge i arbeidet med å klassifisere naturtypene i felt. Minstearealet for polygoner i målestokk 1:5000 er 250 m² (Bryn & Halvorsen, 2015). Dermed vil polygoner mindre enn dette ikke bli skilt ut som egen naturtype. Vann gjelder ikke som grense, så en øy med skog kan kartlegges som en del av tilgrensende område med skog, selv om den er under 250m² (Bryn & Halvorsen, 2015).

I feltområdet har det vært kartleggingsenheter jeg ikke har kunne oppsøke fysisk, noe som i utgangspunktet er et krav i kartleggingen med NiN. Unntak for denne bestemmelsen kan gjøres der områdene er fysisk utilgjengelig eller kartleggeren utsetter seg for fare ved å oppsøke de (Bryn & Halvorsen, 2015). I mitt tilfelle gjelder det naturtypene sør for Buerelvi der man må forsere klipper for å komme til og er utsatt for overliggende ras, I tillegg gjelder det områdene mellom Øvre og Nedre Buerbreen, der elven fra Øvre Buerbreen utgjør en barriere som ikke har vært mulig å krysse. Områdene sør for Buerelvi har jeg kunne observere i felt. Her har egne bilder vært til nytte i naturtypekartleggingen i stedet for flybildetolkning, ettersom dette området ligge i skygge som blir for mørke på flybildene til å brukes som kilde.

I følge NiN sin kartleggingsveileder bør avgrensning av polygongrenser ved å fotgå disse ikke forekomme, av den grunn at NiN legger opp til digitalisering i felt med flyfoto som bakgrunn. Det har dog ikke vært økonomisk mulig fordi det krever feltbrett eller felt-pc og disse er kostbare i både innkjøp og drift (Bryn & Halvorsen, 2015). All digitalisering har blitt gjort i ettertid på instituttets stasjonære PC gjennom ArcGIS med flyfoto fra Norge Digitalt 2013 som bakgrunn.

Naturtypekartleggingen er konsentrert innen hovedtypene fastmarksskogsmark (T4) og breforland- og snøavsmeltingsområde (T26). Hovedtypen snø- og isdekt fastmark (I1) er tatt med for å vise dagens utbredelse til Buerbreen. Jeg har fokusert på hovedtypene med vegetasjon og kartlagt disse ned til grunntype i den aktuelle målestokken. Jeg har derfor ikke skilt mellom grunntyper av nakent berg (T1), noe som dessuten ville blitt for tidkrevende da det er inndelt i 12 grunntyper for målestokk 1:5000 (Bratli et al., 2016) og dekker store arealer av feltområdet.

Breforland- og snøavsmeltingsområde har en grunntype T26-C-1 (fjellhei-initialer) som også omfatter skogsmarkinitialer under skoggrensen (Bratli et al., 2016; Halvorsen et al., 2016b). Siden jeg ønsker å kartlegge områder med tresatt areal i feltområdet har jeg valgt å dele denne grunntypen i to: Områder med skoginitialer, som tilfredstiller definisjonen av tresatt areal (T26-C-1-S), og områder med fjellhei-initialer (T26-C-1-F). Det er altså et viktig skille mellom naturtyper av T4 som følger skogsmarkdefinisjonen og T26-C-1-S som ikke tilfredsstiller denne definisjonen men, som jeg har valgt å følge på bakgrunn av definisjonen tresatt areal.

I tillegg er edelløvskog kartlagt som egen enhet ved med D1 Artssammensetning i beskrivelsessystemet. Med bakgrunn i variabelen relativ tresjiktsdominans (1AR-A-0) kan man oppdele polygoner for hver av de fire treslagsgruppene bar-edel-løv og vierskog. Jeg har tatt utgangspunkt i en dominans på >50% andel av edelløvtrær for å kunne kartlegge en skog som edelløvskog (tilsvarer verdi 2 i NiN 2).

Storruteanalyse

For å få et mål på tilstanden til skogen har jeg foretatt storruteanalyse på fire ulike steder i feltområdet. I tillegg er en analyse gjort i skogen like utenfor feltområdet (vedlegg 6). En storrute er på ett dekar (31,6 x 31,6 m). Den ble målt opp med målebånd og hver av de fire hjørnene markert med punktfunksjonen på GPS. Tilstanden ble undersøkt med ulike kilder i beskrivelsessystemet. For mer inngående beskrivelse av kildene og dens variabler henvises det til Artikkel 3 i NiN 2 (Halvorsen et al., 2016b).

Følgende variabler ble undersøkt i storruteanalysen:

D1 Artssammensetning: Variablene artsgruppesammensetning (1AG) og relativ-del artsgruppesammensetning (1AR) på nivå 1 er undersøkt.

Under 1AG er totaldekningen fordelt på tresjikt (1AG-A-0 eller 1AG-A-V for vekstreduserte trær), busksjikt (1AG-B), feltsjikt (1AG-C) og bunnsjikt (1AG-D) registrert. Alle er enkeltvariabler på andre nivå unntatt 1AG-A-0 som er enkeltvariabelen total tresjiktdeknning på tredje nivå. Disse er angitt på A9 måleskalaen (fig. 12).

Sjiktdekningene er undersøkt fordi de er blant de viktigste faktorene for artssammensetningen i undervegetasjonen. Tett sjiktning hindrer lys i å nå bakken mens gjennomfallende nedbør reduseres. I tillegg tilføres marka strømengder og påvirker bunnvegetasjonen der (Halvorsen et al., 2016b).

For 1AR er dominans innenfor de identifiserte del-artsgruppene tresjikt (1AR-A) busksjikt (1AR-B) feltsjikt (1AR-C) og bunnsjikt (1AR-D) undersøkt. Delartsgruppene for 1AR-A og 1AR-B er bartre, edelløvskog, boreal løvskog og pil- og vier. I tillegg er dominerende enkelttre- eller buskart i tre- og busksjikt kartlagt. Delartsgruppene for 1AR-C er vedvekster, gressvekster, karkryptogamer og urter. Delartsgruppene for 1AR-D er henholdsvis mose og lav. Andel av disse er angitt på A5 måleskalaen (fig. 12) og viser da dominansutforming.

Dominans er viktig for beskrivelse og karakterisering av skogsmark og for artssammensetningen som mykorrhiza-sopparter, råtesopp og epifytter. Det har også betydning for landskapskarakter. Bar- og løvtrær er for eksempel nøkkelartsgrupper som påvirker skogsmark svært ulikt med hensyn til lysforhold og strømengde. Samme distinksjon finnes mellom grupper av løvtrær om enn ikke like markant (Halvorsen et al., 2016b).

D4 Naturgitte objekter: For D4 er gadder (4DG), læger (4DL) og rotvelt (RV) registrert. For å bli registrert som gadd måtte dødvedobjektet være minst 1,3 meter høyt, ha en diameter i brysthøyde over 10 cm og en vinkel $>30^\circ$ med horisontalplanet der verken stamme eller greiner berører bakken. Dødvedobjektet er dermed registrert som låg dersom den er under 1,3 meter høyt der toppens diameter er <10 cm og har en vinkel $<30^\circ$ med horisontalplanet eller stamme/greiner som berører bakken. For rotvelt kreves det at mineraljord eller nakent fjell er blottlagt i forbindelse med at en vesentlig del av rotmassen har falt over ende sammen med treet (Halvorsen et al., 2016b). Alle variablene er undersøkt med tetthets- og konsentrasjonsvariabelen T3 per storruteenhet (antall enheter pr dekar) (fig. 13).

De naturgitte objekter er knyttet til skogsmark og bidrar til økt artsrikdom i skogsmark-økosystemet. Død ved er viktige livsmedium for mange arter. I rødlisten fra 2006 hadde 17% av artene dødvedtilknytting (632 arter). Totalt regner man med at 7000 arter er mer eller mindre knyttet til død ved (Halvorsen et al., 2016b). Død ved er også viktig for naturskogens utvikling ved at dødt organisk materiale kan brytes ned og omdannes til næringsstoffer til nytte for senere skog (Larsson & Hysten, 2007).

D9 Romlig strukturvariasjon: Antall vertikale kronesjikt er registrert ved hjelp av enkeltvariabelen tresjiktstruktur (9TS). Måleenhet er ordnet faktorvariabel, som er en variabel med et endelig antall trinn som mulige utfall, ordnet fra minst/minst av til størst/mest av. Dette er operasjonalisert på intervall 1-3 i NiN, der en i flersjiktet skogsmark uten veldefinerte kronesjikt, skal sette 3. Forekomst av busksjikt regnes ikke med her da det kommer til uttrykk gjennom variabelen busksjiktdekning (1AG-B).

En flersjiktet skogbestand er typisk for naturskogens utviklingsfaser der de dominerende treslagene får forynge seg over en lengre periode (Halvorsen et al., 2016b) og jeg ønsker å se om dette også er tilfellet i mitt feltområde.

Arealbruk og kulturminner

For å undersøke hvilke arealendringer som har skjedd i feltområdet er to kilder til variasjon brukt ved hjelp av beskrivelsessystemet.

D5 Menneskeskapte objekter: To flerdimensjonale variabler på nivå 1 er brukt. Bygningstyper (5BY) og kulturminner (5KU). Måleskalaen som er benyttet er tellevariabelen T1, som teller antall enheter innenfor et aktuelt område (fig. 13).

Bygningstyper (5BY) omfatter menneskeskapte bygninger og følger SOSI-standardiseringskategori (Norsk Standard, NS 3457). En instruks finnes også i matrikkelen til Statens kartverk. 5BY benytter stort sett de to øverste hierarkiske nivåene i standarden. Også menneskeskapte bygninger i områder som grenser til breforlandet er registrert der det er sannsynlig at bruken av de har hatt innvirkning på vegetasjonen i selve feltområdet også.

Kulturminner (5KU) beskrives i NiN med utgangspunkt i Riksantikvarens kulturminneoversikt, registeret «Askeladden» (Halvorsen et al., 2016b). Stien regnes også med som menneskeskapt objekt i NiN, men er allerede kartlagt og tilgjengelig som FKB fil fra geodata og derfor ikke registrert. Broer i tilknytting til stien, gjerder og løypestrenger er ikke kartlagt og det er heller

ingen egne variabler for det i NiN. I likhet med 5BY er kulturminner i breforlandets randsone registrert dersom de kan ha hatt betydning for arealbruken.

D7 Tilstandsvariasjon: Samtidig med naturtypekartleggingen vil jeg se etter spor fra beite og hogst i feltområdet. Jeg har fokusert på to tilstandsvariabler, de som adresserer beitetrykk (7JB-BT) og hogststubbeandel (7SB-HS).

Beitetrykk innebærer flere ulike prosesser økologisk sett. Det er selve avbeitingen, tråkk, jordkomprimering (som skyldes tråkk), sirkulering og omfordeling av næringsstoffer ved tilførsel av gjødsel fra beitedyra og beitedyras spredning av planter og dyr (Halvorsen et al., 2016b). Beitetrykk er i NiN operasjonalisert på grunnlag av observerbare egenskaper ved vegetasjon og mark, registrert på seks trinn-skala fra 1 – ingen beitespor til 6 – overbeitet. Se vedlegg 4 for oversikt over trinnene som adresserer de ulike gradene av beitetrykk.

Hogststubbeandel er valgt fordi det gir en kvalitativ angivelse av stubber som med sikkerhet er et resultat av tidligere hogst. NiN (versjon 2) legger opp til at tallfestingen skal gjøres på A9 måleskala, basert på den totale grunnflatesummen for levende trær, død ved og stubber. Men for mitt formål var det mer hensiktsmessig og effektivt å tallfeste dem ved hjelp av tellevariabelen T1, antall enheter talt opp innenfor hele feltområdet.

Utvalgte planter

GPS er brukt til å kartlegge utbredelsen og mengde av fjellkvann, søterot, bergfrue og hvitsoleie med punktfunksjonen, og er utgangspunkt for lokale utbredelseskart over artene. Disse er registrert med kilde D1 i beskrivelsessystemet.

D1 Artssammensetning: På nivå 1 er den flerdimensjonale variabelen enkeltartssammensetning (1AE) brukt. Siden alle de utvalgte artene er planter er de registrert med den flerdimensjonale variabelen mark- og bunnlevende arter (1AE-MB) på nivå 2.

Fjellkvann, søterot, bergfrue og hvitsoleie er registrert av flere grunner. Men felles for alle er at de har forskjellige prefererte voksesteder som kan vise mer naturvariasjon i feltområdet enn en får fram med naturtypekartlegging under T26 alene.

Bergfrue er diagnostisk art for uttørkingeskonerte, temmelig til ekstremt kalkrike berg, bergvegger og knauser (T1-C-8) (Bratli et al., 2016). Men de finnes også mer generelt på berghyller og langs bergsprekker (Lid & Lid, 2005), hvor de vokser på kalkrike og fuktige steder (Gjærevoll, 1999). Bergfrue er brukt som miljøindikator på mer kalkrike forekomster i

feltområdet, i tillegg til at den er en interessant plante å kartlegge på grunn av sin status som Norges nasjonalplante.

Fjellkvann er et typisk innslag i høgstaudeenger (Halvorsen et al., 2016b). Dette er frodige, fuktige og produktive enger med høyvokste urter og gress, gjerne med stort artsmangfold (T32-C-9- og 10) (Bratli et al., 2016). Kvann er også diagnostisk art for kildepåvirket boreal frisk hei (T31-C-13- og 14) (Bratli et al., 2016), og fjellkvann er derfor brukt som miljøindikator for disse naturtypene. Fjellkvannen er også interessant å registrere på grunn av sin betydning som kulturplante.

Søterot har, som nevnt, tidligere vært hardt beskattet som nytteplante og utryddet mange steder slik at det er spesielt interessant å kartlegge rekrutteringen, og etableringen i feltområdet hvor den tidligere ikke har vært. Den er mest vanlig på baserik grunn (Lid & Lid, 2005) og kan derfor være en miljøindikator for mindre kalkrike områder i motsetning til bergfrue.

Hvitsoleie vokser i høgstaudeeng- og skog i fjellet (Lid & Lid, 2005) og er derfor brukt som miljøindikator for disse naturtypene.

Ulike måleskalaer kan brukes for å registrere artsmengde etter hva som er mest hensiktsmessig for den enkelte artsgruppen (Halvorsen et al., 2016b). Jeg har valgt å registrere artene med logaritmisk tetthets- og konsentrasjonsvariabel (T4). På denne måten er 2-logatrimen for antall individer for hver art registrert hver 50 meter, avrundet nedover til nærmeste hele tall. 2-logatrimen vil si at tallet blir opphøyd i 2 for å gi det aktuelle tallet ($1=0$, $2=1$, $3-4=2$, $5-8=3$, $8-16=4$ osv.) (fig. 13). Dette er en egnet tellevariabel når det er snakk om mange enheter og det er tilstrekkelig å vise størrelsesorden.

For bergfrue og søterot er også infertile og juvenlie individer uten blomst registrert. For bergfrue er registreringskravet satt til 1 cm diameter. For søterot var det ikke nødvendig å ha noen nedre grense.

Andel	> 9/10	3/4 – 9/10	1/2 – 3/4	1/4 – 1/2	1/8 – 1/4	1/16 – 1/8	1/32 – 1/16	0 – 1/32	0
Prosent	> 90	75–90	50–75	25–50	(10) 12,5–25	(5) 6,25–(10) 12,5	(2,5) 3,125–(5) 6,25	0–(2,5) 3,125	0
A3	2		1	0					
A4	3		2	1	0				
A4b	3		2			1		0	
A5	4		3	2	1	0			
A6	5		4	3	2	1	0		
A7	6		5	4	3	2	1	0	
A8	7		6	5	4	3	2	1	0
A9	8	7	6	5	4	3	2	1	0

Figur 12. Måleskalaer A3-A9 for inndelingen av andelsvariabler med nedre grense for angivelse av forekomst. For A8 og A9 er nedre grense 0; det vil si at forekomsten skal registreres som 1 på skalaen. Røde tall viser trinngrensene på A9 måleskalaen tilpasset den internasjonale definisjonen av skog med 10% arealandel innen kroneperiferi (Halvorsen et al., 2016b).

Måleskala	Betegnelse	Beskrivelse
T1	Tellevariabelen	Antall enheter, talt opp innenfor et aktuelt område
T2	Logaritmisk tellevariabel	2-logaritmen til antallet enheter innenfor et aktuelt område, avrundet nedover til nærmeste hele tall (2-logaritmen er det tall 2 må opphøyes i for å gi det aktuelle tallet; 2-logaritmen til 1 ($\log_2 1 = 0$) (fordi $2^0 = 1$); $\log_2 2 = 1$; $\log_2 4 = 2$; $\log_2 8 = 3$; $\log_2 16 = 4$; $\log_2 32 = 5$ etc. TL-skalaen for å angi tellevariabler brukes når det er tilstrekkelig for formålet å angi <i>størrelsesorden</i> , dvs. når angivelse av eksakt antall ikke anses regningssvarende.
T3	Tetthets- og konsentrasjonsvariabelen	Antall enheter pr. flatemålsenheter (f.eks. hektar, dvs. 10 000 m ²); relevant flatemålsenheter må angis for hvert tilfelle.
T4	Logaritmisk tetthets- og konsentrasjonsvariabel	2-logaritmen til antallet enheter pr. flatemålsenheter, avrundet nedover til nærmeste hele tall, relevant flatemålsenheter angis for hvert tilfelle.

Figur 13. Måleskalaer (T-skalaer) for å angi telle, tetthets- og konsentrasjonsvariabler (Halvorsen et al., 2016b).

4.6. Jordsmonnsundersøkelse

En undersøkelse av tykkelsen på jordsmonnet ble tatt på 10 ulike steder i feltområdet i tillegg til ett sted utenfor feltområdet for sammenligning.

Etter LIA vil jordsmonnet i et breforland vanligvis mangle eller bare være noen få centimeter tykt, og dette er dermed en viktig faktor for å skille hovedtypen T26 fra historiske eldre hovedtyper. Et annen faktor er innholdet av organisk materiale (over eventuell mineraljord) i jordsmonnet som typisk er meget lavt i et breforland (Halvorsen et al., 2016b).

Ettersom det er usikkert hvor lang tid breforlandet trenger for å utvikle økosystemer som ikke kan skilles fra historisk eldre naturtyper med hensyn til jordsmonnsegenskaper (Halvorsen et

al., 2016b), er målet med undersøkelsen å finne ut hvor langt dannelsen av jordsmonnet har kommet i ulike deler av feltområdet og om det bør kartlegges som T26 med NiN.

Tykkelsen på jordsmonnet over eventuell mineraljord er målt med linjal eller målebånd og innholdet av organisk materiale er undersøkt for å se hvor langt jordsmonnsdannelsen er kommet. God innblanding av organisk materiale er typisk for afisol eller brunjord (Låg, 1979; Moen, 1998), som utvikles i områder med varmekjære løvtrær. Dette i motsetning til spodsol (podsol) som oftest finnes i et kjøligere klima (Sulebak, 2007). I brunjord finner vi mold som er sterkt omdannet organisk materiale, blandet med mineraljordpartikler (Moen, 1998). Meitemarken er også typisk for brunjord ettersom den ikke trives i podsol-jord (Sulebak, 2007). Med bakgrunn i dette er mold og meitemark brukt som indikator på jordsmonn med høyt innhold av organisk materiale.

4.7. Registrering av dagens tre- og skoggrense

Dagens skoggrense ble registrert på de to motstående sidene i Buerdalen, henholdsvis ved den vestlige stien til Buervatnet (nordhellingen) og ved Såta (sørhellingen). For skoggrensen har jeg fulgt NiN sin definisjon *faktisk skoggrense* eller *empirisk skoggrense* (se punkt 3.6), i denne studien bare benevnt skoggrensen. Den teoretiske skoggrensen har jeg modellert som tregrense hvor jeg har fulgt Moen (1998) sin definisjon som er enkeltrær med betydelig avstand mellom. I denne studien betyr det at de øverste enkeltrær over 2 meters høyde er registrert som tregrensen.

Dagens skoggrense ble kartlagt ved synsvaring i felt med GPS mens tre- og skoggrensene fra 1981 er tolket med flybildet fra 1981. En høydeprofil er genert på bakgrunn av et triangulated irregular network (TIN) lag, og produsert gjennom 3D Analyst verktøyet i ArcMap.

4.9. GPS – Global Positioning System

GPS er et globalt satellittbasert navigasjonssystem til geografisk stedsbestemmelse, med en posisjonsnøyaktighet på meternivå (Heywood et al., 2011). GPS var blant mine viktigste verktøy under feltarbeidet. Funksjonene jeg har brukt er fotgåing, der en går polygoner eller linjer som man «*tracker*» og punktmarkering. Fotgåing ble anvendt for å avgrense naturtyper som polygoner og for å kartlegge Buerbreens LIA som linje. Jeg gikk opp randmorenen ved hjelp av Bjelland (1998) og historiske bilder, i tillegg til egne observasjoner. Punktmarkering ble brukt for å markere hvert hjørne i storruteanalysen for nøyaktig posisjonsbestemmelse av

de. Punktmarkering ble også brukt for å markere dagens tre- og skoggrense, samt for registrering av utvalgte planter, menneskeskapte objekter og plasseringen av jordsmonnsanalysene.

4.10. GIS – geografiske informasjonssystemer

GIS er et datasystem som inkluderer hardware, software og prosedyrer for innsamling, organisering, lagring, analyse og presentasjon av geografisk stedfestet informasjon (Heywood et al., 2011). Dataene kan brukes til å lage digitale kart, og ulike tema kan legges lagvis oppå hverandre. Det finnes mange forskjellige GIS-programmer og jeg har brukt ArcGIS (ArcMap og ArcCatalog). GIS er grunnlaget for naturtypekartene, utbredelseskartene av utvalgte planter og oversiktskartene over jordsmonnsanalyser, storrutene og kulturforekomster. For alle temakartene er digitaliseringen under etterarbeidet gjort med flybilde fra 2013 som bakgrunn.

Rådata fra GPS er lagret i en programvare kalt dnr(exe.) som GPX-filer og så konvertert til shapefiles (SHP-filer) for å fungere i GIS. Filene er lagret som punkter eller linjer (fra punktmarkering eller fotgåing på GPSen). For områder jeg ikke har kunnet fotgå i felt og jeg ikke har GPS data for, er flybildetolkning med inntegning direkte inn i ArcMap supplert med egne fotografier, notater og inntegninger på papirutskrift av flybilde fra 2013 som er produsert under feltarbeid.

Til utfigureringen av temakartene i GIS har jeg brukt layout funksjonen og lagt til overskrift, målestokk, tegnforklaring, nordpil, projeksjonsinformasjon og andre tilleggsdata. Til slutt eksporteres kartet og lagres som jpg- og pdf fil. I noen tilfeller har det også vært nyttig å bruke Adobe illustrator, et omfattende tegneprogram, for å integrere ekstra illustrasjoner i eller funksjoner. Alle lagene i de ferdige kartene er egenproduserte, unntatt høydekurvelinjene (i utbredelseskartene) og linjen som viser stien i Buerdalen som er lastet ned som FKB data. For stien har jeg gjort noen justeringer for at den skal bli mer korrekt.

Fargekodene for naturtypekartene (skog(mark), ferskvann, nakent fjell og snø/isbre) er basert på kartografien til AR5 (Bjørkelo et al., 2014). For tresatt areal er RGB-verdiene basert på naturtyper i stedet for treslag/skogbonitet. For andre naturtyper som ikke er sammenlignbare med arealtyper i AR5, er fargekodene tilpasset kartleggingsområdet.

For å kunne genere en høydeprofil for å illustrere tre- og skoggrensen (fig. 24) har det vært nødvendig å lage vektorfil med høydedata kalt Triangular Network Model (TIN). For å lage TIN måtte jeg først laste ned høydekurvelinjen (*32_1228hoydekurve_linje*). Høydekurvelinjen

har 5 meters ekvidistanse og inneholder mye data så jeg klippet datarammen (Data Frame Properties i visningsmenyen) for å gjøre det lettere å håndtere for programvaren.

4.11. Intervju

Som et supplement til flybildetolkning, feltundersøkelse og litteratur om tidligere bruksendringer, bør en snakke med informanter som har kunnskap om studieområdet (Lundberg, 2005). Det kan være verdifullt bidrag til å forstå tilstandsvariasjon og arealutvikling (Bryn & Halvorsen, 2015). Svarene bør jeg så prøve å kvalitetssikre gjennom andre kilder (Lundberg, 2005).

Jeg intervjuet tre personer med tilknytning til de tre brukene på Buer, hvorav en av de (Kambestad) også har bidratt med mye lokalinformasjon og historie i et kapittel i Brekke et al. (2008). Jeg møtte dem én og én i felt ved Buer og intervjuet foregikk i uformell stil (ustrukturert intervju). Jeg passet på å ikke stille ledende spørsmål, ja-nei spørsmål, eller på noen andre måter legge ordene i munnen på de, og hovedsakelig snakket vi om tidligere arealbruk og ressursutnytting.

5. Resultat

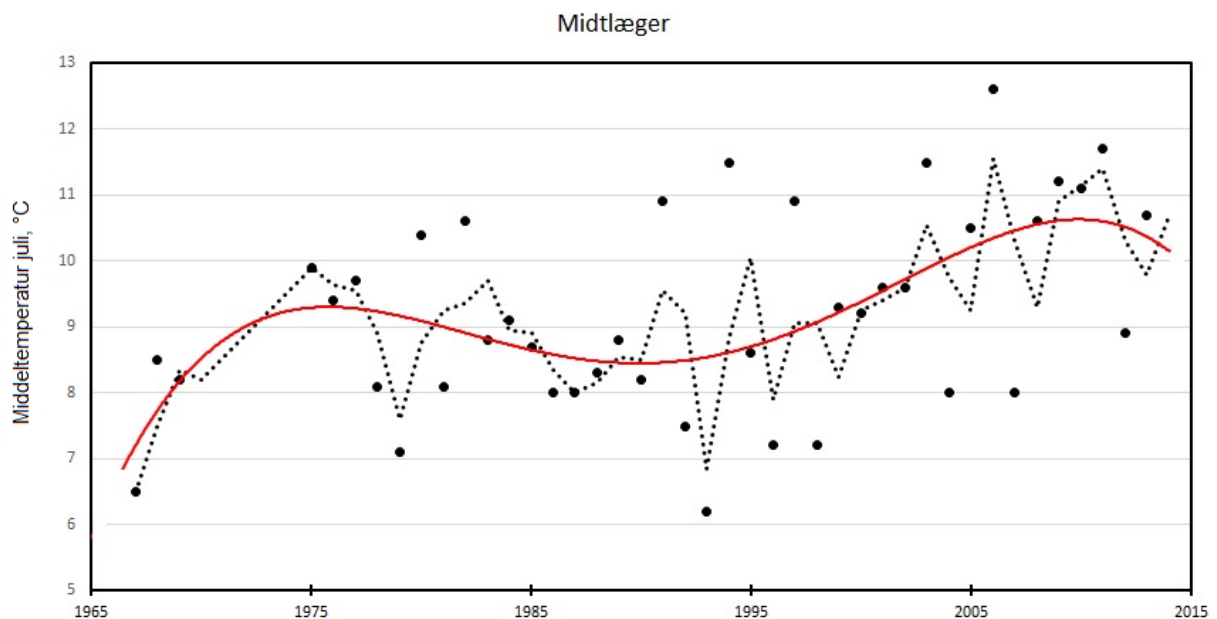
I dette kapitlet presenteres resultatene fra innsamlede data. Formålet er å vise hvordan vegetasjonen i breforlandet har fremstått i tidligere tider og i dag, hva årsaken bak endringen er og tilstanden til skogen.

5.1. Klima- og bredata

Klimadata

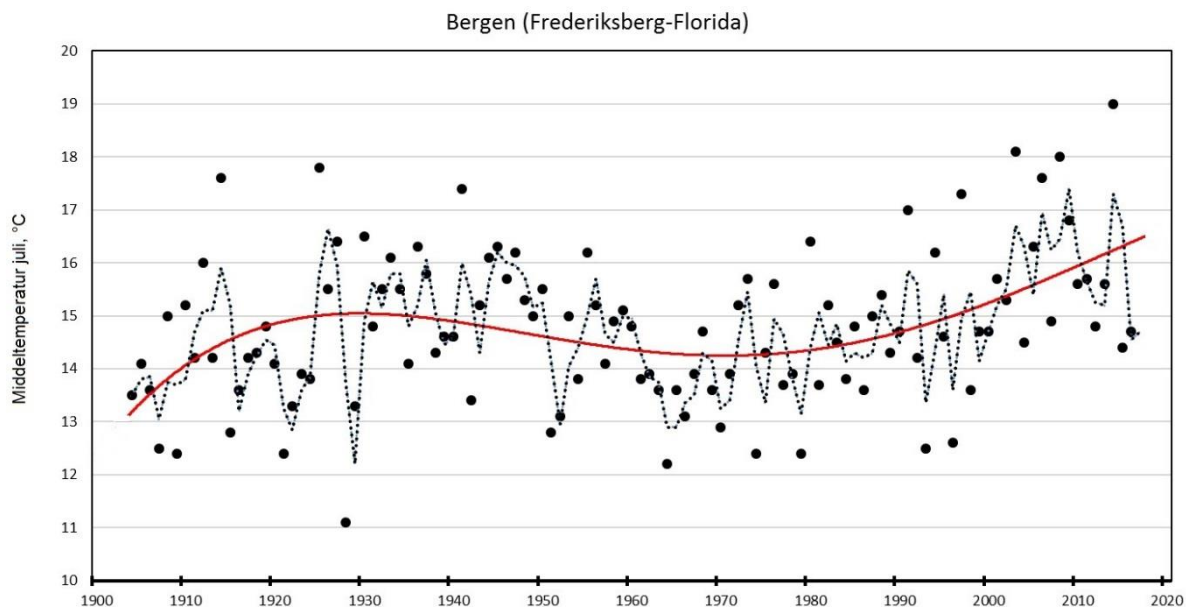
Figur 14 og 15 viser at selv om middeltemperaturen for juli har variert en del på kortere tidsskala har det vært en økning totalt sett gjennom hele måleserien for både Midtlæger og Bergen.

For Midtlæger var det fram til rundt 1975 en markant stigning i middeltemperaturen. Så fulgte en periode med en liten nedgang fram til rundt 1990. Etter det har temperaturen steget med rundt en halvannen grad fram mot 2010. I siste del av måleserien skrår den litt ned igjen, men likevel ligger trendlinjen i 2013 rundt 3 grader høyere enn i 1967.



Figur 14. Middeltemperatur juli måned for Midtlæger målestasjon 1967-1969 og 1974-2013 (Meteorologisk institutt).

Klimadataene fra Frederiksberg og Florida viser en lignende tendens som Midtlæger, men i større tidsskala. Fra 1904 til rundt 1930 er det en økning i middeltemperaturen i juli på rundt en halvannen grad. Deretter synker det med rundt en halv grad fram mot 1970, før det igjen er en økning i siste periode på rundt en halvannen grad. I 2016 ligger trendlinjen rundt tre grader høyere enn i 1904.

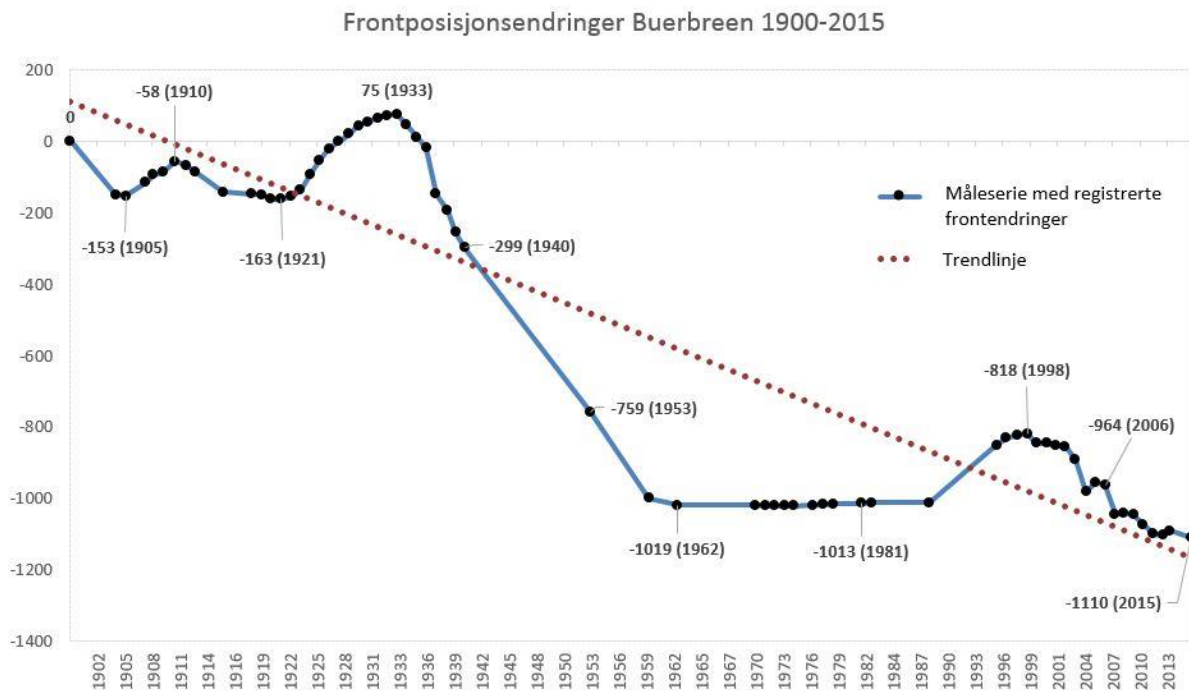


Figur 15. Middeltemperatur juli måned for Bergen (Fredriksberg & Florida målestasjon) 1904-2016 (Meteorologisk institutt).

Bredata

Figur 16 viser frontposisjonsendringene til Buerbreen på grunnlag av rådata fra NVE for måleserien (1900-2015). Verdiene ble omgjort til kumulative tall for å visualisere de årvisse frontendringene. Det er ikke utført måleserie noen år, blant annet 1983-1987 og 1989-1994, noe som kommer frem av figuren.

Vi ser at siden 1900 har Buerbreen hatt flere mindre fremstøt og tilbaketrekninger. På 20-tallet rykket breen fram og var på sitt største gjennom hele måleserien i 1933 da den lå bare 75 meter fra LIA. Deretter fulgte det en periode med kraftig tilbaketrekning fram til begynnelsen av 60-tallet. I løpet av en tiårsperiode fra 1988 til 1998 fikk man igjen et brefremstøt på totalt 193 meter, men siden har 1998 breen trukket seg over 300 meter tilbake til slik at brefronten i 2015 var om lag 100 meter bak posisjonen i 1981.



Figur 16. Frontposisjonsendringer Buerbreen 1900-2015. Kilde: Norges vassdrag- og energidirektorat.

5.2. Tolkning av historiske bilder

Historiske bilder av Buerbreen fra 1864 til 1931 er studert og breens fluktusjon og maksimale utbredelse er undersøkt for perioden.

Figur 17 er et bilde av Buerbreen tatt rundt 1870/71, og viser trolig breen få år før LIA. Brefronten er høy og robust og isen i høyere områder er av betydelig størrelse og viser at Buerbreen er i en fremvoksende fase. Oppe til venstre bak i bildet ses området omgitt av is, men som ikke har blitt dekt av breen. Bildet er en viktig kilde for å avgrense breforlandet til Buerbreen. Til venstre i bildet ser vi hesjer til tørking av høy. Det er ikke kjent hvilken funksjon bua til høyre har.



Figur 17. Buerbreen rundt 1870/1871 tatt av Knud Knudsen fra Buer gård. Fotografiet viser Buerbreen nær sin største utbredelse under lille istid. Haugen like foran breen er Gletthaug. ('Buerbræen i Odde, Hardanger; Billedsamlingen, Universitetsbiblioteket i Bergen, UBB-KK-1318-0500).

Figur 18 viser Gletthaug med en utløe i forgrunnen like foran feltområdet. Årstallet oppgis til 1882-1885. Bildet viser at brefronten bare et par titalls meter fra LIA, men fronten er slakere og ikke på fremmarsj som på forrige bilde. Vi ser hesje for tørking og løypestrenger for frakting av høy, fra overliggende områder. Det bekrefter at det har vært slått i liene ovenfor Buer og at arealbruken i området ved Gletthaug har pågått, selv når breen må ha vært truende nær.



Figur 18. Buerbreen ved Gletthaug rundt 1882-1885 av Knud Knudsen. Fotografiet viser Buerbreen få år etter LIA og vi ser at Breen ikke har kommet forbi Gletthaug hvor det var drevet arealbruk. Utløen på bildet tilsvarer ruinen registrert som kulturforekomst 2. ('Buerbræen i Odde, Hardanger; Billedsamlingen, Universitetsbiblioteket i Bergen, UBB-KK-2127-0180).

Figur 19 fra Norsk Vasskraft- og Industristadmuseum viser breen i år 1931. Bildet er tatt fra stien opp til Buervatnet i den nordvendte lien. Brefronten er høyere, med en mer fremvoksende form, noe som tyder på at den er på fremmarsj igjen etter å ha trukket seg tilbake siden forrige bilde fra rundt 1885. Endemorenen fra LIA er godt synlig nedenfor brefronten. Nye Buer Hotell fra 1897 er synlig nede til venstre, mens bare grunnmuren er synlig på stedet der utløen fra 1885 lå. Vi ser også trær i nederste del av breforlandet som har blitt blottlagt i tiårene før.



Figur 19. Buerbreen i 1931 tatt av B.H. Hagemann. Fotografiet viser nye Buer Hotell nede til venstre der det i dag står en utløe (kulturforekomst 1). Utløen på forrige bildet borte og bare grunnmuren er synlig (kulturforekomst 2). (Oversikt, Buarbreen. Norsk Vasskraft- og Industristadmuseum, I-HA035).

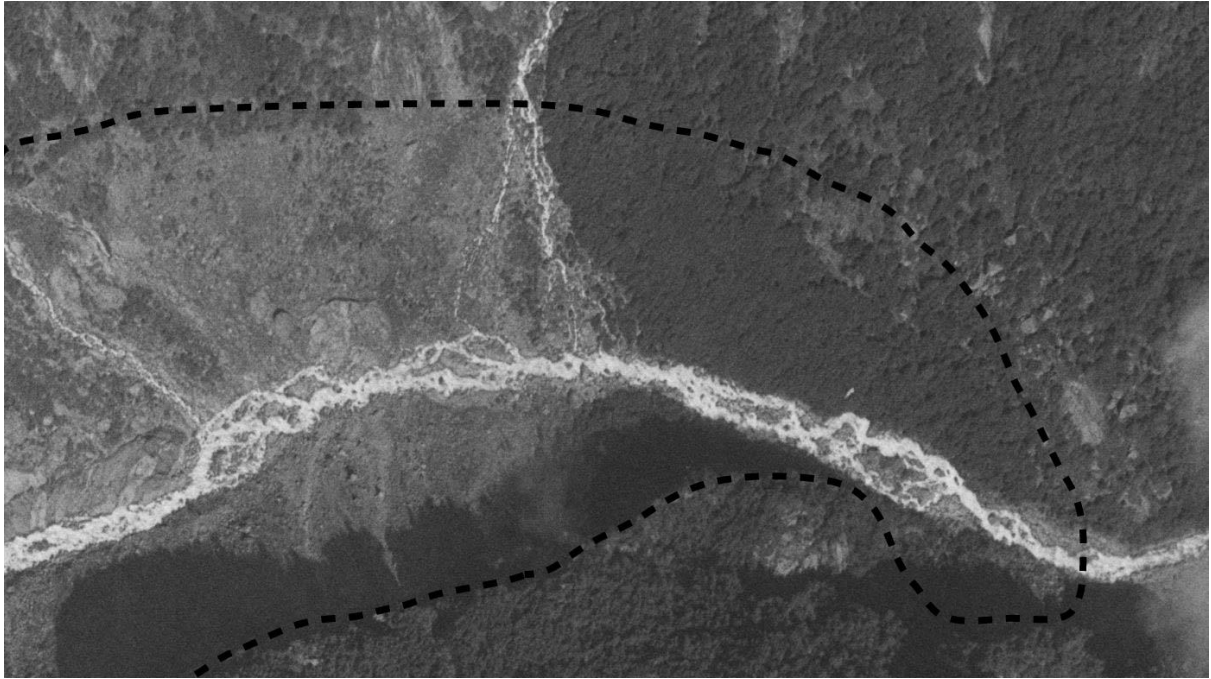
5.3. Tolkning av flybilder

Her presenteres flybildetolkning som er gjort for å svare på problemstilling 1: *Har det skjedd en endring i tre- og skoggrensen og skogens utbredelse i breforlandet i Øvre Buerdalen mellom 1981 og 2016, og i så fall hvilke?*

Jeg har fokusert på skogen, og nedenfor vil jeg presentere noen detaljer, først for feltområdet nedre del, så for feltområdet øvre del. Jeg anvender bilder fra 1981 og 1997. Hovedfokuset vil være på disse flybildene da jeg har kartlagt skogen i felt i 2016, men en oversikt over de store trekkene i vegetasjonsendringen fra 1981 til i dag er gitt med flybildet fra 2013. Stiplet linje viser Buerbrens utbredelse under LIA.

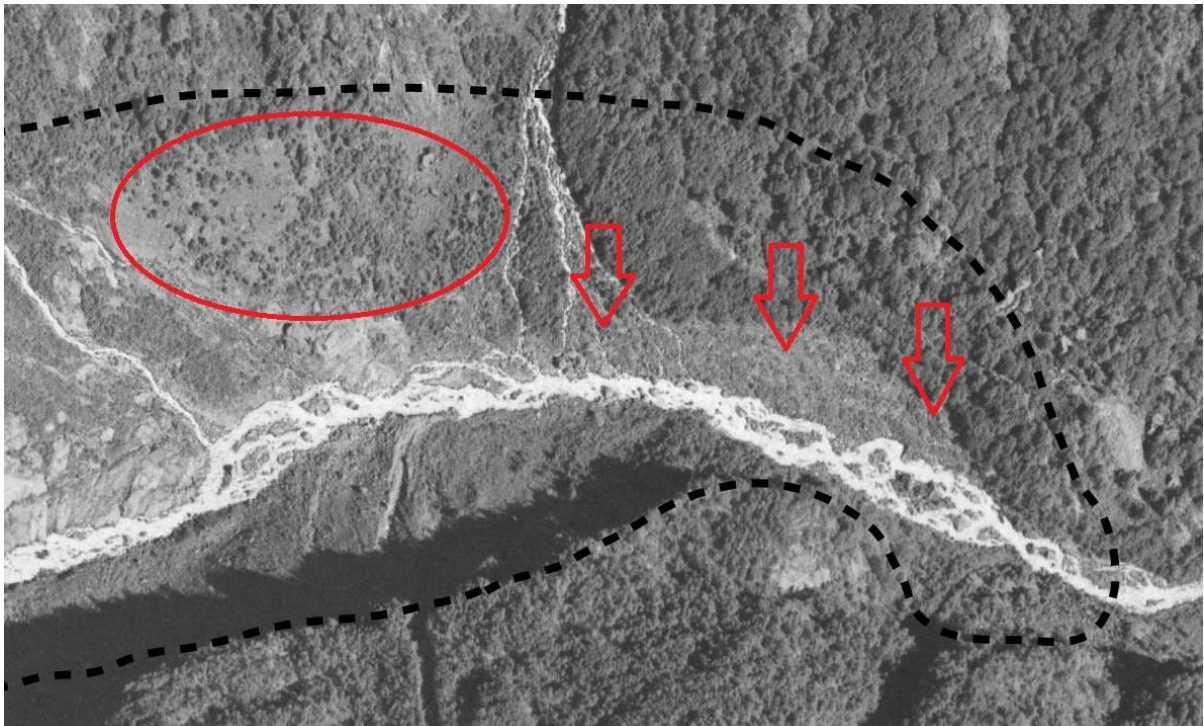
Flybildetolkning feltområdet nedre del

Flybildet fra 1981 (fig. 20) viser at det er et skarpt skille i vegetasjonen der Langgrødelvi renner fram til utløpet i Buerelvi. Skogen øst for dette skillet i breforlandet har meget tett kronesjikt, som virker tettere enn i skogen utenfor breforlandet. Like vest for Langgrødelvi er det ingen skog i breforlandet, bare noen få spredte trær og busker. Stiplet linje viser hvor Buerbreen sto.



Figur 20. Nedre del av breforlandet. Flyfoto fra 1981 som viser det skarpe skillet i vegetasjonen mellom skog og ikke tresatt areal hvor Langgrødelvi renner ned (Statens kartverk, NLF-7016 E-12).

På flybildet fra 1997 (fig. 21) har store deler av skogen som ligger langs Buerelvi blitt borte øst for Langgrødelvi (markert med piler). Mellom Langgrødelvi og Nordbakkdelvi har det kommet en del trær til og en ung skog er i ferd med å dannes (vist i sirkel).

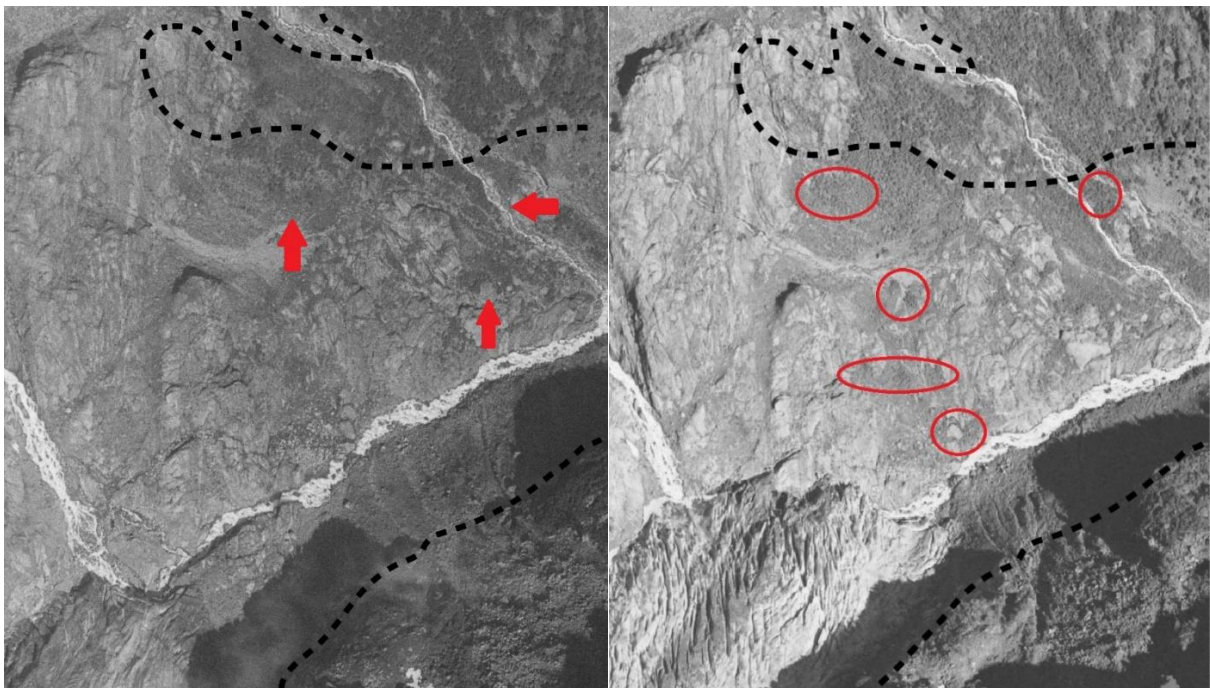


Figur 21. Nedre del av breforlandet. Flyfoto fra 1997 som viser skogen ny skog som har kommet til vest for Langgrødelvi (rød sirkel) og skogen som har blitt borte øst for Langgrødelvi (vist med røde piler) (Statens kartverk, FWG-12176 C-4).

Flybildetolkning feltområdets øvre del

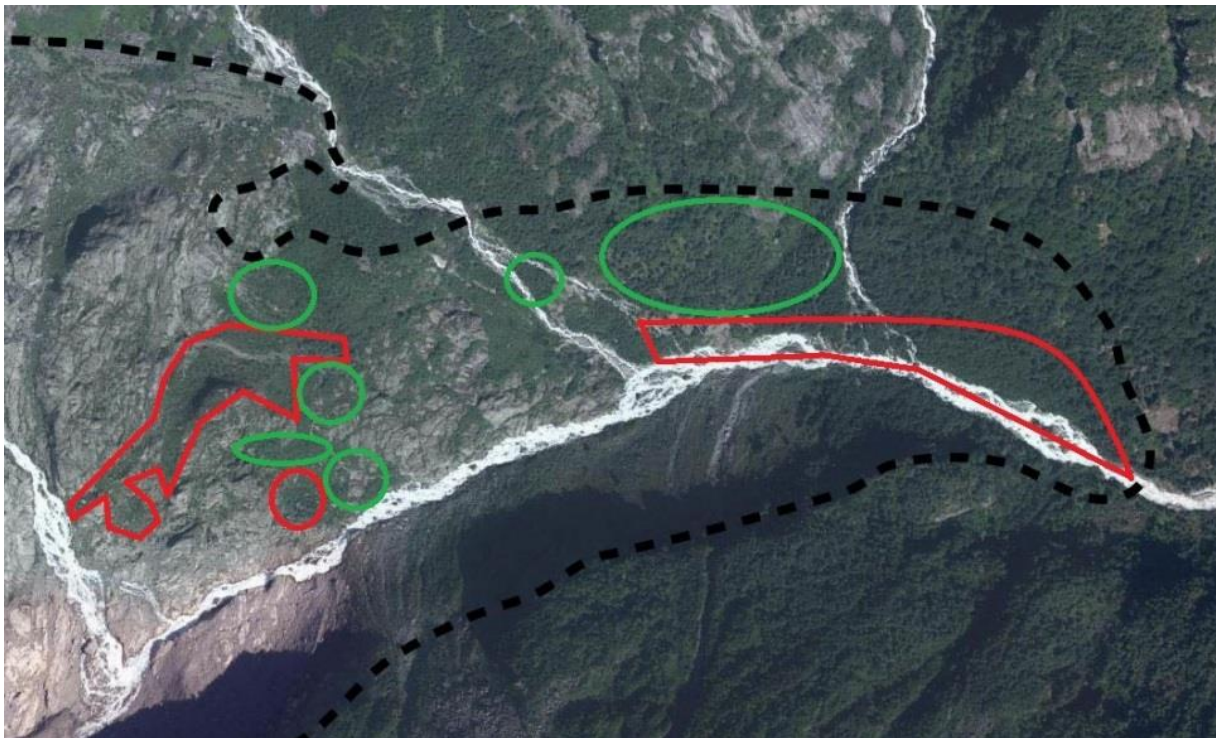
I det øvre feltområdet er det mer eller mindre sammenhengende skog bestående av småvokste trær i et område langs Nordbakkelvi, som skrå mot vest til et større område med skog som ligger delvis innen breforlandet (vist med piler). Også mindre klynger med trær finnes, men ingen av større dimensjon.

På flyfotoet fra 1997 har mindre områder med skog etablert seg lenger vest (vist med røde sirkler), i tillegg til at det nå også er trær i et område like øst for Nordbakkelvi, der det tidligere bare var busk- og feltvegetasjon.



Figur 22. Øvre del av breforlandet. Til venstre er flyfoto fra 1981 som viser områder med småvokste trær som danner skog vist med røde piler. Til høyre er flyfoto fra 1997 som viser nye områder med småvokst skog vist med røde sirkler (Statens kartverk, NLF-7016 E-12 & FWG-12176 C-4).

Flybildet fra 2013 viser at skogen er tilbake i området øst for Langgrødelvi der den manglet i 1997. Skogen har også ekspandert mellom Langgrødelvi og Nordbakkelvi og dekker nå så å si hele dette området. Grønne sirkler markerer steder der hvor skogen har kommet til mellom 1981 og 1997, mens røde polygoner markerer hvor skogen har kommet til etter 1997.



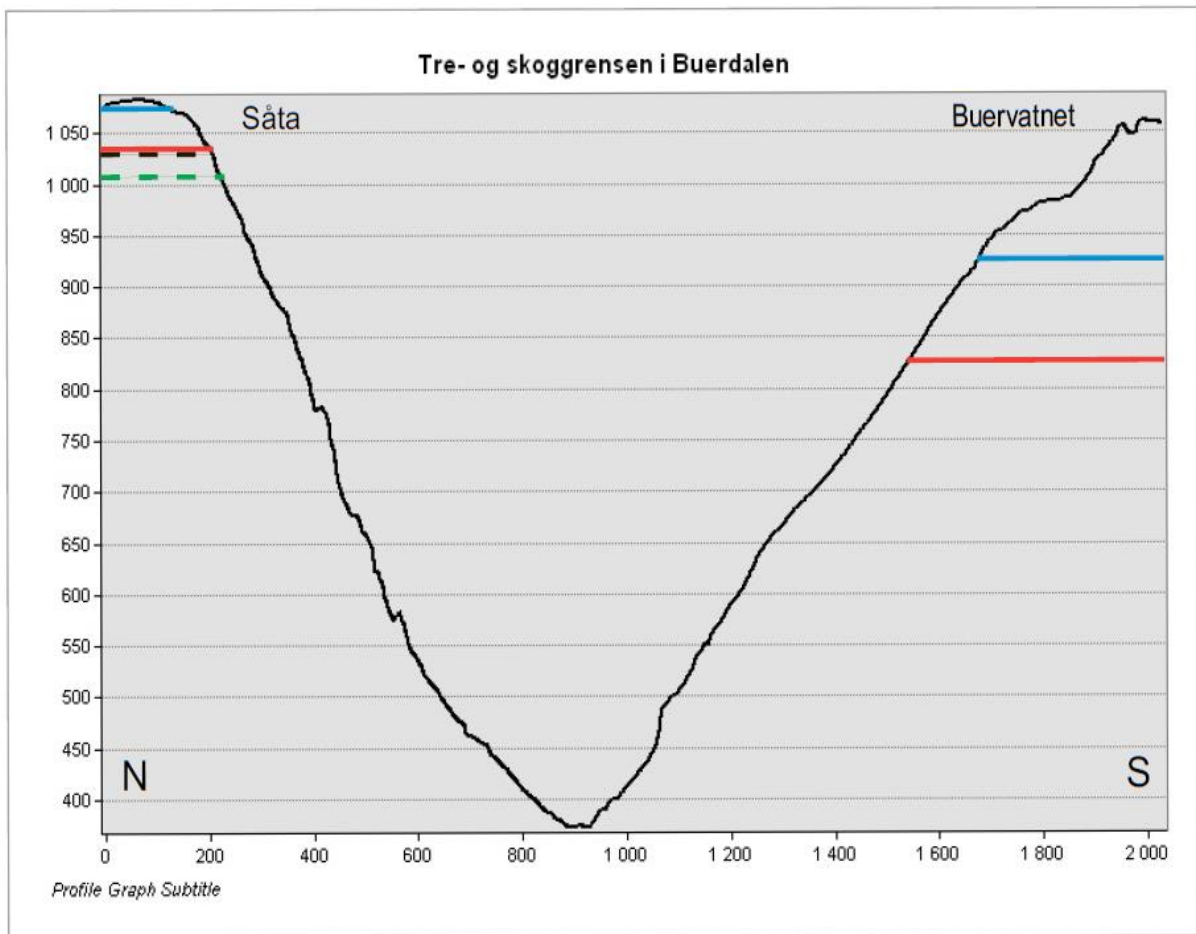
Figur 23. Flyfoto fra 2013 som viser skogen i hele breforlandet og de viktigste trekkene i skogekspansjonen mellom 1981 og 1997 (grønne sirkler) og 1997 og 2013 (røde polygoner) (Statens kartverk).

5.4. Tre- og skoggrensen

Tre- og skoggrensen ble kartlagt for sørhellingen langs stien som kommer opp på høyden vest for Buervatnet og i nordhellingen ved høyden like øst fot Såta ovenfor Langgrød. GPS kartlegging av dagens tre- og skoggrense ga følgende resultat: 823 meter over havet for skoggrensen og 925 meter over havet for tregrensen ved Buervatnet, og henholdsvis 1040 og 1069 meter over havet for skog- og tregrensen ved Såta (fig. 24). Fjellbjørka utgjorde tre- og skoggrensen i alle tilfellene.

Flybildetolkning av tre- og skoggrensen med flyfoto fra 1981, ble foretatt for samme område. Flybilder fra 2013 ble også brukt for kvalitetssikring. Markering av tre- og skoggrensen (GPS koordinatene) ble lagt inn på flybildet via norgeskart.no. Ved hjelp av lett gjenkjennelige punkter som store steiner, bekkefar, og berg ble samme sted undersøkt på flybildet fra 1981. For Sørhellingen har det vært tynne skyer som ligger inntil det tolkede området og derfor er tolkning av flybilde fra 1997 også blitt brukt som ekstra referansepunkter.

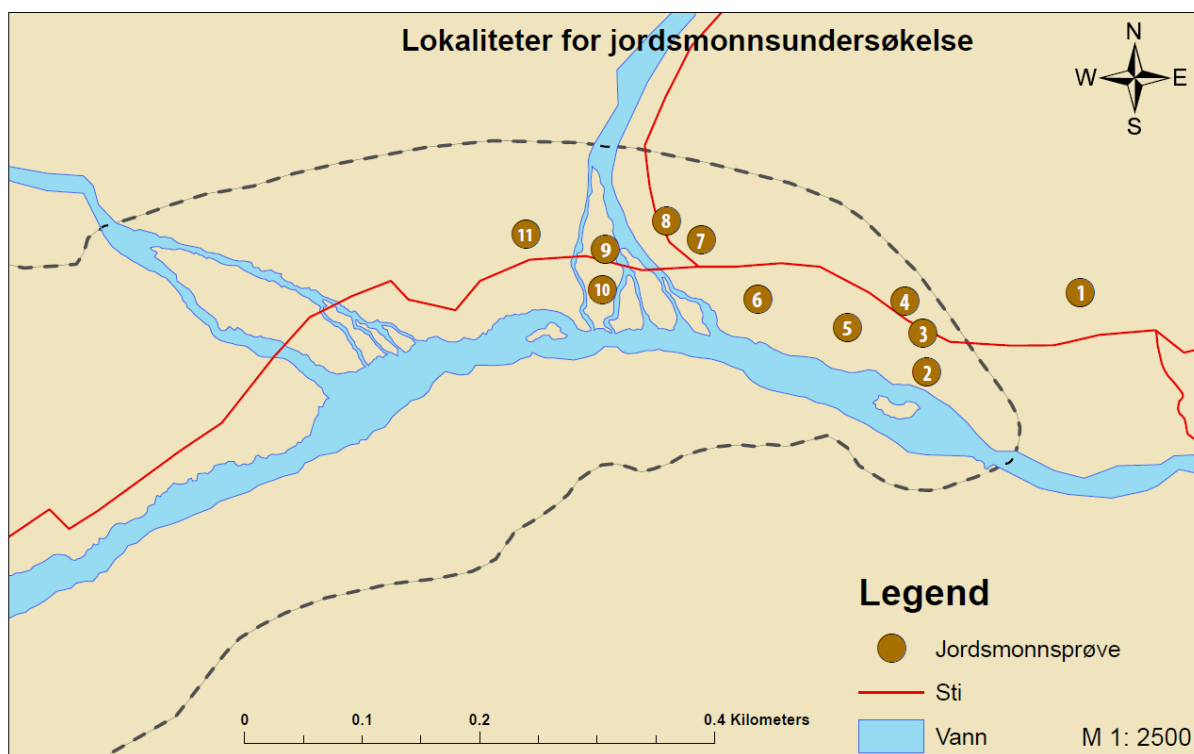
Flybildetolkningen viser at i perioden ikke har vært noen sikker endring av hverken tre- eller skoggrensene for sørhellingen ved Buervatnet. En liten økning kan observeres for tre- og skoggrensene ved Såta. For tregrensene er det dog litt mer usikkert noe som skyldes utfordringer med å skille trær over 2 meter fra mindre trær og fra busk- og vierkratt og annen mørk vegetasjon. Små klynger av trær ble likevel funnet på de samme stedene i 1981 der tregrensene i dag går ved Buervatnet, mens for Såta sin del er disse øverste treklyngene identifisert på samme sted som skoggrensene gikk i 2016. Figur 24 viser høydeprofil med tre- og skoggrensene inntegnet.



Figur 24. Høydeprofil av Såta - Buervatnet med avmerking av tre- og skoggrensene. Grønn stiplet linje viser skoggrensene i 1981. Svart stiplet linje viser tregrensene i 1981. Rød linje viser skoggrensene i 2016. Blå linje viser tregrensene i 2016.

5.5. Jordsmonnsresultater

Plasseringen av prøvestedene av jordsmonnet er vist i figur 25 og nummert 1-11. Prøvene er tatt i nedre del av feltområdet for å skille mellom områder med utviklet og mindre utviklet jordsmonn. Formålet har vært å få undersøkt tykkelsen på jordsmonnet i de ulike delene av skogen og innen ulike vegetasjon- og naturtyper for best mulig dekning i et heterogent område.



Figur 25. Oversikt over lokalitetene til jordsmonnsundersøkelsene. Buerbreens LIA er markert som stiple linje.

Resultatet av undersøkelsen er vist i tabell 2. Nummeret på jordsmonnsprøven og tykkelsen på jordsmonnet er målt og vist i de to kolonnene til høyre mens forekomst av brunjord og meitemark er vist i de to kolonnene til høyre. Undersøkelsen viser at jordsmonnet er klart tykkest i samlingen utenfor breforlandet. Det er brukt som sammenligningsgrunnlag med 18 cm. I breforlandet er jordsmonnet tykkest i den nederste delen (lokalitet 2 og 4) med 9 og 10 cm.

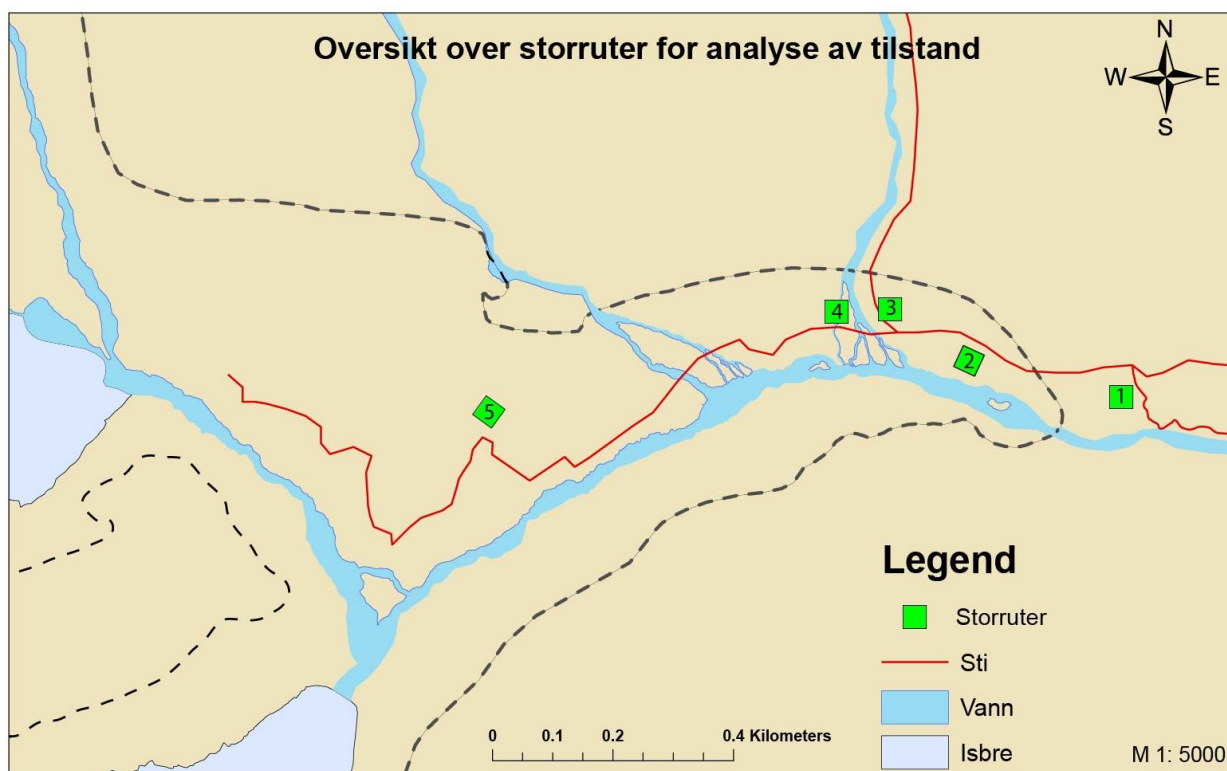
Gjennomgående sett minsker jordsmonnstykkelsen jo nærmere breen en kommer. Alle lokalitetene med minst tykkelse ligger vest for Langgrødelvi. Undersøkelsen viser også at forekomst av meitemark er sterk korrelert med tykkelsen på jordsmonnet. Meitemark ble funnet i de seks lokalitetene med tykkest jordsmonn (fra 5 cm og oppover). Alle disse hadde brunjord med god sammenblanding av organisk materiale. Meitemark ble noe overraskende også funnet på lokalitet åtte der jordsmonnet ikke kunne karakteriseres som brunjord og bare var 3 cm tykt. Ellers ble det ikke registrert verken meitemark eller brunjord på lokalitet 5, 9, 10 og 11.

Tabell 2. Jordsmønsundersøkelse

Jordsmønsprøve nr.	Tykkelse i centimeter	Mold	Meitemark
1	18	X	X
2	9	X	X
3	5	X	X
4	10	X	X
5	3		
6	5	X	X
7	7	X	X
8	3		X
9	2		
10	1		
11	1		

5.6. Storruteanalyse

Figur 26 viser plasseringen av de fem storrutene. Storrute 1 er analysert utenfor breforlandet ved utløen på figur 18. Storrute 2 og 3 er analysert på to steder av skogen øst for Langgrødelvi, mens storruteanalyse fire er analysert like øst for elven. Storruteanalyse 5 er foretatt rundt en halv kilometer vest for storrute fire i en av de innerste områdene med skog før breen.



Figur 26. Oversikt over storrutene i feltområdet. Breens LIA utbredelse er markert som stiplet linje.

Under er resultatene fra storruteundersøkelsene i feltområdet oppgitt med NiN kode presentert i tabeller. Storrute 1 utenfor feltområdet som er brukt til sammenligning er i vedlegg 6. Resultatene vil bli drøftet i diskusjonskapittelet.

Kilde til variasjon i beskrivelsessystemet er oppgitt i venstre kolonne. Nivå 1 er flerdimensjonale variabler (unntatt 9TS som er enkeltvariabel) som består av flerdimensjonale variabler og/eller enkeltvariabler på to lavere nivåer i denne undersøkelsen (Nivå 2 og 3). Navn og måleskala og resultat er videre oppgitt for hver variabel. Kode for enkelttreslag/buskg har fulgt NiN sin standardiserte kortformat (XXyy) der XX angir slektsnavn og yy artsnavn.

For artssammensetning (D1) er variablene tresjiktdekning og dominans (andel treslagsgruppe og enkelttreslag/buskg) undersøkt for tre- og busksjikt (A og B). I tillegg er felt- og bunnsjiktdekning undersøkt, samt ulike vegetasjonstyper i disse sjiktene (C og D). Resultatet er også angitt som prosent til høyre i tabellen. Til slutt er noen naturgitte objekter (D4) tresjiktstruktur under romlig strukturvariasjon (D9) undersøkt.

Tabell 3. Storrute 2

Kilde til variasjon	Nivå 1 kode	Nivå 2 kode	Nivå 3 kode	Navn	Måleskala	Resultat	Prosent
D1	1AG	A	0	Tresjiktsdekning	A9	8	>90%
		B		Busksjiktsdekning	A9	3	6,25-12,5%
		C		Feltsjiktdekning	A9	8	>90%
		D		Bunnsjiktdekning	A9	3	6,25-12,5%
	1AR	A	0	Tresjikt dominans	A3	L2	>50%
			B	Bartreandel	A5	0	0-12,5%
			E	Edelløvtreandel	A5	0	0-12,5%
			L	Andel boreale løvtrær av	A5	4	>75%
			V	Andel pil og vier	A5	0	0-12,5%
			XX	Andel enkelttreslag	A5	ALin 4	>75%
		B	B	Bartreandel	A5	0	0-12,5%
			E	Edelløvtreandel	A5	0	0-12,5%
			L	Andel boreale løvtrær av	A5	2	25-50%
			V	Andel pil og vier	A5	0	0-12,5%
			XX	Andel enkelttreslag/busker	A5	RUid 3	50-75%
		C	L	Andel vedvekster	A5	0	0-12,5%
			G	Andel gressvekster	A5	1	12,5-25%
			K	Andel karkryptogamer*	A5	0	0-12,5%
			U	Andel urter	A5	3	50-75%
		D	M	Andel moser	A5	4	>75%
			L	Andel lav	A5	0	0-12,5%
D4	4DG	0		Stående død ved	T3	1	
	4DL	0		Liggende død ved	T3	38	
	4 RV	0		Rotvelt	T3	4	
D9	9TS			Tresjiktstruktur	1-3	1	

Tabell 4. Storrute 3

Kilde til variasjon	Nivå 1	Nivå 2	Nivå 3	Navn	Måleskala	Resultat	Prosent
D1	1AG	A	0	Tresjiktsdekning	A9	7	75-90%
		B		Busksjiktsdekning	A9	7	75-90%
		C		Feltsjiktdekning	A9	5	25-50%
		D		Bunnsjiktdekning	A9	2	3,125-6,25%
	1AR	A	0	Tresjikt dominans	A3	L2	>50%
			B	Bartreandel	A5	0	0-12,5%
			E	Edelløvtreandel	A5	0	0-12,5%
			L	Andel boreale løvtrær av	A5	4	>75%
			V	Andel pil og vier	A5	0	0-12,5%
			XX	Andel enkelttreslag	A5	BEpu 3	50-70%
		B	B	Bartreandel	A5	0	0-12,5%
			E	Edelløvtreandel	A5	0	0-12,5%
			L	Andel boreale løvtrær av	A5	1	12,5-25%
			V	Andel pil og vier	A5	0	0-12,5%
			XX	Andel enkelttreslag/busk	A5	RUid 4	>75%
		C	L	Andel vedvekster	A5	0	0-12,5%
			G	Andel gressvekster	A5	2	25-50%
			K	Andel karkryptogamer*	A5	0	0-12,5%
			U	Andel urter	A5	2	25-50%
		D	M	Andel moser	A5	4	>75%
			L	Andel lav	A5	0	0-12,5%
D4	4DG	0		Stående død ved	T3	20	
	4DL	0		Liggende død ved	T3	29	
	4RV	0		Rotvelt	T3	1	
D9	9TS			Tresjiktstruktur	1-3	2	

Tabell 5. Storrute 4

Kilde til variasjon	Nivå 1 kode	Nivå 2 kode	Nivå 3 kode	Navn	Måleskala	Resultat	Prosent
D1	1AG	A	V	Tresjiktsdekning	A9	8	>90%
		B		Busksjiktsdekning	A9	4	12,5-25%
		C		Feltsjiktdekning	A9	5	25-50%
		D		Bunnsjiktdekning	A9	4	12,5-25%
	1AR	A	0	Tresjikt dominans	A3	L2	>50%
			B	Bartreandel	A5	0	0-12,5%
			E	Edelløvtreandel	A5	0	0-12,5%
			L	Andel boreale løvtrær av	A5	4	>75%
			V	Andel pil og vier	A5	0	0-12,5%
			XX	Andel enkelttreslag	A5	BEpu 3	50-75%
		B	B	Bartreandel	A5	0	0-12,5%
			E	Edelløvtreandel	A5	0	0-12,5%
			L	Andel boreale løvtrær av	A5	4	>75%
			V	Andel pil og vier	A5	0	0-12,5%
			XX	Andel enkelttreslag/busk	A5	SOau 2 ALin 2	25-50%
		C	L	Andel vedvekster	A5	1	12,5-25%
			G	Andel gressvekster	A5	2	25-50%
			K	Andel karkryptogamer*	A5	0	0-12,5%
			U	Andel urter	A5	2	25-50%
		D	M		A5	4	>75%
			L		A5	0	0-12,5%
D4	4DG	0		Stående død ved	T3	2	
	4DL	0		Liggende død ved	T3	9	
	4 RV	0		Rotvelt	T3	1	
D9	9TS			Tresjiktstruktur	1-3	3	

Tabell 6. Storrute 5

Kilde til variasjon	Nivå 1 kode	Nivå 2 kode	Nivå 3 kode	Navn	Måleskala	Resultat	Prosent
D1	1AG	A	V	Tresjiktsdekning	A9	5	25-50%
		B		Busksjiktsdekning	A9	5	25-50%
		C		Feltsjiktdekning	A9	4	12,5-25%
		D		Bunnsjiktdekning	A9	6	50-75%
	1AR	A	0	Tresjiktdominans	A3	L2	>50%
			B	Bartreandel	A5	0	0-12,5%
			E	Edelløvtreandel	A5	0	0-12,5%
			L	Andel boreale løvtrær av	A5	4	>75%
			V	Andel pil og vier	A5	1	12,5-25%
			XX	Andel enkelttreslag/busk	A5	BEpu 4	>75%
		B	B	Bartreandel	A5	0	0-12,5%
			E	Edelløvtreandel	A5	0	0-12,5%
			L	Andel boreale løvtrær av	A5	3	50-75%
			V	Andel pil og vier	A5	2	25-50%
			XX	Andel enkelttreslag	A5	BEpu 4	>75%
		C	L	Andel vedvekster	A5	4	>75%
			G	Andel gressvekster	A5	0	0-12,5%
			K	Andel karkryptogamer*	A5	0	0-12,5%
			U	Andel urter	A5	0	0-12,5%
		D	M	Andel mose	A5	4	>75%
			L	Andel lav	A5	0	0-12,5%
D4	4DG	0		Stående død ved	T3	0	
	4DL	0		Liggende død ved	T3	0	
	4 RV	0		Rotvelt	T3	0	
D9	9TS			Tresjiktstruktur	1-3	3	

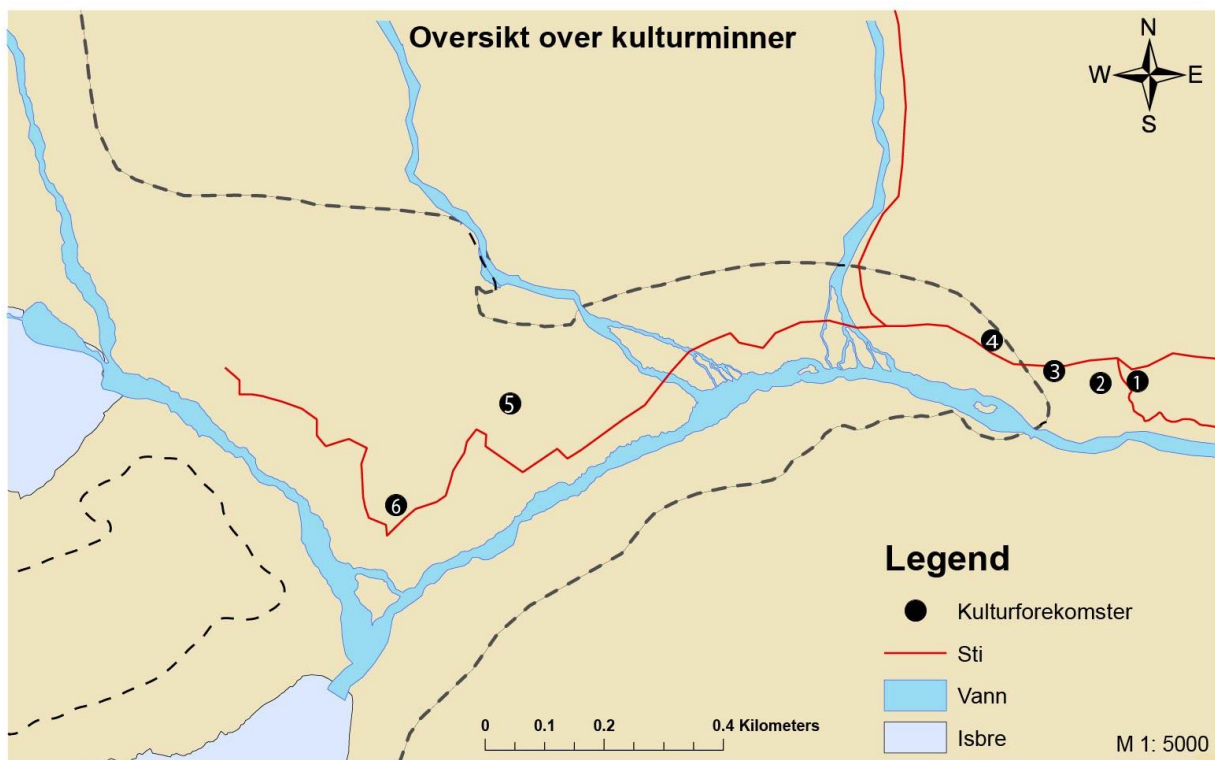
- 1AR-C-K (andel karkryptogamer) inkluderer ikke bregner som registreres under 1AR-C-U (andel urter)

5.7. Kulturpåvirkning

Her presenteres resultatet av to kilder til variasjon som er brukt til å finne spor etter arealbruk i breforlandet.

Menneskeskapte objekter (D5)

Seks ulike menneskeskapte objekter eller kulturforekomster ble registrert i eller i tilknytning til feltområdet. Plasseringen av disse er visst i figur 27 under. I figuren vises også stien som er registrert som menneskeskapt objekt i NiN.



Figur 27. Oversikt over forekomster av kulturminner i feltområdet. Buerbreens LIA er markert som stiplet linje.

Tabell 7 viser hvordan kulturforekomstene (1-6) er registret med NiN og forklaring til disse. Steinkonstruksjon er ikke en egen variabel i NiN, men omfatter små, løse gjenstander på romlig skala opp til 16 meter.

Tabell 7. Kulturforekomster

Nr	NiN kode	Forklaring
1	5BY- IL- FL	Utløe
2	5KU- AR- TU	Tuft
3	5KU- AR- TU	Tuft
4	5BY- IL- FL	Utløe
5	5XG- SM	Steinkonstruksjon
6	5BY- BO- HY	Hytte

Tilstandsvariasjon (D7)

Undersøkelse av beitetrykk (7JB-BT) på vegetasjonen viste spor av tidligere beiting i skogen i nedre del av feltområdet, fortrinnsvis øst for Langgrødelvi. I dette området er beitetrykket vurdert satt til trinn 2 – lavt beitetrykk. For resten av breforlandet er ingen sport av beiting funnet, selv på prefererte arter og beitetrykket er satt til trinn 1 – ingen beitespor. Begrunnelse for angivelsen vil bli nærmere drøftet i diskusjonskapittelet under punkt 6.2. Ellers er ingen beitedyr, eller tegn etter dem observert i breforlandet.

Undersøkelsen av hogststubbeandel (7SB-HS) avdekket ingen forekomster i feltområdet. Angivelsen blir dermed satt til 0 på A9 måleskalaen.

5.8. Resultat av intervju

Her vil jeg gå gjennom resultatet fra intervju med tre sentrale personer rundt bruken av Buerdalen i nyere tid. En kort beskrivelse av hvert bruk og kilde er gitt under:

- Bruk 1 er drevet av Torvald Kambestad (57 år), men i dag er det hans datter som eier det. Bruk 1 har eiendomsgrense i området mellom Buer og grensegjerdet rundt 100 meter vest for Gletthaug i feltområdet.
- Bruk 2 tilhører Helge Buer (77 år) og med eiendom i lien i den østlige delen av Buer, der parkeringsplassen ligger.
- Bruk 3 tilhørte Ola Buer (78 år), men i dag har sønnen hans overtatt bruket. Dette bruket har eiendomsgrense vest for grensegjerdet mot bruk 1 som omfatter feltområdet. I tillegg har dette bruket eiendom ved Buer.
- Alle brukene har også eiendommer på sørsiden av Buerelvi opp mot Buervatnet.

Kambestad har jeg hatt stor nytte av som informant også etter felt. Vi har korrespondert per e-post, og jeg har hatt muligheten å få svar på spørsmål som har dukket opp underveis i arbeidet. Videre har Kambestad vært behjelpelig med å videreformidle spørsmål til Ola Buer på mine vegne. Informasjon fra denne korrespondansen er lagt inn i dette kapittelet.

Slåtten

Ola Buer sier at slåtten ved Langgrød tok slutt for rundt 50 år siden. Kambestad nevner at han var med å kjøre løypestrenger med høy fra Langgrød, noe som sist kan ha skjedd i 1961-62 like før det ble slutt på bruken ifølge Helge Buer. Da gikk det ras over stien samtidig med at folk ble eldre. Langgrød lå i bakkene like ovenfor breforlandet, og det har derfor ikke vært slåtteteiger i feltområdet.

Området rundt Buervatnet kalles for Buerstølen, og hørte til de tre brukene på Buer. Ola Buer mente at det muligens hadde vært slått og lauvet oppe mot Buerstølen før 1900, men lenger nede ovenfor Buer holdt slåttene fram mot 1950.

Hogst

Informantene nevner at det kan ha vært hogd ved og ryddet skog vest for Gletthaug, men at det i så fall foregikk liten skala og at veduttaket kun var til eget bruk på Buer. Det er usikkert om det i så fall har skjedd innen breforlandet eller i bakken ovenfor. Det ble for øvrig hentet ved fra området rundt Langgrød på samme tid som slåttene ifølge Ola Buer.

Om hogsten rundt ved Buervatnet ble det sagt at skogetaten har plantet gran i liene. Denne har ikke vært hogd bortsett fra enkelte små uttak til eget bruk ifølge informantene. Verneområdene er det uaktuelt med mer skogplanting i dag.

Husdyr og beite

Ola og Helge Buer forteller at det har vært melket kyr vest for Gletthaug og at det skjedde på utløen (kulturforekomst nr. 4) som kalles Mjøstølsflore. Rundt 8-12 kyr beitet i området før man sluttet med fedriften rundt 1950. Det stemmer nok, for Kambestad kunne ikke huske at det hadde vært melket kyr i området i hans tid. Helge Buer nevner også at det gikk sauer og geiter i området på samme tid som kyrne var der.

Ola Buer nevner at det har gått omkring 12-15 voksne sauer + lam på eiendommen hans vest for Gletthaug så lenge han kan huske, det vil nok si siden 40-tallet. Kambestad nevner at det var omkring like mange sauer som lam, og at det fram til 1995 var sommerbeite, og fra 1995 til 2004 vår- og høstbeite. Deretter har det ikke vært beitet i området, bortsett fra når Kambestad sine sauer sporadisk har gått innenfor grensegjerdet mellom hans og Ola Buer sin eiendom, sist gang i 2014. Ola Buer sier at sauene ikke gikk opp til Såta, men det enkelte ganger det kunne bli beitet her av sauer fra Tokheim på andre siden av fjellet.

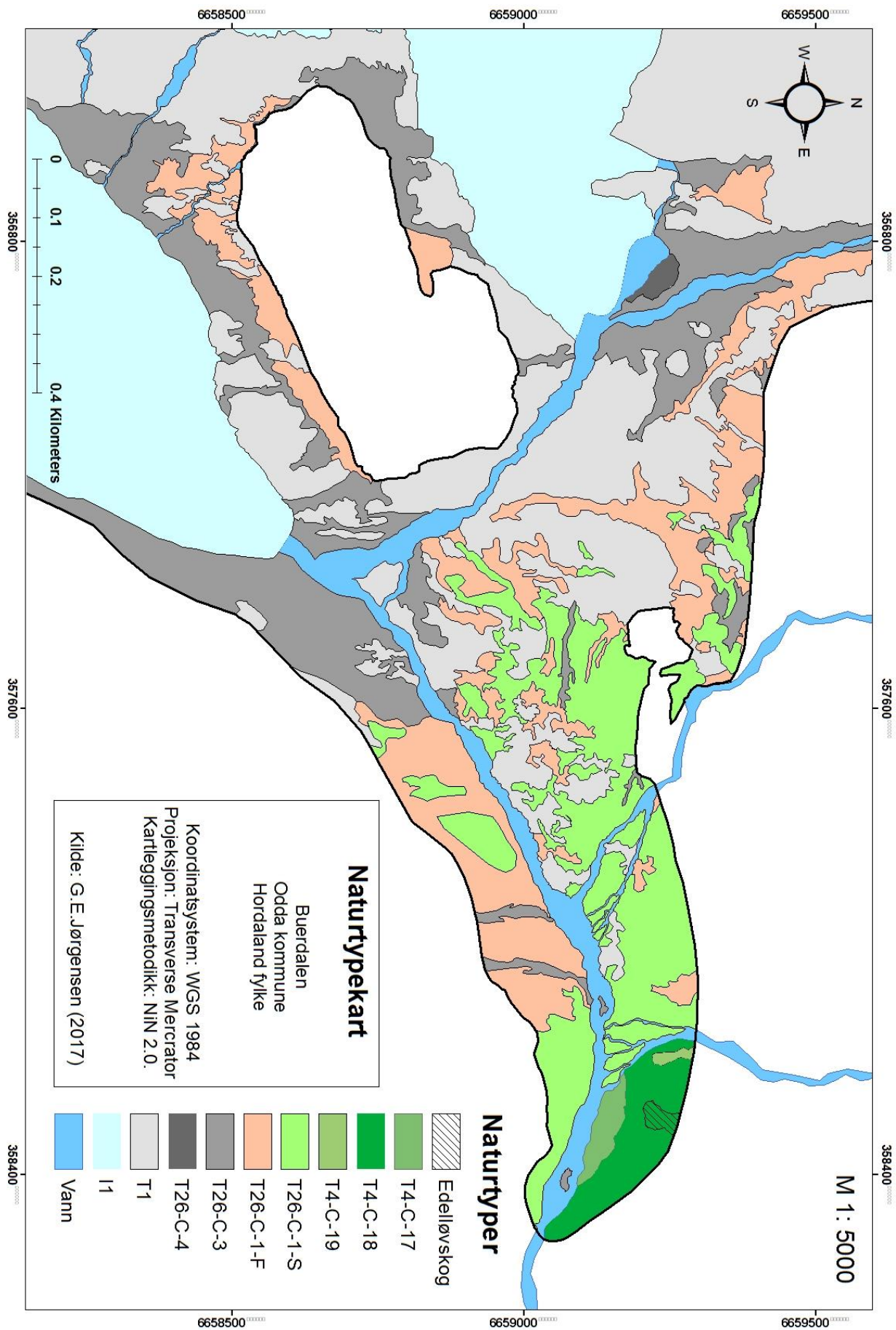
Navnet Buerstølen indikerer at det har vært støla ved Buervatnet (melking, kinning og ysting). Fra gammelt av lå stølene på sørsiden av Buervatnet og her har det vært stølet på tradisjonelt vis ifølge Ola Buer, men dette skjedde antakeligvis før 1900 siden Ola Buer aldri hørte bestefaren snakke om at han hadde opplevd støling der. Dagens støler på nordsiden av Buervatnet har bare vært brukt til tilsyn av beitedyr og til fritidsbruk.

Om skog som forsvant

Kambestad husket at det var det et snøskred som tok noe skog nedenfor Langgrødelvi i dalbotnen. Det førte til at han måtte sette opp igjen grensegjerdet innenfor Gletthaug. Det skjedde trolig i 1993 ifølge Bjørn Buer.

5.9. Naturtypekart

Figur 28 gir en oversikt over de ulike naturtypene som er registrert i felt og deres plassering i breforlandet. Kartleggingen viser at for breforlandet som helhet er nakent berg den mest utbredte naturtypen, mens arealet som er fotgått i felt (øst for elven fra Øvre Buerbreen og nord for Buerelvi) viser mer variasjon. Nederste del, øst for Langgrødelvi utgjøres av skogsgrunntyper under T4. I grove trekk følger deretter en sone hvor skog under T26 dominerer. Nærmere elven fra øvre Buerbreen og under Nordbakkenuten tar fjellhei mer over for skogen, og nærmest brearmene er det nakent berg eller grus- og steindominert mark som er den rådende naturtypen, bortsett fra en mindre sone dominert av fin grus til leire foran Øvre Buerbreen.



Figur 28. Oversiktskart over naturtypene i breforlandet i Buerdalen i målestokk 1:5000.

Tabell 8 under gir en forklaring til naturtypene som er registrert. De enkelte naturtypene er nedenfor beskrevet nærmere, og jeg vil gjøre rede for hvordan jeg har skilt mellom dem og hva som karakteriserer dem i mitt feltområde.

Tabell 8. Naturtyper

NiN kode	Forklaring
Edelløvskog	Skog med >50% dominans av edelløvtrær
T4-C-17	Storbregneskog
T4-C-18	Høgstaueskog
T4-C-19	Litt tørkeutsatt høgstaueskog
T26-C-1-S	Skoginitialer
T26-C-1-F	Fjellhei-initialer
T26-C-3	Grus- og steindominert breforland i pionerfasen
T26-C-4	Breforland og snøavsmeltingsområder i pionerfase, dominert av fin grus til leire
T1	Nakent berg
I1	Snø- og isdekt fastmark

Edelløvskog

Er ikke egen naturtype i NiN, men registrert ved hjelp av beskrivelsessystemet. Bare ett område hadde tilstrekkelig dominans av edelløvtrær (>50%) til å bli kartlagt som edelløvskog i feltområdet. Dominerende treslag her er alm som sto for rundt 50% av tresjiktet. Ellers var artssammensetningen i busk- felt og bunnsjikt det samme som i høgstaueskogen, med litt større andel gress og urter på bekostning av bringebær *Rubus idaeus*, noe som ga et noe åpnere inntrykk.

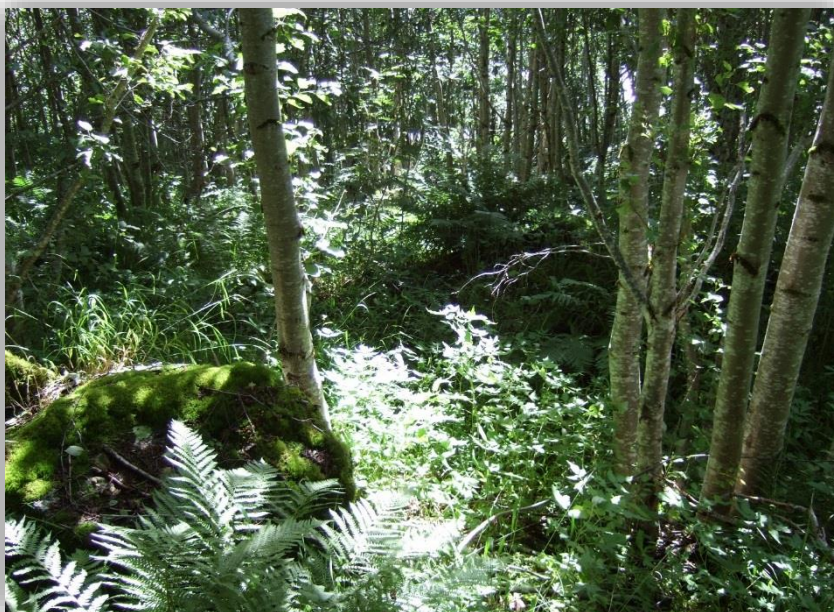
Edelløvskogen ligger i øvre og midtre del av området med T4-skog, og henger sammen med en større edelløvskog utenfor feltområdet. Edelløvskogen er 2,2 dekar stor.



Figur 29. Edelløvskog

T4-C-17 – Storbregneskog

Naturtypen er dominert av gråorskog som er yngre og lavere her enn høgstaudeskogen. Tresjiktet er frodig og tett, men ikke så tett som i høgstaudeskogen og har et veldefinert kronesjikt. Enkelte steder er dominert av alm i undertresjiktet. Dessuten ble ask *Fraxinus excelsior* og feltområdes eneste forekomst av hegg *Prunus padus* funnet her. Feltsjiktet er klart dominert av bregner med mer eller mindre innslag av vanntolerante urter og gressvekster. Der det ikke er for mye bregnestrøhumus er marken dominert av moser. Storbregneskog finner vi mellom Buerelvi og stien, i nedre del av T4-skogen og er 6,7 dekar (daa) stor.



Figur 30. Storbregneskog (T4-C-17).

T4-C-18 – Høgstaudeskog

Tresjiktet er dominert av boreale løvtrær, fortrinnsvis dunbjørk *Betula pubescens* men også rogn og gråor. Dessuten er selje *Salix caprea* vanlig. Generelt stor variasjon i tresjiktet og vanskelig å finne veldefinerte kronesjikt. Alm mer vanlig i undertresjiktet, ellers er tresjiktet meget frodig og tett. Det er stedvis meget tett med bringebær i busksjiktet. Feltsjiktet er mange steder dominert av brennesle, som sammen med bringebær sørger for en svært tett og ufremkommelig undervegetasjon i store deler av naturtypen. I tillegg finnes mye firkantperikum *Hypericum maculatum* og skogstjerneblom *Stellaria nemorum*. Deler av naturtypen består av ras- og blokkmark, overgrodd av mose. I disse områdene kan busk- og feltsjiktet være mindre tett med større andel av urter og karsporeplanter som bregner. Her er også mer utviklet bunnsjikt, overveiende mose, enn områder med tettere feltsjikt. Høgstaudeskogen utgjør det meste av arealet i T4-skogen og er 29 dekar stort.



Figur 31. Høgstaudeskog (T4-C-18)

T4-C-19 – Litt tørkeutsatt høgstaudeskog

Skiller seg fra høgstaudeskogen ved at tre- busksjiktet ikke er like tett noe som gjør at naturtypen har mindre frodig preg og mer lys slipper gjennom. Har også større andel dunbjørk i tresjiktet. Varmekjære treslag forekommer ikke. Feltsjiktet har mer innslag av lavvoksende gress og urter. Markjordbær *Fragaria vesca* og blåklokke *Campanula rotundifolia* er for eksempel godt tilstede, mens brennesle er nesten fraværende. Noe bregner finnes også. Mosedeckningen er omtrent den samme som i høgstaudeskogen generelt.

Terrenget har en svak konkav profil med drenering ut mot sidene i tillegg til ned dalsiden. Naturtypen ligger nær Langgrødelvi i den øverste og vestlige delen av T4-skogen og er 1,3 dekar stort.



Figur 32. Litt tørkeutsatt høgstaudeskog (T4-C-19)

T26-C-1-S – Skoginitialer

Omfatter tresatte arealer på skrinne mark (ikke skogsmark). Skiller seg fra høgstaudeskogen ved at trærne her er mindre utviklet og lavere, og jordsmonnet er tynnere (høyst et par cm tykt) eller mangler helt. Tresjiktet er dominert av bjørk, fortrinnsvis fjellbjørk mens dunbjørk forekommer i lavereliggende østlige områder. Enkelte individer av rogn, gran, gråor og osp *Populus tremula* finnes også. Ved stien mellom Nordbakkelvi og Langgrødelvi ble naturtypens eneste varmekjære treslag funnet, en ung ask. Høyere andel vier (selje i tresjikt) i busk- og feltsjiktet. Her er også einer registrert. Feltsjiktet viser stor variasjon, men med mer innslag av lyngarter på bekostning av gress, urter og karsporeplanter i forhold til naturtypene under fastmarksskogsmark (T4).

Denne skogstypen er mest utbredt mellom Langgrødelvi og Nordbakkelvi og litt vest for Nordbakkelvi, men finnes også enkelte steder i øvre del av breforlandet nedenfor Nordbakknuten og på sørsiden av Buerelvi, da spesielt i nedre del. Totalt utgjør naturtypen et område på 149 dekar.



Figur 33. Skoginitialer (T26-C-1-S).

T26-C-1-F – Fjellhei-initialer

Er ekvivalent til T26-C-1-S men uten tresatt areal og omfatter alle skogløse områder, unntatt snøleier (snøleie er egen naturtype, som ikke ble registrert i feltområdet) der marken er dominert av vegetasjon. Enkelte treslag som ikke er høye nok eller står tett nok til å danne skogbestand kan forekomme, da hovedsakelig fjellbjørk, men også unge individer av selje, osp, rogn, gran og furu er funnet. Vier er vanlig som busk- og feltsjikt. Feltsjiktet har stor variasjon, men med større innslag av lyngvekster og dvergbjørk *Betula nana* enn de øvrige naturtypene. En større andel lav i bunnsjiktet i T26-C-1 (både fjellhei- og skoginitialer) enn i fastmarksskogsmark (T4), men fortsatt mosedominert.

Fjellhei finnes spredt i det meste av breforlandet vest for Langgrødelvi, med et tyngdepunkt nedenfor Nordbakkenuten og på sørsiden av Buerelvi. Totalt dekker naturtypen 193 dekar.



Figur 34. Fjellhei-initialer (T26-C-1-F) omgitt av nakent berg.

T26-C-3 – Grus- og steindominert breforland i pionerfasen

Dette er områder dominert av grove løsmasser som grus, stein og mindre blokker som har større arealdekning enn vegetasjonen. Enkelte juvenile arter av fjellbjørk, gran og vier finnes, men ellers er forekomst av vedvekster fraværende. Kildemose og skorpelav er blant taxaene med størst utbredelse, deretter ulike pionerarter av gress og urter som smyle *Avenella flexuosa* og fjellsyre *Oxyria digyna*. Også individer av søterot og fjellkvann er funnet her.

Naturtypen finnes primært nær øvre og nedre Buerbreen. Omfatter også rasmark som har fjernet vegetasjonen i områder dominert av fjellhei- og skoinitialer lenger ned i breforlandet. Utgjør til sammen 251 dekar.



Figur 35. Grus- og steindominert breforland i pionerfasen (T26-C-3).

T26-C-4 – Breforland og snøavsmeltingsområder i pionerfase, dominert av fin grus, sand, silt til leire

I motsetning til T26-C-3 dekker denne naturtypen områder som er dominert av løsmasser med fin kornstørrelse, det vil si opp til fin grus (ca. 10 mm). Naturtypen er i feltområdet karakterisert av fullstendig fravær av vegetasjon. Kun ett polygon ble registrert under denne naturtypen i feltområdet, like foran Øvre Buerbreen ved et nylig blottlagt stillestående vann. Muligens finnes også naturtypen foran Nedre Buerbreen men dette var vanskelig å avgjøre på avstand. Dekker 3,1 dekar.



Figur 36. Breforland og snøavsmeltingsområder i pionerfase, dominert av fin grus, sand, silt til leire (T26-C-4) ses i forgrunnen av vannet.

T1 – Nakent berg

Til denne naturtypen hører områder der størst arealdekning er fast fjell i dagen. Vegetasjonsdekket eller løsmasser kan være helt fraværende, eller, mer vanlig, spille en underordnede rolle. Skorpelav er mest vanlige taxa ellers finnes andre moser og lav spredt. Karplanter finnes på gunstige steder, ofte langs sprekker eller groper med litt løsmasse, som bergfrue. Naturtypen finnes spredt i hele breforlandet øst for Langgrødelvi men blir mer vanlig jo nærmere breene en kommer. Nakent berg dekker 650 dekar av breforlandet.



Figur 37. Nakent berg (T1). Midt i bildet ses småvokst skog (T26-C-1-S)

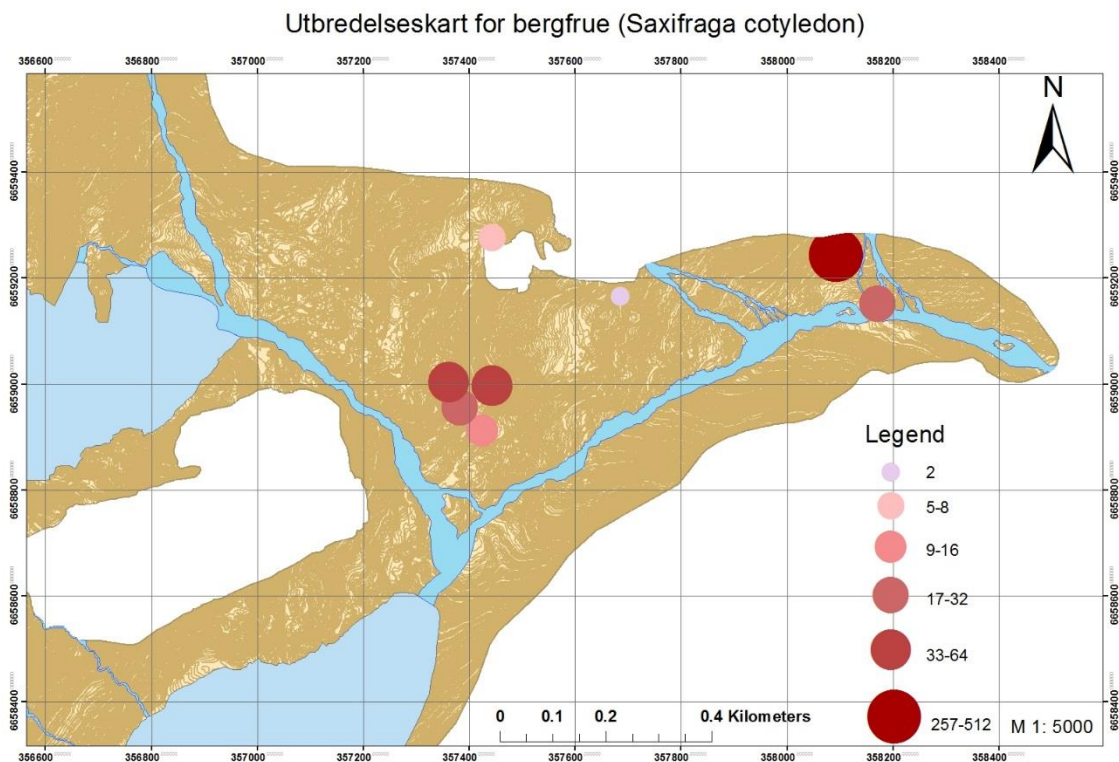
5.10. Utbredelseskart for plantearter

Utbredelse og mengde er registrert for hver av de fire ulike plantene. Størrelsen på punktene er viser artens mengden- eller størrelsesforhold, hver med sin egen fargekode. De er registrert etter faste mønstre der hvert trinn oppover på T4-måleskalaen fører til at punktet størrelsesverdi øker med 7 i ArcMap. For eksempel, registreres mellom 5 og 8 arter betyr det en logaritmisk tellevariabel (2-logaritmen) på 3 som gir punkt med størrelsesverdi 43. 2-logaritmen 4 (9-16 arter) = størrelsesverdi 50, 2-logaritmen 5 (17-32 arter) = størrelsesverdi 57 og så videre. Størrelsen på punktene er altså ikke lineær med artsmengde.

Lokale utbredelseskart er produsert for hver av de fire utvalgte plantene. En gjennomgang av de viktigste funnene for hver utvalgt art er gitt under.

Bergfrue

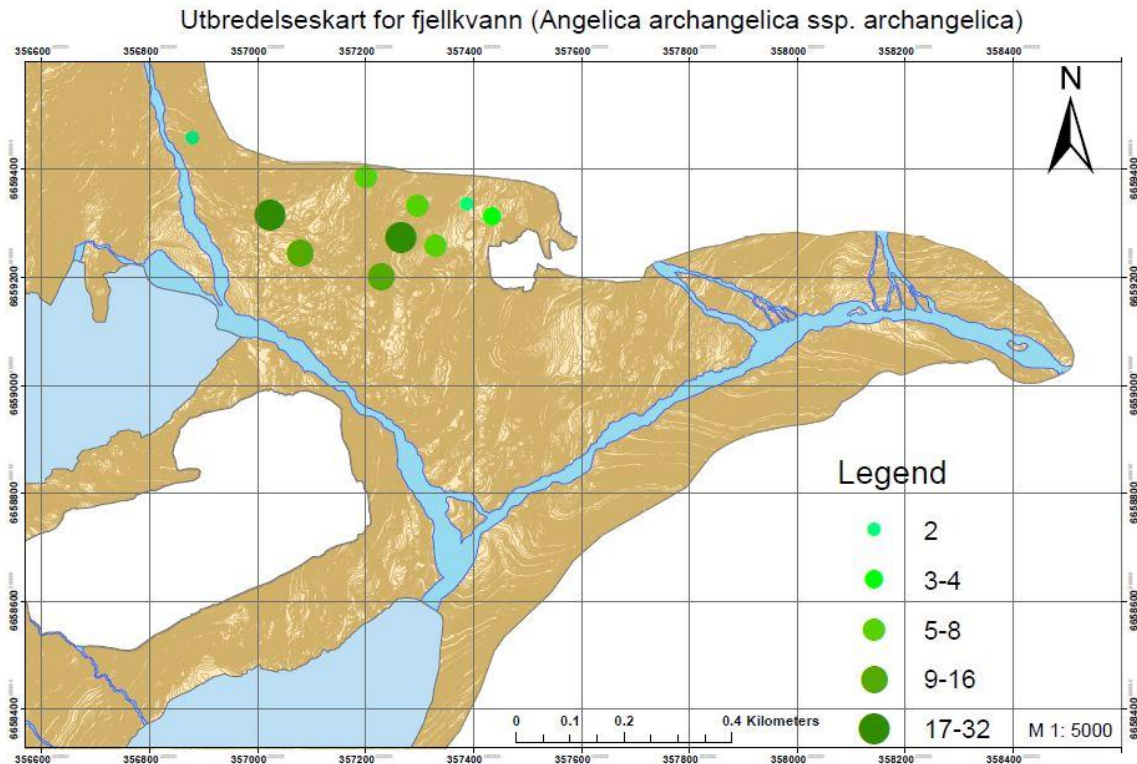
Åtte forekomster med bergfrue ble registrert i feltområdet, de fleste i et område med en del nakent berg langs stien opp til Øvre Buerbreen. Den klart største forekomsten ble funnet like vest for Langgrødelvi på svakt hellende, fuktig berg sammen med mye mose. Et anslag her ble gjort på 80 fertile individer (med blomst) og rundt fem ganger så mange infertile individer (uten blomst). I snitt var det omkring 4 ganger flere infertile enn fertile individer. Alle individene ble funnet på berg innen naturtypen T26-1-C-F og hovedtypen T1.



Figur 38. Utbredelse og størrelsesorden av bergfrue i breforlandet til Buerbreen.

Fjellkvann

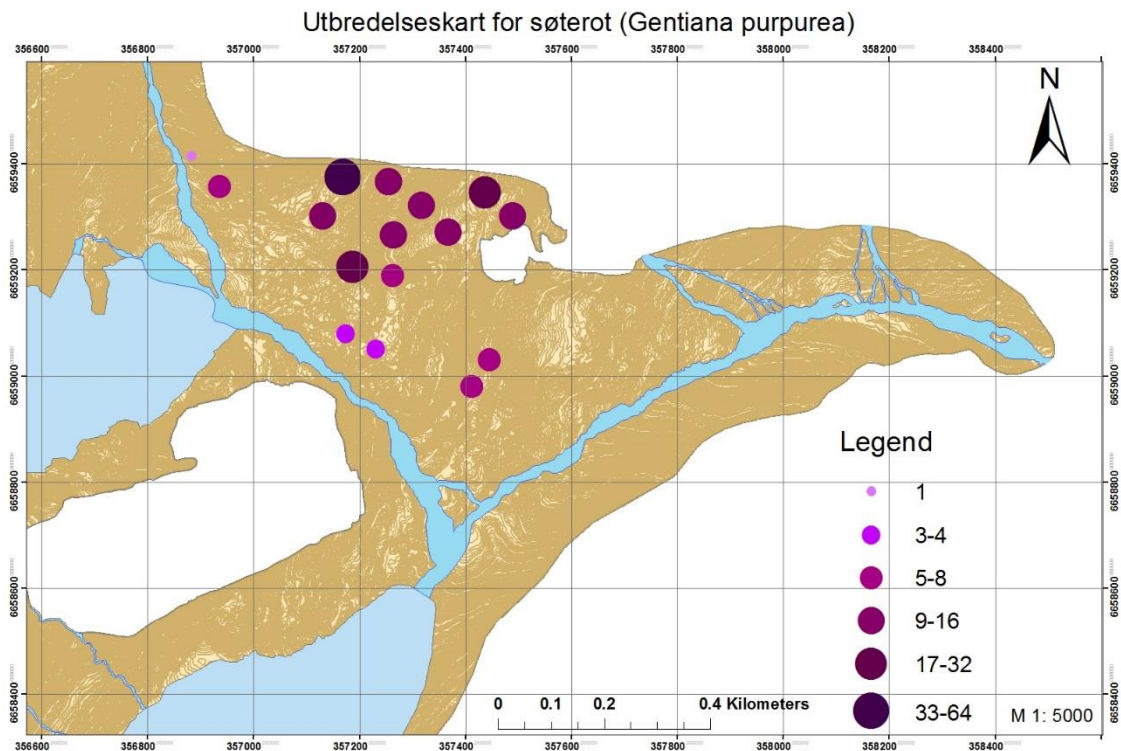
10 forekomster av fjellkvann ble registrert i feltområdet. De ble funnet i øvre høyere liggende del av del av feltområdet på steinet mark, ved berg og andre steder med lite jordsmonn. De fleste individene ble funnet innen naturtypen T26-C-1-F, men en del er også funnet i T26-C-1-S og i T26-C-3.



Figur 39. Utbredelse og størrelsesorden av fjellkvann i breforlandet til Buerbreen.

Søterot

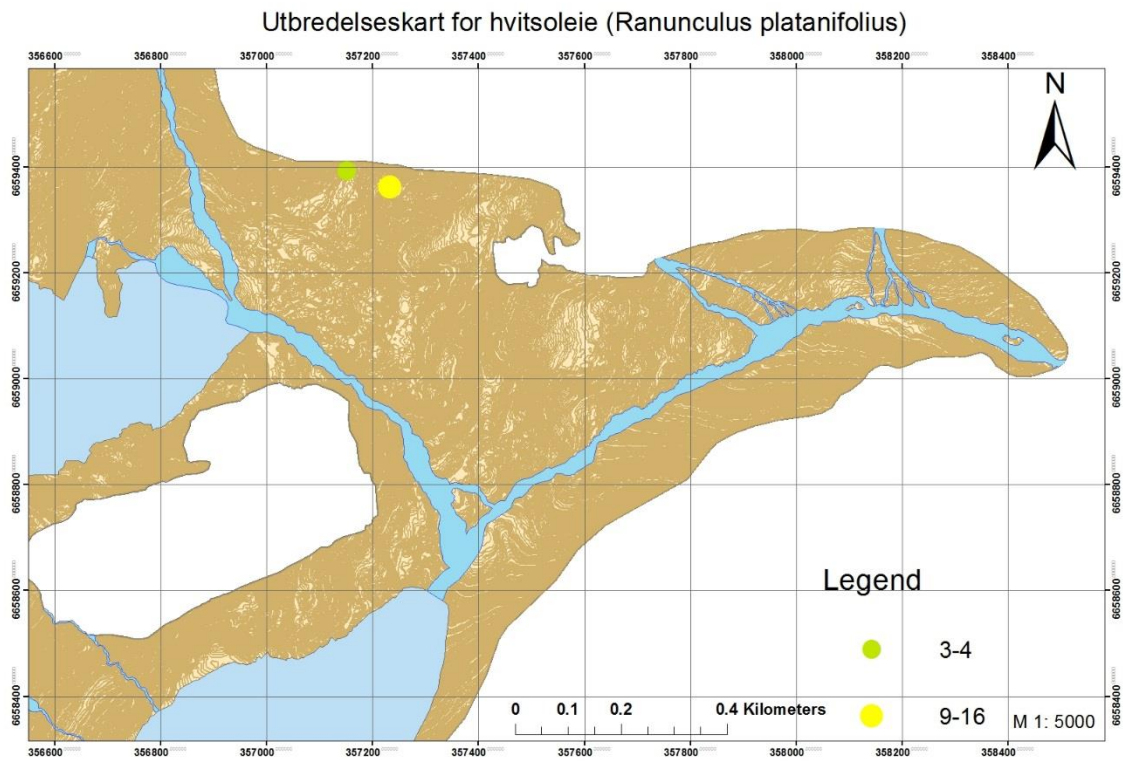
16 forekomster av søterot ble registrert i feltområdet. Hoveddelen av forekomstene er registrert innen naturtypen T26-C-1-F, spesielt i den høyestliggende delen av feltområdet under Nordbakkenuten. Søterot er også funnet i T26-C-3 og innen hovedtypen T1. Alle forekomstene er funnet i den øvre delen av feltområdet, ingen forekomster er registrert øst for Nordbakkelvi.



Figur 40. Utbredelse og størrelsesorden av søterot i breforlandet til Buerbreen.

Hvitsoleie

To forekomster av hvitsoleie ble funnet i feltområdet. Begge er funnet i T26-C-1-F i den høyere delen under Nordbakkenuten. De to forekomstene besto av henholdsvis 3 og 10 individer.



Figur 41. Utbredelse og størrelsesorden av hvitsoleie i breforlandet til Buerbreen.

6. Diskusjon

I dette kapitlet vil jeg koble funnene fra forrige kapittel opp mot relevant teori og annen litteratur. Diskusjonen tar utgangspunkt i hver av problemstillingene.

6.1. Vegetasjonsendring i breforlandet

Her diskuteres første problemstilling i oppgaven:

- *Har det skjedd en endring i tre- og skoggrensen og skogens utbredelse i breforlandet i Øvre Buerdalen mellom 1981 og 2016, og i så fall hvilke?*

Endring av tre- og skoggrensen

Registrering i felt og flybildetolkning indikerer at det ikke har skjedd noen signifikant endring av skog- og tregrensen på 823 og 925 m.o.h fra 1981 til 2016 i den sørlige dalsiden ved Buervatnet. Til forskjell er en økning på rundt 25 og 29 meter registrert henholdsvis for skog- og tregrensen ved Såta for de siste 35 årene – fra 1015 m.o.h. til 1040 m.o.h for skoggrensen og fra 1040 m.o.h til 1069 m.o.h for tregrensen. At tregrensen ligger betydelig høyere enn skoggrensen slik vi ser for dalsiden ved Buervatnet er typisk for oseaniske strøk. En tregrense som ligger >50 meter over skoggrensen er vanlig for et område som Buerdalen, mens tregrensen i kontinentale strøk oftest bare ligger 10-20 meter høyere enn skoggrensen (Moen, 1998).

På flybildet fra 1981 var det som nevnt noen vanskeligheter med å tolke vegetasjonen, spesielt ved Buervatnet. Det kan derfor ikke utelukkes at tre- og skoggrensen har endret seg siden 1981 også for Buervatnet sitt vedkommende, men at det ikke har vært mulig å avdekke ved bruk av flybildetolkning.

Avgrensning av breforlandet

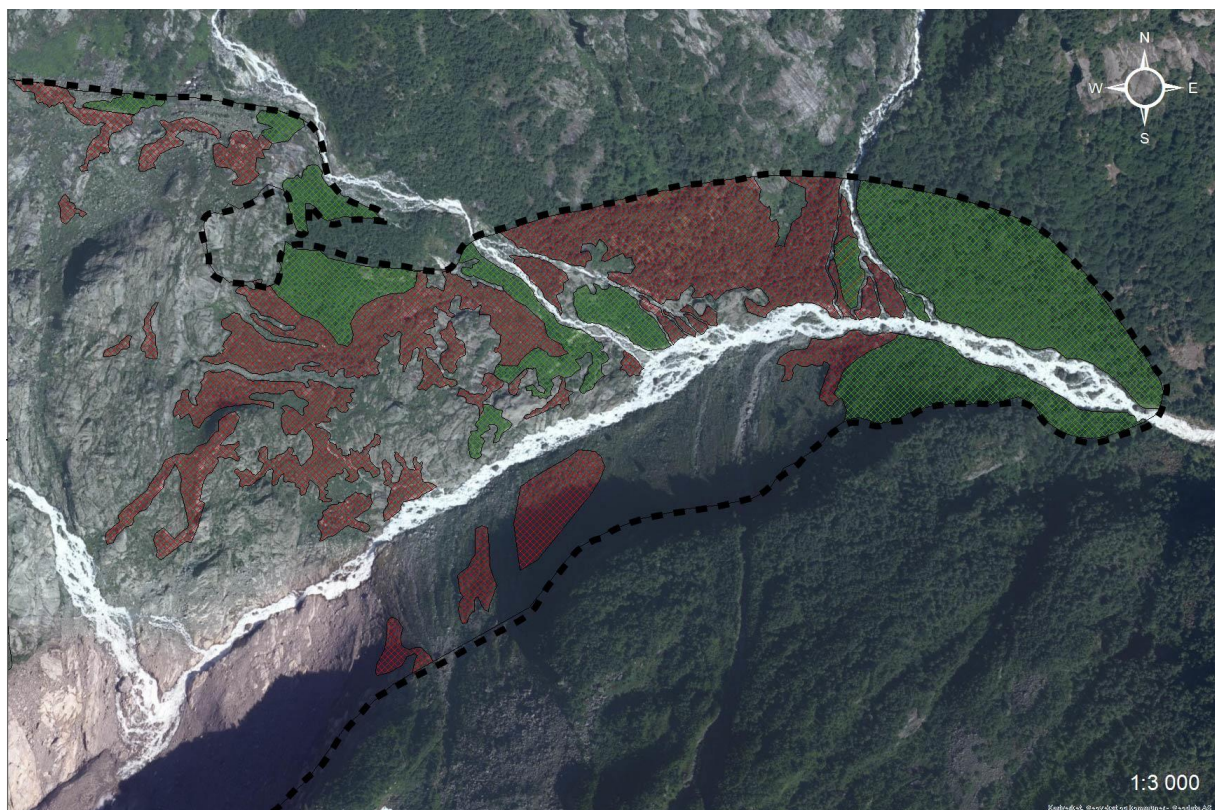
For å kunne svare på om det har skjedd en vegetasjonsendring i breforlandet måtte jeg først avgrense det. For å gjøre det måtte jeg finne hvor breen sto ved LIA. Nussbaumer et al., 2011 daterte som tidligere nevnt, LIA til 1878/79, men påpeker at breen var stor i hele perioden frem til 1892/93 da en mindre topp ble nådd. Dette samsvarer også med min egen undersøkelse av historiske kilder. Det er ikke mulig å si sikkert hvilket år breen nådde LIA på med bakgrunn i de bildene jeg har analysert (noe som uansett har lite å si for min problemstilling), men jeg har fått god oversikt over breens utstrekning i andre halvdel av det 19-århundre. Jeg har som nevnt også hatt nytte av andre kilder for å fastsette Buerbreens LIA (se punkt 4.3.).

Fra 1900 begynner de systematiske brefrontmålingene av breen, og bredata viser at i perioden med målingene har breen vært størst i 1933. Bildet fra 1931 viser at breen har en formidabel utstrekning, men når ikke så langt som mellom 1870 og 1893. Breen stoppet da litt øst for Langgrødelvi.

Vegetasjonsendring i breforlandet 1981-2016

Figur 42 viser at det har vært en vegetasjonsendring i breforlandet mellom 1981 og 2016. Skogen har i store trekk ekspandert vestover i takt med at substratet blir eldre. Dette er i tråd med hva som er forventet i en primærsuksesjon der grunnen blir fasilitert (Whittaker, 1987; Matthews, 1992; Ganderton et al., 2005 m.fl.) og mer utviklede plantesamfunn som trær og busker kan etablere seg (Vetaas, 1986). Skogen har kolonisert gunstige områder først, særlig forsenkinger i landskapet. Der det er nakent berg eller rasmark, er det fortsatt få trær som har etablert seg.

I tillegg har området mellom Nordbakkelvi og Langgrødelvi fått skog etter 1981 og senere enn området øst for Nordbakkelvi nærmere breen. Årsaken til dette blir nærmere diskutert under det andre spørsmålet i problemstillingen.



Figur 42. Skogen i feltområdet. Grønne områder viser skogen i 1981 basert på flybildetolkning. Røde områder viser ny skog i 2016 basert på feltkartlegging, flybildetolkning og tolkning av egne fotografier (Statens kartverk).

6.2. Påvirkningsfaktorer

Her diskuteres andre problemstilling i oppgaven:

- *Hva er årsaken til denne endringen – bruks- eller klimaendringer?*

Tre- og skoggrensen

Siden Buerdalen som kjent består av bratte dalsider, har kartlegging av tre- og skoggrensen blitt gjort på stedene det er enklest å komme til. Naturlig nok er også dette områder hvor det har vært lettest å drive bruk.

Ved Buervatnet er området fortsatt mye brukt til beiting i dag. Her var det en godt tråkket sti opp mot vannet og det ble observert sauer og skotsk høvfjellsfe som beitet over og under tre- og skoggrensen. Her har det trolig vært slått, lauving og støling eller en kombinasjon av disse på 1800-tallet, som må ha medført at skogen var hogd. Til Såta gikk det sti via Langgrød, men denne er i dag overgrodd og borte flere steder. På Såta, hvor jeg har målt tre- og skoggrensen, synes området å ha vært mer skjermet for bruk enn ved Buervatnet. Det meste av bruken her har vært konsentrert til Langgrød og nutene nedenfor Såta som har vært nyttet til slått, og det har vært beiting fra «*nedsiden*» av Ola Buer sine sauer. Ovenfor eggjakanten har det ikke vært slått, men det kan ha vært beitet sporadisk av sauer fra Tokheim.

I følge Moen (1998) er det påvist en nær sammenheng mellom skoggrensen og 10 °C isoterme for årets varmeste måned. Skoggrensen ved Såta ligger på 1040 m.o.h. omtrent på samme høyde som ved Midtlæger (1079 m.o.h.). På Midtlæger har middel julitemperatur vært under 10 °C fra 1967-2002 og over 10 °C fra 2002 fram til 2013. For klimadataene fra Bergen kan vi regne med at det ved 1000 meters høyde er ca. 6 °C kaldere. Her viser trendlinjen en middeltemperatur under 10 °C for hele måleserien siden 1904, unntatt for årene etter 2010.

At skoggrensen i Buerdalen likevel er høyere enn 10 °C isoterme for Bergen det meste av trendlinjen, kan for det første skyldes eksponeringen mot sør-sørøst som gir ekstra mye solinnstråling og varme, og for det andre at julitemperaturen langs Sørfjorden er høyere enn for områder som er utsatt for den kalde havluften fra vest (Skaar, 2008). Videre fant Voster (2007) i sin undersøkelse av triterme (de tre varmeste månedene) i Raundalen som ligger 15 km nord for Buerdalen, at det er teoretisk mulig for bjørka å vokse på over 1000 meters høyde her.

De øverste enkeltrærne (tregrensen) ligger omkring 30 meter høyere enn skoggrensen ved Såta, og sammenholdt med klimadataene tyder det på at skoggrensen ligger nær sin øverste

klimatiske grense, og at det ikke har vært bruk som kan ha senket den, noe som samsvarer med informasjonen fra informantene.

Selv om det er forventet at skoggrensen i den nordvendte siden ved Buervatnet har lavere tre- og skoggrense som følge av mindre varmemengde (Moen, 1998), virker hogst også ha medført en senkning av tre- og skoggrensen, som har fortsatt til i dag, da området fortsatt beites. Trærne her har følgelig ikke kunne ekspandere i høyden selv om de klimatiske forholdene ligger til rette for det. Dette understøttes av at både tre- og skoggrensen er høyere lenger øst i samme dalside (som også ligger nordvendt til) og at skoggrensen ligger like høyt her som i Raundalen (Voster, 2007) som også har blitt senket på grunn av arealbruk. At det er så stor avstand mellom tre- og skoggrensen ved Buervatnet i dag skyldes trolig at enkelttrær på utilgjengelige steder har fått stå i fred for beitedyr. Observasjon i felt viste at enkelttrærne som lå høyest sto på steder som var mer utilgjengelig for beitedyr.

Resultatet for Buervatnet samsvarer med mange andre undersøkelser av tre- og skoggrensen i Norge. Bryn (2008) fant for eksempel ut at 97 % av skogekspansjonen i perioden 1959-2001 i Venabygdsfjellet i sør-øst Norge skjedde under den klimatiske skoggrensen. Det var ingen indikasjoner på at ekspansjonen skyldes varmere klima ettersom sommertemperaturen falt i perioden. En lignende resultat kom Penniston & Lundberg (2014) fram til i sin undersøkelse av skogekspansjonen i lavereliggende fjellområder rundt Bergen.

Som nevnt er det et tidsspenn mellom endring i klima og til vegetasjonen responderer på denne endringen (Walther, 2002; Holtmeier & Broll, 2005). At tregrensen ligger høyere enn skoggrensen, viser også at skogen har potensiale til å etablere seg lenger opp hvis det ikke skjer en klimaforverring. Bjørk har vist å ha en mye høyere kapasitet for rask ekspansjon i fjellregioner enn furu og gran i Norge (Bryn, 2008), og trenger bare en gjennomsnittstemperatur i tetratermen (de fire varmeste månedene) på 7,5 °C noe som er lavest for alle av våre treslag (Moen, 1998). Det er derfor sannsynlig at den videre ekspansjonen også vil utgjøres av bjørk i fremtiden.

Breforlandet

Vi har klimadata som viser at julitemperaturen i Bergen og i Midtlæger har steget, både siden 1981 og 1900. Videre viser brededata at Buerbreen har trukket seg tilbake med 1185 meter mellom 1933 og 2015. Siden breen er en klimaindikator (Nesje, 2012; NVE, 2016) vil all vegetasjonsutviklingen der breen har trukket seg tilbake vært betinget av en klimaendring. Hele det undersøkte breforlandet ligger under den klimatiske skoggrensen, og det er derfor forventet

at skogen ekspanderer. I det følgende vil derfor diskusjonen handle om i hvor stor grad bruksendringer har påvirket skogsendringen i breforlandet siden 1981.

Informasjon fra informanter og skriftlige kilder peker mot at slått og lauving har vært avgrenset til områder utenfor breforlandet. I den grad det har vært hogst i breforlandet har det vært i beskjedent omfang. Breforlandet har neppe vært et prioritert sted for hogst da breen sto et godt stykke nedenfor Langgrødelvi så sent som 1933, slik at de få trærne her nødvendigvis må ha vært små og gitt lite ved (som fig. 19 viser) også de påfølgende tiårene. I breforlandet sør for Buerelvi har det ikke vært noen form for bruk på grunn av topografiske forhold.

Resultatet av kulturpåvirkningen viser få spor av menneskeskapte objekter i breforlandet. Kulturforekomst 1 er en utløe som står på grunnmuren til nye Buer Hotell, og kan ha vært satt opp i forbindelse med husdyrhold på bruk 1. Det er spor etter beiting i området både på vegetasjonen som er dominert av gress og i form av ekskrementer fra sau. Eiendomsgrensen til bruk 1 strekker seg så vidt inn i breforlandet, men her er til gjengjeldt beitetrykket mye mindre. Kulturforekomst 2 er tuften etter utløen på figur 18, som kan ha vært brukt til oppbevaring av høy fra overliggende områder. Kulturforekomst 3 er tuften etter gamle Buer Hotell som ble tatt av skred i 1897. Kulturforekomst 5 og 6 er henholdsvis en levegg, trolig satt opp av turister, og en hytte satt opp i nyere tid og deres funksjon har ikke medført kulturpåvirkning av vegetasjonen. Det har derimot kulturforekomst 4 som vi nå vet er en gammel melkestøl som het Mjølstølsflore og ligger rundt 50 meter innen breforlandet.

Fra informantene vet vi at det rundt 1950 gikk både kyr, sauer og muligens geiter i breforlandet og da var det omkring 10-12 kyr som ble melket på Mjølstølsflore. I 1955 var det bare 3 kyr igjen på hele Buer ifølge bygdeboken, så fedriften tok trolig slutt på denne tiden, mens ingen geiter er nevnt. 32 sauer og lam er nevnt i bygdeboken og ifølge informantene har dette antall beitedyr vest for Gletthaug vært nokså stabilt fram til sauedriften opphørte i 2004.

Undersøkelse av beitetrykk og hogststubbeandel med tilstandsvariablene i breforlandet som helhet viste lite spor etter beite (også på prefererte arter) og ingen spor etter hogst(stubber). Av informantene vet vi nå at skogen som forsvant i nedre del av feltområdet på flybildet fra 1997 skyldtes snøskred. I midlertid er det i T4-skogen (skogen øst for Langgrødelvi) enkelte flere steder en dominans av nitrofile arter, spesielt bringebær og brennesle i busk- og feltsjiktet, noe som gjerne er et uttrykk for eutrofiering. I tillegg til brennesle domineres feltsjiktet av gress og urter, som kan være en indikasjon på beitepåvirket areal (Lundberg ved pers. med). Brenneslen er interessant fordi det var spesielt mye av den rundt Mjølstølsflore, nettopp der en kan

forvente at beitepresset var størst. I samme område ble sløke *Angelica sylvestris* observert, i tillegg til et par andre steder i T4-skogen. Dette er en plante som trives på steder med god næring i jordsmonnet og god lys- og vanntilgang, noe som er vanlig på dårlig stelt kultivert jord (Lagerberg & Holmboe, 1940) og i beitemarker (Lid & Lid, 2005). Sløke ble også funnet flere steder langs Buerelvi lenger inn i breforlandet på åpne- og fuktige steder.

Ifølge informantene gikk sauene og beitet i hele området vest for eiendomsgrensegjerdet mellom bruk 1 og 3. Breforlandet som er tilgjengelig til fots (fram til elven fra Øvre Buerbreen) utgjør et område på rundt en halv kvadratkilometer (0,5 km²) fordelt på rundt 15 sauer og lam. Lundberg (2004) kalkulerte at fire lam spiste like mye som en sau, det gir $(15_{(lam)}/4 + 15_{(sau)})$ 18,75 beitende enheter. Fordelt på 50 hektar (18,75/50) blir det 0,38 sau pr hektar pr år. Men sauene kan ha beitet i bakkene ovenfor breforlandet, som ved Langgrød, og beitepresset er derfor trolig lavere enn hva som er skissert her. Voster (2007) konkluderte i sin studie i Raunsdalen med at et beitepress fra 0,23 sau pr hektar pr år ikke er tilstrekkelig til å hindre oppvekst av vegetasjon, blant annet bjørk.

Bredata viser at fram til 1960 var det tilgjengelig beitearealet mindre, samtidig var det flere beitedyr og dermed flere beiteenheter pr hektar. Det tar også tid for vegetasjonen å etablere seg på blottlagt mark og observasjoner fra felt og flybildetolkning viste at det ikke er noen vegetasjon der breen har stått i 1997, nær 20 år tidligere. Selv om utviklingen vil gå raskere i et varmere klima lenger ned i feltområdet, var det trolig mindre vegetasjon som kunne bli påvirket av beite der breen hadde stått i 1933. Beitetrykket har derfor trolig vært høyest i området nedenfor 1933 morenen. Mjøstølsflorene ligger i dette området, og her finner vi også de tydeligste sporene etter arealbruk fra beiteindikatorer som brennesle og sløke i dag.

Med bakgrunn i diskusjonen over er det sannsynlig at beitepresset ikke har vært stort nok i breforlandet til å påvirke vegetasjonsutviklingen i særlig grad siden 1960 og at bruksendringer derfor har vært av underordnet betydning for vegetasjonsendringene siden 1981. Ikke desto mindre vitner funnene om at beite trolig har påvirket artssammensetningen i T4-skogen, spesielt i nedre område rundt Mjøstølsflorene, og at denne kulturpåvirkningen av vegetasjonen synker med minkende avstand til breen.

Flybildetolkningen viser at mellom Langgrødelvi og Nordbakkelvi har skogen etablert seg senere enn skog på yngre substrat nærmere breen. Men hvis beitepresset ikke har vært stort nok til å hindre vegetasjonsutviklingen her hvorfor har skogen ventet så lenge med å etablere seg?

I en studie av Rydgren et al. (2014) ble det funnet at andre miljøgradienter var viktigere enn tidsfaktoren for variasjonen i artssammensetningen i breforlandet til Nigaardsbreen. Dette kunne omfatte innholdet av organisk materiale og tilgang på vann og næringsstoffer som kalsium og nitrogen. Undersøkelsen av jordsmonnet viste at det er meget tynt på de tre lokalitetene i T26-skogen (skogen vest for Langgrødelvi) med bare 1-2 cm tykt sjikt, og så å si uten organisk materiale. Det har ikke vært gjort undersøkelser av næringsinnholdet på lokalitetene, men det meste tyder på at variasjon i andre miljøgradienter enn tidsfaktoren er årsaken til mønsteret i vegetasjonsutviklingen mellom Langgrødelvi og Nordbakkelvi.

Det er flere likheter mellom Rydgren et al. (2014) sitt feltområde ved Nigardsbreen og mitt feltområde. Begge er en breutløper fra et større platåbre og begge ligger i boreal sone der klimaet er relativt fuktig. Men det undersøkte området ved Nigardsbreen var for det meste over 100 år gammelt, mens resultatet av bremålingene og historiske bilder viser at det meste av feltområdet mitt er yngre enn 80 år. Siden flere studier viser at tid er viktigste faktor i starten mens andre faktorer dominerer senere stadier (se f.eks. Elven, 1978; Vetaas, 1986, Matthews, 1992) kan derfor trolig vegetasjonsutviklingen i Buerbrens breforland som helhet i større grad forklares ut i fra tid (siden breen blottla undergrunnen) enn ved breforlandet ved Nigardsbreen. Det kan heller ikke utelukkes at dyrene har samlet seg her og opprettholdt et beitetrykk stort nok til å hindre fremveksten av skog eller at andre prosesser som snøskred kan ha satt suksesjonen tilbake, slik det skjedde med skogen øst for Langgrødelvi i 1993.

6.3. Tilstand i skog

Her diskuteres tredje problemstilling i oppgaven

- *Hva er tilstanden til skogen i dag?*

Jeg vil i det følgende presentere og drøfte de viktigste resultatene av de ulike variablene for tilstanden i breforlandet gitt i storrute 2-5 (tabell 4-7). Dernest vil jeg og komme en vurdering av tilstanden basert på dette. Storrutene er strategisk plassert for å fange opp størst mulig av variasjonen i skogen. Storrute 2 ble foretatt i storbregneskogen på grensen mot høgstaudeskogen, der snøskredet tok trær i 1993. Storrute 3 ble tatt på grensen mellom litt tørkeutsatt høgstaudeskog og høgstaudeskogen. Storrute 4 og 5 er tatt i to motstående deler av T26-skogen.

Artssammensetning (D1)

I følge NiN er det bare vedvekster som kan utgjøre tre- og busksjikt, mens feltsjikt kan bestå av både urter og vedvekster (Halvorsen et al., 2016b). På bakgrunn av dette har jeg kategorisert

brennesle over 0,8 meter som feltsjikt, mens bringebær, som er en vedvekst blir regnet til feltsjikt om de er under 0,8 meter. Bringebær over 0,8 meter må registreres under andel enkelttreslag (D1-AR-B-XX) da tabell D1-1 ikke har variabel for annet enn treslag i busksjikt, noe som oppleves som en mangel ved systemet. For sjiktningen har jeg konstruert begreper for den prosentvise deknningen og forklaringen til disse er gitt i vedlegg 7.

Tresjiktdeknningen var tett til svært tett i alle storrutene unntatt nummer 5, der den var middels lav. Boreale løvtrær dominerte alle storrutene. Den dominerende enkelttrearten var gråor i storrute 2, dunbjørk i storrute 3 og 4 og fjellbjørk i storrute 5. I busk- og undertresjiktet i storrute 2 var alm det mest vanlige treslaget, mens det ikke ble funnet edelløvtrær i noen av de andre storrutene.

Busksjiktdeknningen var svært åpent i storrute 2 og tett i storrute 3. Det tette busksjiktet i storrute 3 skyldes en stor andel bringebær over 0,8 meter. Bringebær utgjorde også vanligste enkeltart i busksjiktet i storrute 2, men hadde mye mindre dekning her. Storrutene i T26-skogen hadde en prosentvis busksjiktdekning på åpen til middels åpen, dominert av rogn, gråor for storrute 4 og fjellbjørk for storrute 5.

Feltsjiktdeknningen var under 50% i alle storrutene, unntatt storrute 2, hvor feltsjiktdeknningen var svært tett, trolig som følge av fravær av et tett busksjikt som gir mer lys til bakken. Feltsjiktet her var dominert av urter, fortrinnsvis bregner samt noe brennesle. I Storrute 3 var feltsjiktet middels åpent som følge av stor tetthet av høye bringebærbusker. Dette feltsjiktet var dominert av del-artsgruppene urter- og gressvekster. I storrute 4 er det fortsatt en dominans av urter- og gressvekster, men med en større andel vedvekster som små vierarter og dvergbusker. I storrute 5 er det en dominans av vedvekster i feltsjiktet hvorav lyngarter utgjør en betydelig del.

Bunnsjiktdeknningen er svært åpen i T4-skogen, øker til middels åpen dekning i storrute 4 og er høyest i storrute 5 med middels høy sjiktdekning. Mose dominerte over lav i alle storrutene.

Resultatet viser at skogen er tettere i nedre del enn øvre del der storruteanalysene er tatt. At unge individer av alm og ask ble funnet i busk- undertresjiktet i storrute 2 kan tyde på en utvikling av skog med større innslag av edelløvtrær i nederste del av feltområdet. Feltsjiktet har en tydelig vegetasjonssonering fra urter- og gressdominans i T4-skogen som blir mer overtatt lyng og vedvekster jo lenger inn en kommer i T26-skogen. Høy andel av gress- og urter i skogen

er typisk for steder på god jord i motsetning til feltsjikt av lyng og vedvekster som indikerer fattige skoger på skinnere jordsmonn (Moen, 1998).

Naturgitte objekter

For død ved er det ikke skilt mellom gadder og læger av middels (19-39 cm) og stor (>30 cm) dimensjon, nedbrytingsgrad og tregruppe (løv- eller bartre), slik som NiN legger opp til at man kan gjøre. Observasjoner i felt viste at en overveiende del av dødvedobjektene var av middels dimensjon og lite nedbrutt, og at all død ved i feltområdet var løvtre.

I alle storrutene med død ved ble det registrert mer læger enn gadd. Mest læger ble telt i storrute 2 med 32 lægerenheter, og her ble også flest rotvelt funnet med fire forekomster. Bare én gadd ble funnet i storrute 2 mot 20 gaddenheter i storrute 3. Selv om flere gadder ble observert i storrute 2 hadde de for liten diameter til å bli registrert. Storrute 3 hadde derfor flest dødvedenheter totalt med 50 mot 37 for storrute 2.

I storrute 4 var det mindre dødvedenheter å registrere, med bare 12 totalt, hvorav 9 av de var læger. Ingen dødvedenheter med en høyde og størrelse som når registreringskravet ble observert i storrute 5.

At mer læger enn gadder er registrert samsvarer med andre studier av dødvedenheter i norsk skogsmark. En studie av lite hogstpåvirket skog i Oppkurven (Ringerike Buskerud) viste at dødvedmengden varierte mellom 10 og 36 dødvedobjekter per dekar for læger og 2-13 for gadder i syv forsøksflater (Økland et al., 2003). I sterkere hogstpåvirket skogsmark er tallet vanligvis mye lavere (Halvorsen et al., 2016b). Det tyder på at T4-skogen har gjennomgått en naturlig utviklingsfase med lite hogstpåvirkning. Storrutene fra T26 skogen viste lite eller ingen dødvedenheter, noe om henger sammen med at skogen her er yngre (jf. punkt 6.1 og 6.2).

Tilstandsvariasjon

Undersøkelsen av tresjiktstrukturen viste at storrute 2 hadde et veldefinert kronesjikt. Dette kronesjiktet består av gråor, alle av relativ lik alder, som har spiret etter snøskredet i 1993. Det vil si at de tidligst spirte fra frø samme år og maksimalt kan ha vært 23 år da feltundersøkelsen ble gjort. Ingen veldefinerte kronesjikt ble registrert under dette men lavere undertresjikt med diverse trearter i forskjellige høyder finnes.

I storruteanalyse 3 ble to veldefinerte kronesjikt registrert. Ett øverste tresjikt hovedsakelig bestående av dunbjørk og selje og ett under, der også rogn var representert. For storruteanalyse

4 og 5 er ingen veldefinerte kronesjikt observert. Trærne i skogen har en høyde på 2-5 meter, høyest i storrute 4 og lavest i storrute 5.

Undersøkelsen viser at skogen er flersjiktet i alle storrutene, selv om det ikke alltid kan observeres et veldefinert kronesjikt, noe som tyder på en naturlig utvikling med kontinuerlig foryngelse av de dominerende treslagene. At storrute 2 i storbregneskogen bare har ett veldefinert kronesjikt skyldes snøskredet i 1993. Her har det skjedd en forstyrrelse som kan sammenlignes med hogst (uten fjerning av trevirke), og som har lagt til rette for at gråoren kan etablere seg på mark som allerede har vært fasilitert av pionerarter. Det har ført til en stor foryngelse de første årene og vi har fått en homogen trebestand med et veldefinert tresjikt, noe som er vanlig for kulturskog.

Vurdering av tilstand

Resultatene av storruteanalysene viser at tilstanden til skogen i breforlandet må karakteriseres som gjennomgående god. Skogen har flersjiktet kronesjikt og relativt velutviklet busk- og feltsjikt. Forstyrrelser i form av snøskred og beiting kan ha ført til litt mindre utviklet busksjikt (storrute 2) og feltsjikt (storrute 3) enn hva det ville vært uten natur- eller kulturpåvirkning. Tett sjikting i overliggende lag sørger for at bunnsjiktet er tynt i storrute 2 og 3, men observasjoner fra felt viser at andre områder har større bunnsjiktdekning i T4-skogen.

Skogen går gjennom en naturlig utvikling med god foryngelse og en dødvedmengde i T4-skogen som er i overensstemmelse med hva som er representativt for naturlig norsk skogsmark uten hogstpåvirkning i nyere tid (Økland et al., 2003; Halvorsen et al., 2016b). Det meget høye antall læger i storrute 2 antas å skyldes snøskredet. Her vil mye død ved ventelig bidra til høyere artsrikdom i skogsmark-økosystemet på sikt (Larsson & Hysten, 2007; Halvorsen et al., 2016b).

Storrutene i T26-skogen har generelt lavere dødvedmengde og sjiktdekning, og kan regnes som mindre utviklet, men flybildetolkning viser at T26-skogen er i ekspansjon og øker sin vekst. Kartlegging av tre- og skoggrensen og analyse av klimadata, viser at det er gode klimatiske vekstbetingelser og stort potensial for videre utbredelse i øvre del av breforlandet i dag. Der skog- og annet utviklet vegetasjon etablerer seg, kan det påvirke artsrikdommen negativt, som følge av de mer konkurransesvake pionerartene forsvinner (Elven, 1978; Vetaas, 1986; Matthews, 1992).

6.4. Naturtypene

Her diskuteres fjerde problemstilling i oppgaven:

- *Hvilken naturtyper finnes i breforlandet i dag?*

Inndelinger av hovedtyper

I utgangspunktet skal alle naturtyper i et breforland kartlegges under hovedtypen T26 (breforland- og snøavsmeltingsområde) eller T1 (nakent berg) (Halvorsen et al., 2016b). Men Halvorsen (ved pers. med.) nevner at et breforland skal typifiseres som andre typer dersom det har nådd en ettersuksjonstilstand, det vil si at skogen har utviklet et helhetlig skogsmarkøkosystem med høyt innhold av organisk materiale i jordsmonnet.

Hva som skal regnes som høyt innhold av organisk materiale går ikke helt klart fram av NiN. Halvorsen et al. (2016b) beskriver en egen LKM for innhold av organisk materiale (IO) som kjennetegnes av destabiliserende forstyrrelse. Denne LKM'en adresserer 30-90% organisk materiale som høyt innhold, og er det samme som torv, mens i en vanlig god kulturjord er det organiske innholdet på rundt 5 % (Sulebak, 2007). Det blir derfor en lite hensiktsmessig definisjon for jordsmonnet i en skogsmarkøkosystem. Dette er grunnen til at jeg heller har valgt en skjønnsmessig vurdering av innholdet av organiske materialet ved å se på jordsmonnstykkelsen og forekomst av mold og meitemark.

At jordsmonnet med organisk materiale er tykkest utenfor breforlandet var forventet. Likevel viser undersøkelsene at tykkelsen i breforlandet mange steder er høyt sammenlignet med hva som kjennetegner breforland i NiN. Området i T4-skogen har en gjennomsnittlig jordsmonnstykkelse over mineraljord på 6 cm, og det var bare lokalitet 5 og 8 som ikke hadde mold. At mold ikke ble funnet i lokalitet 5 var ikke overraskende, siden den ligger i storbregneskog karakterisert av jordsmonn med podsolprofil (Halvorsen et al., 2016b), mens lokalitet 8 er den vestligste lokaliteten nedenfor Langgørdelvi. Den markerer dermed overgang til den mindre velutviklede skogen. Jeg har likevel valgt å klassifisere skogen under hovedtypen T4 da meitemark ble registrert her. Meitemark ble også registrert i alle de andre lokalitetene i T4-skogen unntatt nummer 5. Disse lokalitetene var alle dekt av isbreen for 123 år siden, mens NiN skisserer at dannelsen av jordsmonn tar lengre tid enn 2-300 år (Halvorsen et al., 2016b).

At jordsmonnet i breforlandet øst for Langgrødelvi har utviklet seg på kortere tidsskala enn 2-300 år har trolig flere årsaker. Området har et relativt varmt klima siden det ligger nokså lavt (370-470 m.o.h) i en sørvendt helling. Høyere temperaturer øker prosessaktiviteten og den kjemiske forvitringen, og fører til at nedbrytingen går raskere (Sulebak, 2007). Terrengformens helling gjør også at sigevannet ikke bare vil bevege seg loddrett ned i jorden, men også sige parallelt nærmere overflaten og gi næringstilskudd fra områder høyere oppe (Sulebak, 2007).

Dessuten bidrar blokk- og rasmarker til at området er forholdsvis mineralrik, selv om det består av næringsfattige og sure bergarter som granitt og gneis (Holtan, 2009). Næringsrike områder legger til rette for en mer kravfull flora, som igjen gir mer tilbake til jorda gjennom strøfallet (Sulebak, 2007). Alle disse faktorene fører hver for seg og sammen til at jordsmonnet dannes raskere, og at det tar kortere tid å utvikle et helhetlig skogsmarkøkosystem.

Selv om området fortsatt kan skilles fra omkringliggende eldre mark og ikke har nådd en ettersuksessjontilstand, vil jeg si at den har en jordsmonnstykkelse- og/eller en artssammensetning som ikke er forenelig med hovedtypen T26. En kartlegging under denne hovedtypen ville heller ikke få frem all naturvariasjon som jeg ønsker å vise i denne studien. Med bakgrunn i dette er skogen øst for Langgrødelvi kartlagt under hovedtypen T4 (fastmarksskogsmark). For å kartlegges som T4 må det tilfredsstillende skogsmarkdefinisjonen som er drøftet under punkt 3.6. NiN sier ikke noe om hvor langvarig innflytelsen fra trær må være for å kartlegge et område som T4. Men vi vet fra flybildetolkningen at skogen var godt etablert i området i 1981 og grunnleggende skogsmarkegenskaper er i dag til stede.

Til forskjell fra skogen kartlagt under T4, er området vest for Langgrødelvi i en tidligere suksesjonsfase. Jordsmonnet er markant tynnere (1-2 cm) og ingen meitemark eller mold er funnet. Skogen endrer også karakter ved at trærne er gjennomgående mindre og yngre, og ved at andel vierarter er større. Dominerende treslag her er fjellbjørk. På bakgrunn av hva NiN sier om breforland- og snøavsmeltingsområde er skogen i dette området kartlagt under T26 og ikke som fastmarksskogsmark T4.

Tolkning av flybilde fra 1981 viser at det også var skog sør for Buerelvi, vest for der Langgrødelvi har utløp. Området ligger vanskelig tilgjengelig og har ikke blitt kartlagt i felt, men på avstand synes det som om gråor og bjørk dominerer, noe også Moe (2004) kommer fram til. At området ligger nordvendt til, gjør sitt til at det er kaldere her (Moen, 1998). Dermed vil det ta lengre tid for økosystemet nå dynamisk likevekt (Halvorsen ved pers. med.). Denne skogen er derfor i sin helhet også kartlagt under T26.

Naturtyper i feltområdet

Av kartleggingen kommer det frem at breforlandet i Buerdalen består av en rekke ulike naturtyper, og i figur 28 er deres geografiske plassering vist. Nedenfor vil jeg drøfte hvordan naturtypene jeg har kartlagt passer med NiN sine beskrivelse av dem slik de er gitt i Bratli et al. (2016). Som nevnt er edelløvs skogen ikke en egen naturtype i NiN men skilt ut som eget polygon ved hjelp av beskrivelsessystemet. Det er gjort fordi edelløvs skog har et høyt antall

truete arter til tross for at det bare utgjør 1% av det produktive skogarealet i Norge. Derfor er det en viktig skogstype å registrere. Dessuten er edelløvtrærne alm og ask vurdert som truet på rødlisten fra 2015 på grunn av en betydelig bestandsnedgang som skyldes sykdom (Henriksen & Hilmo, 2015b). Edelløvsskog har også strengere krav til varme og jordsmonn enn de andre treslagsgruppene (Moen, 1998) og indikerer områder som ligger i sørboreal sone med næringsrik jordsmonn.

Den dominerende grunntypen under fastmarksskogsmark er høgstaudeskog (T4-C-18). Fysiognomisk karakteristikk i NiN for denne grunntypen er frodige og høyproduktive skoger, som på Vestlandet er dominert av bjørk, men også omfatter gråor i nordboreal sone eller edelløvsogener dominert av ask eller alm. Feltsjiktet består av opptil mannshøye urter, gress og bregner. Økologisk sett kjennetegnes naturtypen ved permanent tilførsel av sigevann rik på oksygen- og kalk og vannbevegelser parallelt med overflaten. Dette stemmer godt med området jeg har kartlagt som høgstaudeskog. Naturtypen ligger for i en skråning og fra synfaring i felt er det observert rikelig med sigevann.

Nedenfor høgstaudeskogen er området kartlagt som storbregneskog (T4-C-17). Dette er i NiN beskrevet som frodige skoger med høy produksjon, dominert av store bregner i feltsjiktet – i de tettete utformingene med bunn nesten helt dekket av tjukt bregnestrølag. I feltområdet er også denne naturtypen dominert av bregner i feltsjiktet, men de tettete karakterene mangler. Denne naturtypen samsvarer godt med skogen som ble ødelagt av snøskredet i 1993. I dag er storbregneskogen dominert av gråor, en pionerart (Moe, 2004) som trives på fuktig næringsrik grunn (Lid & Lid, 2005). I NiN er det bjørkeskogen som utgjør storbregneskogen på Vestlandet, men gråor kan forekomme i yngre hogstklasser hvor det også foreligger en sekundærsuksesjon.

I den vestlige delen av fastmarksskogsmark har jeg registrert litt tørkeutsatt høgstaudeskog (T4-C-19). Denne naturtypen er i NiN kjennetegnet av skog som ofte er litt mindre tett enn de to overnevnte, og vanligvis dominert av gran med innblanding av furu, selv om andre treslagssammensetning også forekommer. Feltsjiktet er mindre produktivt og mer glissent enn i høgstaudeskogen. Det karakteriseres ellers av stort artsmangfold av urter og gress, og periodevis tilførsel av oksygen- og kalkrik sigevann. Dette ligger også til grunn for min inndeling i T4-C-19, da denne naturtypen mottar mindre sigevann som følge av en svak hvelvet profil, noe vegetasjonen bærer preg av: Den mottar imidlertid fortsatt nok fuktighet at det ikke kan karakteriseres som tørkeutsatt høgstaudeskog (T4-C-20). Både markjordbær og tyttebær

var tilstede, begge diagnostiske arter for T4-C-19- og 20 i, men ikke i T4-C-18. Området er av den grunn vurdert til å være best i samsvar med T4-C-19 i NiN.

Som gjort rede for i kilder og metoder, har jeg valgt å skille ut skogen som ikke er kartlagt under fastmarksskogsmark som egen naturtype av grunntypen T26-C-1. I NiN regnes derimot all natur med fjellhei- eller skoginitialer (under skoggrensen) til T26-C-1, men i likhet med de andre grunntypene under T26, er ikke nærmere beskrivelse av dens fysiognomi og økologisk karakteristikk blitt innarbeidet i Bratli et al. (2016) ennå. Jeg har derfor sett på hva NiN sier om tilsvarende naturtype på historisk eldre mark, T3 Fjellhei, leside og tundra. Denne hovedtypen omfatter all jorddekt fastmark over eller nær skoggrensen, som ikke er sterkt påvirket av jordfly eller frostprosesser. Videre kjennetegnes naturtypen ved å ha etablert flerårig vegetasjon, gjerne med innslag av busker/dvergbusker. Den grenser oppover mot avblåst rabbe og nedover mot snøleie (Halvorsen et al., 2016b). Ettersom rabbe ikke er skilt ut som egen grunntype under T26 i målestokk 1:5000 er også denne vegetasjonstypen inkludert i T26-C-1-F. Snøleieinitialer (T26-C-2) er observert i området men har ikke vært store nok til å gi opphav til egne polygoner innen breforlandet.

Kartleggingen av utvalgte planter har vært nyttig for å fremheve større naturvariasjon enn kartleggingen under T26-C-1 (se punkt 4.5). Artene har sine prefererte voksesteder og kan indikere vegetasjonstyper som ikke nødvendigvis er en naturtype i NiN. For eksempel viser stor utbredelse av fjellkvann innen T26-C-1-F at det er snakk om fuktig og kanskje næringsrik grunn som kunne klassifiseres som høgstaudeeng. Søterot som er begrenset til den øverste delen av feltområdet, spesielt Nordbakknuten, tilsier at floraen her er mer alpin og mindre kalkrik. At grunnen kan være mer basisk støttes av at de to eneste forekomstene av hvitsoleie også er registrert her. Til forskjell fra dette viser forekomst av bergfrue at også mer kalkrike områder kan finnes, særlig innen to områder som vist i figur 38. En nærmere undersøkelse av floraen og artssammensetningen, som inkluderer flere artsindikatorer vil kunne avklare dette ytterligere.

De andre naturtypene under T26 som omfatter områder som ikke er dominert av vegetasjonsdekke, er skilt på bakgrunn av kornstørrelsen. I grus- og steindominert mark var det, som vi har sett, dog en del pionervegetasjon i de delene som ikke lå nærmest breen, mens det ikke ble funnet noen plantearter i området dominert av fin grus til sand. Flybildetolkning viser at deler av denne naturtypen var dekt av breen i 2013, noe som har vært for kort tid for vegetasjonen til å etablere seg her. Nakent berg har jeg som kjent ikke registrert på grunntypenivå slik at denne naturtypen tilsvarer hovedtypen T1 i NiN (se punkt 3.6).

7. Konklusjon

Øvre Buerdalen er et område som har gjennomgått store endringer i vegetasjonens sammensetningen og fordeling. Denne endringen pågår fortsatt. Dette skyldes hovedsakelig klimaendringen som har funnet sted siden den lille istid tok slutt ved enden av det 19-århundre. Siden da har Buerbreens tilbaketrekning lagt grunnlag for en primærsuksesjon i breforlandet, og dette er den styrende faktoren for vegetasjonsutviklingen fra 1981 og frem til i dag. Men innen primærsuksesjonen skjer det både allogene og autogene prosesser som endrer forholdene, miljøet og artssammensetningen der. Vegetasjonsutviklingen er altså flerdimensjonal, den varierer i både tid og rom.

I den nedre delen av breforlandet har beite i tidligere tider favorisert en undervegetasjon i skogen med innslag av mer næringskrevende plantearter, som bringebær og brennesle. Den største kulturpåvirkningen har dog skjedd i den sørlige dalsiden ved Buervatnet. Tidligere var området brukt til støling, slått og lauving. I dag ligger tre- og skoggrensen under den klimatiske skoggrensen her noe som viser at skogen må ha vært hogd. Beite hindrer i dag skogen i å ekspandere og skogen vil, med mindre beitetrykket reduseres, fortsatt holdes nede.

I den nordlige dalsiden har det ikke vært bruk som har senket skoggrensen, og skogen ligger her over 200 meter høyere. Hvis klimatrenden de siste 100 årene fortsetter med samme progresjon, vil det muliggjøre en ekspansjon i høyden for begge skoggrensene.

Selve breforlandet til Buerbreen ligger under den klimatiske skoggrensen for bjørk, som er det vanligste treslaget i feltområdet. Her synes fasilitering av grunnen å være den viktigste forutsetning for skogekspansjonen siden 1981, da beitetrykket ikke har vært stort nok til å hindre framveksten av trær. Tidsfaktoren siden breen blottla substratet er dermed den førende miljøgradienten for skogsendringen i breforlandet som helhet siden 1981.

Denne utviklingen går raskere i nedre del av feltområdet, hvor temperaturen er varmere enn i øvre del. Men det finnes unntak, noe skogen i dalbunnen som ble ødelagt av et snøskred i 1993 vitner om. Her har gråor rekolonisert substratet gjennom en sekundærsuksesjon.

Tilstanden til skogen i breforlandet er meget god, og jordsmonnutviklingen øst for Langgrødelvi har gått raskere enn forventet ut fra andre studier av breforland i Norge. Dette området, som utgjør den lavest liggende delen av studieområdet, har forekomst av alm både i kronesjiktet og undertresjiktet. Denne skogen er kartlagt under hovedtypen

fastmarksskogsmark som jeg har inndelt i følgende grunntyper: Edelløvskog, storbregneskog (T4-C-17), høgstaudeskog (T4-C-18) og litt tørkeutsatt høgstaudeskog (T4-C-19).

Lenger inn i breforlandet er skogen mindre utviklet, men flybildetolkning viser at den har god foryngelse og er i spredning. Dette området er kartlagt under hovedtypen breforland- og snøavsmeltingsområde (T26), og inndelt i følgende grunntyper: Skoginitialer (T26-C-1-S), fjellhei-initialer (T26-C-1-F), grus- og steindominert breforland (T26-C-3), breforland dominert av fin grus til leire (T26-C-4) og nakent berg (T1). Naturtypene er kartlagt med NiN sin metodikk i målestokk 1:5000.

I dag slippes ikke sauer ut på beite i breforlandet lenger, samtidig som klimaet har blitt varmere. Vegetasjon- og jordsmonnutviklingen ventes derfor å fortsette.

Artssammensetningen vil også endre seg, og skrider klimaendringen frem, vil det gagne varmekjær vegetasjon som edelløvskog.

8. Referanser

8.1. Litteraturliste

- Artsdatabanken** (2016). *Natur i Norge* [internett]. Trondheim: Tilgjengelig fra: <http://data.artsdatabanken.no/Pages/3> [Lest 02. mai 2016].
- Austad, I., Hauge, L. & Kvamme, M.** (2007). *Bruk av lauv og lauvtreffør i Norge*. HSF rapport nr. 1/07. Høgskulen i Sogn og Fjordane og Fylkesmannen i Sogn og Fjordane.
- Benestad, R., Mamen, J.** (2016). *Drivhuseffekten*. I Store norske leksikon [internett]. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/drivhuseffekten> [Lest 3 april 2017].
- Berntsen, B. & Hågvar, S.,** (2010). *Norsk natur - farvel?: En illustrert historie* (2. utg.). Oslo: Unipub.
- Bjelland, T.** (1998). *Rekonstruksjon av Holocen skredaktivitet og brefluktasjon i Buerdalen, Hardanger, Sør-Norge*. Unpublished thesis, Department of Geography, University of Bergen.
- Bjørkelo K., Bjørnerød A. & Nilsen A.** (2014). *Kartografi for AR5*. Rapport fra Skog og landskap 10/14: IV.
- Bradley, R. S.** (1999). *Paleoclimatology: reconstructing climates of the Quaternary* (Vol. 68). Academic Press.
- Bratli, H., Halvorsen, R., Bryn, A., Bendiksen, E., Jordal, J.B., Svalheim, E.J., Vandvik, V., Velle, L.G. & Øien, D.-I.** (2016). *Dokumentasjon av NiN versjon 2.1 tilrettelagt for praktisk naturkartlegging i målestokk 1:5000*. – Natur i Norge, Artikkel 8 (versjon 2.1.0.): Artsdatabanken, Trondheim.
- Brekke, N.G., Nord, S. Bakke, J. Inderlid, S. Aarseth, I. & Haaland, A.** (2008). *Folgefonna og Fjordbygdene*. Bergen Museum og Universitetet i Bergen, Nord 4.
- Bryn, A.** (2006). *Vegetation mapping in Norway and a scenario for vegetation changes in a mountain district*. Geographia Polonica, 79(1).
- Bryn, A.** (2008). *Recent forest limit changes in south-east Norway: Effects of climate change or regrowth after abandoned utilization?* Norsk Geografisk Tidsskrift, 62: 251-270.
- Bryn, A.** (2009). *Vegetation mapping and landscape changes. GIS-modelling and analysis of vegetation transitions, forest limits and expected future forest expansion*. Doctoral dissertation, Ph. D. Thesis, University of Bergen, Bergen: 1-69.
- Bryn, A. & Halvorsen, R.** (2015). *Veileder for kartlegging av terristrisk naturvariasjon etter NiN (2.0.2). Veileder versjon 2.0.2a*. Naturhistorisk Museum Oslo.
- Chapman, J. L., & Reiss, M. J.** (1998). *Ecology: principles and applications*. Second Edition. Cambridge University Press.

- Clements, F. E.** (1916). *Plant succession: an analysis of the development of vegetation* (No. 242). Carnegie Institution of Washington.
- CNN (2015). *Obama: No greater threat to future than climate change*. [Internett]. Tilgjengelig fra: <http://edition.cnn.com/2015/01/21/us/climate-change-us-obama/> [Lest 04.04.2017].
- Daugstad, K.** (2013) *Agrian landscapes and agrian heritage*. Rusten, G., Potthoff, K. & Sangolt, L. I (red.) Norway: Nature, industry and society. Bergen: Fagbokforlaget: 67-78.
- De Vos, J. M., Joppa, L. N., Gittleman, J. L., Stephens, P. R. & Pimm, S. L.** (2015). *Estimating the normal background rate of species extinction*. *Conservation Biology*, 29(2): 452-462.
- Dramstad, W. & Puschmann, O.** (2010) Kulturlandskapets verdier – en tapt kamp? Norsk natur - farvel?: En illustrert historie. 2. utg. Oslo: Unipub.: 207-224.
- Elven, R.** (1978). *Association analysis of moraine vegetation at the glacier Hardangerjokulen, Finse, South Norway*. *Norwegian Journal of Botany*. Oslo. Vol. 25: 171-191.
- Ernakovich, J. G., Hopping, K. A., Berdanier, A. B., Simpson, R. T., Kachergis, E. J., Steltzer, H. & Wallenstein, M. D.** (2014). *Predicted responses of arctic and alpine ecosystems to altered seasonality under climate change*. *Global Change Biology*, 20(10): 3256-3269.
- Forvaltingsstyresmakta i Hordaland** (2010): *Forvaltningsplan for Folgefonna nasjonalpark, Bondhusdalen landskapsvernområde, Ænesdalen landskapsvernområde, Hattebergdalen landskapsvernområde, Buer landskapsvernområde*. MVA-rapport 5/2010. Fylkesmannen i Hordaland.
- Framstad, E., Hanssen-Bauer, I., Hofgaard, A., Kvamme, M., Ottesen, P., Toresen, R. & Dalen, L.** (2006). *Effekter av klimaendringer på økosystem og biologisk mangfold*. DN-utredning, 2, 62.
- Frønsdal, J.** (2008). *Skogen – en rikdomskilde*. Brekke, N.G. og Nord, S. (red.): Folgefonna og fjordbygdene. Bergen, Nord 4, 20-24.
- Fægri, K.** (1958). *Norges planter: Blomster og trær i naturen: Med et utvalg fra våre nabolands flora* (Vol. 1). Oslo: Cappelen.
- Fægri, K.** (1960). *Norges planter: Blomster og trær i naturen: Med et utvalg fra våre nabolands flora* (Vol. 2). Oslo: Cappelen.
- Ganderton, P. S., Ganderton, P. & Coker, P.** (2005). *Environmental biogeography*. Pearson Education. Harlow:
- Gottfried, M., Pauli, H., Futschik, A., Akhalkatsi, M., Barančok, P., Alonso, J. L. B. & Krajčič, J.** (2012). *Continent-wide response of mountain vegetation to climate change*. *Nature Climate Change*, 2(2), 111-115.
- Gjærevoll, I.** (1999). *Norges fylkesblomster*. Trondheim: Tapir forlag.

- Gleason, H. A.** (1926). *The individualistic concept of the plant association*. Bulletin of the Torrey Botanical Club, 7-26.
- Grove, J. M.** (2001). *The Initiation of the "Little Ice Age" in Regions Round the North Atlantic*. Climatic Change 48, no. 1: 53-82.
- Halvorsen, R., Bryn, A. & Erikstad, L.** (2016a). *NiNs systemkjerne – teori, prinsipper og inndelingskriterier*. – *Natur i Norge*, Artikkel 1. Versjon 2.1.0. Artsdatabanken, Trondheim.
- Halvorsen, R., medarbeidere og samarbeidspartnere** (2016b). *NiN – typeinndeling og beskrivelsessystem for natursystemnivået*. – *Natur i Norge*, Artikkel 3. Versjon 2.1.0. Artsdatabanken, Trondheim.
- Halvorsen, R., Bryn, A., Erikstad, L. Lindgaard, A.** (2015). *Natur i Norge (NiN 2.0) – en innføring i teorien og systemet*. Versjon 2.0.0. Artsdatabanken, Trondheim.
- Halvorsen, R. Andersen, T., Blom, H. H., Elvebakk, A., Elven, R., Erikstad, L., Gaarder, G., Moen, A., Mortensen, P. B., Norderhaug, A., Nygaard, K., Thorsnes, T. & Ødegaard, F.** (2008). *Naturtyper i Norge – et nytt redskap for å beskrive variasjonen i naturen*. Naturtyper i Norge. Bakgrunnsdokument 1. Artsdatabanken, Trondheim.
- Hanssen-Bauer, I., Førland, E. J., Haddeland, I., Hisdal, H., Mayer, S., Nesje, A., Nilsen J. E. Ø., Sandven, S., Sandø, A. B., Sorteberg, A. & Ådlandsvik, B.** (2015). *Klima i Norge 2100* Kunnskapsgrunnlag for klimatilpasning oppdatert i 2015. NCCS report, Oslo, Norway.
- Helland-Hansen, W., Byrkjeland, S., Fossen, H., Moe, B., Skaar, E., Aarseth, I., Brekke, N.G., Fægri, K., Kristoffersen, A., Eikehaug, T., Nord, S. & Sandvik, H.** (2004). *Naturhistorisk vegbok – Hordaland*. Bergen Museum, Bergen, Nord 4.
- Henriksen, S. & Hilmo, O.** (2015a) *Påvirkningsfaktorer*. Norsk rødliste for arter 2015. Artsdatabanken [Internett]. Tilgjengelig fra: <http://www.artsdatabanken.no/Rodliste/Pavirkningsfaktorer>>. [Lest 05.04.2017].
- Henriksen, S. & Hilmo, O.** (2015b) *Status for truede arter i skog*. Norsk rødliste for arter 2015. Artsdatabanken [Internett]. Tilgjengelig fra: <http://www.artsdatabanken.no/Rodliste/StatusSkog>>. [Lest 09.04.2017]
- Heywood, I., Cornelius, S. & Carver, S.** (2011) *An introduction to Geographical Information Systems*. 4 utg. Essex, Pearsons Education Limited.
- Hjelle, K. L.** (2008). *Frå skog til ope kulturlandskap*. Brekke, N.G. og Nord, S. (red.): I Folgefonna og fjordbygdene. Bergen, Nord 4: 132-136.
- Holtan, D.** (2009) *Kartlegging og verdisetting av naturtypar i Odda*. Odda kommune og Fylkesmannen i Hordaland. MVA-rapport 7/2009.
- Holtmeier, F. K. & Broll, G.** (2005). *Sensitivity and response of northern hemisphere altitudinal and polar treelines to environmental change at landscape and local scales*. Global Ecology and Biogeography, 14(5): 395-410.

- Ihse, M.** (2007). *Colour infrared aerial photography as a tool for vegetation mapping and change detection in environmental studies of Nordic ecosystems: A review*. Norwegian Journal of Geography 61: 170-191.
- IPCC** (2007). *Climate change 2007 – the physical science basis*. Working group I contribution to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK; New York, USA
- IPCC** (2013). *Climate change 2013 – the physical science basis*. Working group I contribution to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK; New York, USA
- IPCC** (2014a) *Climate change 2014 – Impacts, Adaptation, and Vulnerability*. Working group II contribution to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change; Cambridge University Press: Cambridge, UK; New York, NY, USA
- IPCC** (2014b) *Climate change 2014 – Mitigation of Climate Change*. Contribution of Working Group III to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK; New York, NY, USA
- Kaland, P. E.** (2008). *Kulturlandskapets historie*. Naturen, 132(04): 146-164.
- Kambestad, T.** (2008) *Buerdalen*. Brekke, N.G. og Nord, S. (red.): I Folgefonna og fjordbygdene. Bergen, Nord 4: 368-373.
- Kjøllmoen, B.** (red.) (2009) *Glaciological Investigations in Norway in 2008*. Report No 2. Andreassen LM, Elvehøy H, Jackson M, Kjøllmoen B, Giesen RH and Tvede AM. Oslo: Norwegian Water Resources and Energy Directorate (NVE).
- Klanderud, K. & Birks, H. J. B.** (2003). *Recent increases in species richness and shifts in altitudinal distributions of Norwegian mountain plants*. The Holocene, 13(1): 1-6.
- Kolltveit, O.** (1967) *Odda, Ullensvang og Kinsarvik I gamal og ny tid*. 3.2 utg. Bygdesoga 1913-63: gards- og ættesoga. Bygdeboknemnda, Odda.
- Lagerberg, T. & Holmboe, J.** (1938). *Våre ville planter* (Vol. 3). Oslo: Grundt Tanum.
- Lagerberg, T. & Holmboe, J.** (1940). *Våre ville planter* (Vol. 5). Oslo: Grundt Tanum.
- Larsson, J., & Hysten, G.** (2007). *Skogen i Norge: Statistikk over skogforhold og skogressurser i Norge registrert i perioden 2000-2004*. Vol. 1/07, Viten fra Skog og landskap. Ås: Norsk institutt for skog og landskap.
- Lid, J. & Lid, D. T.** (2005). *Norsk flora*. 7 utg. ved R. Elven., Oslo, Norway: Det Norske Samlaget.
- Lundberg, A.** (2004). *Landscape transformation at Lindøy (Karmøy) 1955-2003 – a response changes in land ownership and customary law*. I Jones, M. & Pail, N. (eds.) Landscape, Law & Justice. Norwegian Academy of Science and Letters, Center for Advanced Studies.

- Lundberg, A.** (2005) *Landskap, vegetasjon og menneske gjennom 400 år – naturmiljø arealbruk, slitasje og skog i Hystadmarkjo, Stord*. Fagbokforlaget Bergen.
- Lundberg, A.** (2011). *Climate and land-use change as driving forces in lowland seminatural vegetation dynamics*. *Erdkunde*: 335-353.
- Löffler J, Lundberg A, Rössler O, Bräuning A, Jung G, Pape R, Wundram D.** (2004). *The alpine treeline under changing land use and changing climate: Approach and preliminary results from continental Norway*. *Norsk Geografisk Tidsskrift* 58: 183–193.
- Låg, J.** (1979). *Berggrunn, jord og jordsmonn*. Oslo: Landbruksforlaget.
- Markhus, K.** (2008) *Turismen og Fonna*. Brekke, N.G. og Nord, S. (red.) I *Folgefonna og fjordbygdene*. Bergen, Nord 4: 358-393.
- Matthews, J. A.** (1992): *The ecology of recently deglaciated terrain*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Meteorologisk institutt,** (2010). *Norsk nedbørsrekord fyller 70 år*. [Internett]. Tilgjengelig fra: <http://met.no> [Lest 27.11.2015].
- Moe, B.** (2000). *Botanisk registrering i forbindelse med konsekvensutredningen av Folgefonna nasjonalpark*. MVA-rapp. Nr 2/2000.
- Moe, B.** (2004). *Pionerkog*. W. Helland-Hansen (red.): *Naturhistorisk Vegbok Hordaland*. Bergen Museum, Bergen, Nord 4.
- Moe, B., Bjelland, T. & Bjørseth, E.** (2004). *Kart over morenerygger og skogstypar i Buerdalen*. W. Helland-Hansen (red.): *Naturhistorisk Vegbok Hordaland*. Bergen Museum, Bergen, Nord 4,.
- Molles, M.C.J** (2013) *ECOLOGY: Concepts and Applications*. 6. utg. New York, McGraw-Hill Companies, Inc.
- Naterstad, J.** (2008): *Fjell under Folgefonn*. Brekke, N.G. og Nord, S. (red.): I *Folgefonna og fjordbygdene*. Bergen, Nord 4: 49-76.
- Nesje, A.** (2012): *Brelære – bre, landskap, klimaendringer og datering*. 2. utg. Kristiansand, Høyskoleforlaget.
- NOAA** (2017). *Climate*. [Internett]. Tilgjengelig fra: < <http://www.noaa.gov/climate> > [Lest 03.04.2015].
- NorgeDigitalt (2017) FKB-data [Internett]. Kartverket. Tilgjengelig fra: <<https://www.geonorge.no/>> [Lest 04.06 2015].
- Norgebilder.no** (2016) Norge i bilder [Internett]. Skog og landskap, Statens vegvesen og Kartverket. Tilgjengelig fra: <<http://www.norgebilder.no>> [Lest 07.01 2017].
- Nussbaumer, S. U., Nesje, A. & Zumbühl, H.J.** (2011). *Historical glacier fluctuations of jostedalsbreen and folgefonna (southern norway) reassessed by new pictorial and written evidence*. *The Holocene*, 21(3): 455-471.

- NVE** (2016). *Bre*. [Internett]. Tilgjengelig fra: <<https://www.nve.no/hydrologi/bre>> [Lest 08.05.2016].
- NVE**. *Frontposisjonsmålinger Buerbreen*. Rekstad, J.B., Fægri, K., Liestøl, O., Elvehøy, H., (red.). Excel [Lest 29.01.2016].
- Odda kommune** (2012). *Nasjonalparkkommunen Odda* [Internett]. Tilgjengelig fra: <<https://www.odda.kommune.no/innsyn-sok-ansatt/nyhetsarkiv/nasjonalparkkommunen-odda.3502.aspx>> [Lest 05.04.2017].
- Kartverket**. *Norgeskart*. [Internett]. Tilgjengelig fra: <<http://www.norgeskart.no>> [Lest 19.04.2015].
- Norges Geotekniske institutt**. *Skredkart*. [Internett]. Tilgjengelig fra: <<http://skredkart.ngi.no>> [Lest 02.05.2016].
- Penniston, R. & Lundberg, A.** (2014). *Forest expansion as explained by climate change and changes in land use: a study from Bergen, Western Norway*. Geografiska Annaler: Series A, Physical Geography, 96(4): 579-589.
- Pickett, S. T., Parker, V. T. & Fiedler, P. L.** (1992). *The new paradigm in ecology: implications for conservation biology above the species level*. In Conservation biology. Springer US: 65-88
- Potthoff, K.** (2013) *Vegetation: Past, present and future*. Rusten, G., Potthoff, K., & Sangolt, L. I (red.) Norway: Nature, industry and society. Bergen: Fagbokforlaget: 41-52.
- Rekdal, Y. & Larsson, J.Y.** (2005). *Veiledning I vegetasjonskartlegging. M 1:20 00 - 50 000*. Ås, Norsk institutt for jord- og skogkartlegging.
- Rydgren, K., Halvorsen, R., Töpper, J. P., & Njøs, J. M.** (2014). *Glacier foreland succession and the fading effect of terrain age*. Journal of vegetation science, 25(6): 1367-1380.
- Rössler, O., Bräuning, A. & Löffler, J.** (2008). *Dynamics and driving forces of treeline fluctuation and regeneration in central Norway during the past decades*. Erdkunde, 117-128.
- Skaar, E.** (2008). *Klimaet- mellom fjorden og fonna*. Brekke, N.G. og Nord, S. (red.) I Folgefonna og fjordbygdene. Bergen, Nord 4: 280-287.
- SSB** (2015). *Landsskogtakseringen, 2014-2015*. Statistisk sentralbyrå [internett]. Tilgjengelig fra: <<http://ssb.no/jord-skog-jakt-og-fiskeri/statistikker/lst>> [Lest 04. mai 2016].
- Statens kartverket** (u.å.) *Ortofoto*. [Internett]. Tilgjengelig fra: <<http://www.kartverket.no/geodataarbeid/flyfoto/ortofoto/>> [Lest 24.01.2017].
- Steinset, T. A.** (2015). *Nye tider for skogeiaren*. SSB, Samfunnsspeilet 4/2015: 23-30.
- Sulebak, J. R.** (2007). *Landformer og prosesser: En innføring i naturgeografiske tema*. Bergen: Fagbokforlaget.
- Sunding, P.** (2001). *Norges nasjonalblomst - røsslyng eller bergfrue?* Blyttia, 59(1): 30-31.

- Tvede, A. M.** (2008). *Den store fonna- Om glasiologi, hydrologi og klima*. Brekke, N.G. og Nord, S. (red). I *Følgefonna og fjordbygdene*. Bergen: Nord 4: 25-35.
- Vetaas, O. R.** (1986). *Økologiske Faktorer I En Primærsuksesjon På Daterte Endemorener I Bødalen, Stryn*. Ph.D. avhandling. Universitetet i Bergen, institutt for biologi.
- Voster, J. V.** (2007). *Raunsdalen – en dal i endring. Arealbruk og klima som årsaker for endringer I fjellvegetasjonen*. Mastergradsoppgave. Universitet i Bergen, institutt for geografi.
- Walker, L. R. & Del Moral, R.** (2003). *Primary succession and ecosystem rehabilitation*. Cambridge University Press.
- Walther, G. R., Post, E., Convey, P., Menzel, A., Parmesan, C., Beebee, T. J. & Bairlein, F.** (2002). *Ecological responses to recent climate change*. *Nature*, 416(6879): 389-395.
- Webb, N. R.** (1998). *The traditional management of European heathlands*. *Journal of Applied Ecology*, 35(6): 987-990.
- Wehn, S., Olsson, G. & Hanssen, S.** (2012). *Forest line changes after 1960 in a Norwegian mountain region – implications for the future*. *Norsk Geografisk Tidsskrift-Norwegian Journal of Geography*, 66(1): 2-10.
- Whittaker, R. H.** (1962). *Classification of natural communities*. *The Botanical Review* 28(1): 239 s.
- Whittaker, R. H.** (1975). *Communities and Ecosystems*. Macmillan, NY, USA.
- WMO** (u.å.). *Climate Data and Data Related Products*. World Meteorological Organization [internett]: Tilgjengelig fra: <http://www.wmo.int/pages/themes/climate/climate_data_and_products.php> [Lest 02. mai 2016].

8.2. Bildeliste planter

- Ford, C. & de Vere, N.** (2011) *Gentiana purpurea*. Creative Commons License. Tilgjengelig fra: https://www.flickr.com/photos/col_and_tasha/6041354330/in/photolist-6NUFdE-acRway-8mhRme-5x6rG4-aecrq2-fcJYPw-bZDXjd-abb3f5-L8bM1F-M2h7c7-Lqk9Tj-raQqnD-aecrqe-g5wofv-b1Vgg4-aJAFuP-nwDWxR-HDZVDG-MCEBzm-fW38Su [Lest 12. mai 2016].
- Kristinsson, A.** (2009) *Angelica archangelica*. Creative Commons License. Tilgjengelig fra: <https://www.flickr.com/photos/axelkr/3861048407/in/photolist-5VUqhh-B71LCg-8cu1Yu-TrAEBp-TqLEMS-2GR6NK-e3A1z6-TAYMNA-e3zZ4e-SqLd8t-UAYQPL-pEQRHj-UAYQM1-TnK7ZL-9X5GaD-6TbTb8-U57ExQ-aD5Uck-cUqHxd-6P1EY5-QBV4NH-MXvMiw-Npbcw5-NsJEof-oY6Ro7-P6hWlf-NpbeRA-cUqGsW-TnK83w-UAYQtd-cUqEdu-UEdsHM-UAYQUq-cUqFj7-cUqD6Y-LM9rQ9-w2s2dY-s9PHbi-mFYpEn-aeKPhV> [Lest 12. mai 2016].
- Schachner, H.** (2005) *Ranunculus platanifolius*. Creative Commons License. Tilgjengelig fra: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ranunculus_platanifolius_\(Platanen-Hahnenfu%C3%9F\)_IMG_3503.JPG](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ranunculus_platanifolius_(Platanen-Hahnenfu%C3%9F)_IMG_3503.JPG) [Lest 12. mai 2016].