

Mastergradsoppgave

Zdenek Dvorak

Floristiske og økologiske forhold ved  
den alpine skoggrensen i Sør-Norge



**Høgskolen i Telemark**

Fakultet for allmennvitenskapelige fag

Zdenek Dvorak

**Floristiske og økologiske forhold ved den  
alpine skoggrensen i Sør-Norge**

Høgskolen i Telemark  
Fakultet for allmennvitenskapelige fag  
Institutt for natur-, helse- og miljøfag  
Hallvard Eikas plass  
3801 Bø i Telemark

<http://www.hit.no>

© 2013 Zdenek Dvorak

Denne avhandlingen representerer 60 studiepoeng.

## Sammendrag

Denne oppgaven undersøker skoggrense og tregrense bestander på sørlige og nordlige eksposisjoner i fem fjell områder i Sør-Norge. Formålet av undersøkelsen er å identifisere forskjeller mellom skoggrense og tregrense bestander på sørlige og nordlige eksposisjoner, å undersøke betydning av floristisk komposisjon for beliggenhet av bestander og å teste sammenheng av klimatiske hypoteser med skoggrensen i de undersøkte områdene.

Undersøkelsen ble utført i områder med forskjellige avstander fra kysten hvor det finnes bakker med sør og nordlig eksposisjon. Haugastøl i Buskerud, Kalhovd og Lifjell i Telemark, Urdenosi i Aust-Agder og Sandsa i Rogaland ble valgt. Det ble utført 20 vegetasjons analyser (rute på 2m x 2m) i hvert område med unntak Sandsa. Miljøindikatorer for lys tilgjengelighet, kontinentalitet, jord fuktighet, reaksjon, nitrogen og snø ble beregnet og sammenlignet for alle typer av bestander og områder. Datamaterialet ble analysert ved hjelp av numeriske metoder i programpakken CANOCO 5 og statistisk program Analyze it 2.24.

Klimatiske data for perioden 1.1.2003 til 31.12.2012 ble interpolert for hvert område med bruk av døgnlig topografisk temperatur gradient. Lufttemperatur, vekstsesong lengde og effektive temperatur summen ble beregnet og sammenlignet.

Det ble totalt registrert 92 arter i alle områder. Miljøindikatorer viste signifikant forskjellen i fuktighet ( $p=0,0129$ ) mellom nordlig skoggrensen og både sørlig tregrensen og skoggrensen. Det ble vist en klar tendens i forskjellen i snø indikator ( $p=0,09$ ) mellom nordlig skoggrensen og sørlig tregrensen. PCA analysen forklarte variasjon i beliggenhet av forskjellige typer av bestander og viste største variasjon i forhold til forklarings variabler for sørlig tregrense.

Klimatiske analyser viste at gjennomsnittlig juli temperaturen for alle områder er  $10,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ , gjennomsnittlig vekstsesongen er 123 dager og gjennomsnittlig effektive temperatur summen er 1130 g.d. Odlands (1996) hypotesen om korrelasjon mellom maksimum middeltemperatur i juli for bjørkskoggrensen ble støttet (2-tailed  $p=0,0101$ ).

## Abstract

This thesis investigates forest and tree line stands on southern and northern slopes in five mountain areas in southern Norway. The purpose of the study is to identify differences between the forest line and tree line stands on southern and northern exposures, to investigate the value of species indicator values based on the floristic composition for the stands and to test the correlation of climatic hypotheses with forest line in the investigated areas.

The survey was conducted in areas with different distances from the coast, on slopes with southern and northern exposure. Haugastøl in Buskerud, Kalhovd and Lifjell, Urdenosi in Aust-Agder and Sandsa in Rogoland were selected. It was performed 20 vegetation analyzes (plot of 2m x 2m) in each area except Sandsa. Average weighted averaged environmental indicators for light availability, continentality, soil moisture, soil reaction, nitrogen and snow layer duration were calculated and compared for all types of stands and areas. The data were analyzed using the multivariate statistical methods in program CANOCO 5 and with statistical program Analyze it 2.24.

Climatic data for the period 1.1.2003 to 31.12.2012 were interpolated for every day in each area using the topographic temperature gradient. Air temperature, growing season length and effective temperature sum were calculated and compared.

A total of 92 species were recorded in all areas. Environmental indicators showed significant difference in moisture ( $p = 0,0129$ ) between the northern forest line and the southern treeline and southern forest line. There is a trend in the difference in snow indicator ( $p = 0,09$ ) between the northern forest line and southern tree line. PCA analysis explained variation in the location of different types of stands and indicates the biggest variations due to environmental indicators in case of southern tree line.

Climatic analysis showed that the average July temperature for all sites is  $10,7^{\circ}\text{C}$ , the average growing season is 123 days and the average effective temperature sum is 1130 d.d. Odland's (1996) hypothesis of high correlation between maximum mean temperature in July for birch forest line was supported (two-tailed  $p = 0,0101$ ).

# Innholdsfortegnelse

<b>Sammendrag</b> .....	<b>2</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>3</b>
<b>Innholdsfortegnelse</b> .....	<b>4</b>
<b>Forord</b> .....	<b>6</b>
<b>1. Innledning</b> .....	<b>7</b>
<b>2. Metoder</b> .....	<b>11</b>
2.1.    Definisjon av undersøkte bestander .....	11
2.2.    Valg av område .....	11
2.3.    Datainnsamling .....	11
2.5.    Klimatiske analyser .....	12
2.5.1.  Temperatur-topografisk gradient (TTG).....	12
2.5.2.  Lufttemperatur .....	13
2.5.3.  Vekstsesongen.....	13
2.5.4.  Effektiv temperatursum .....	13
2.6.    Statistiske analyser .....	13
<b>3. Områdebeskrivelse</b> .....	<b>16</b>
3.1.    Haugastøl i Buskerud .....	16
3.2.    Kalhovd i Telemark .....	18
3.3.    Lifjell i Telemark .....	20
3.4.    Sandsa i Rogoland .....	21
3.5.    Urdenosi i Aust-Agder .....	23
<b>4. Resultater</b> .....	<b>25</b>
4.1.    Skoggrensens høyde .....	25
4.2.    Planter som miljøindikatorer .....	26
4.3.    Floristisk variasjon og miljøvariabler.....	27
4.4.    Lufttemperaturer .....	30
4.4.1 Testing av Köppens (1884) hypotese om at skoggrensen sammenfaller med 10 °C middeltemperatur for varmeste måneden:.....	31
4.4.2 Testing av Hellands (1912) hypotese om at skoggrensen sammenfaller med 8,4 °C middeltemperatur for fire varmeste måneder: .....	32
4.4.3 Testing av Odlands (1996) hypotese om at bjørkskoggrensen sammenfaller med 15,8 °C middel maksimumstemperatur for juli:.....	33
4.5.    Vekstsesongen.....	34

4.5.1	Ellenberg (1963) – Antall dager med temperaturen over 5 °C .....	35
4.5.2	Odland (2011) – Antall dager mellom begynnelsen og slutten av vekstsesongen.....	36
4.6.	Effektive temperatursum .....	37
4.6.1	Holdridge (1966) – Summen av positive døgnlige middeltemperaturer.....	37
4.6.2	Tuhkanen (1984) – Summen av døgnlige middeltemperaturer over 5°C .....	38
<b>5.</b>	<b>Diskusjon.....</b>	<b>40</b>
5.1.	Skoggrensens høyde .....	40
5.2.	Planter som miljøindikatorer.....	41
5.3.	Floristisk variasjon og miljøvariabler.....	42
5.4.	Lufttemperatur.....	43
5.5.	Vekstsesongen.....	45
5.6.	Effektiv temperatursum .....	45
<b>Konklusjon</b>	<b>.....</b>	<b>47</b>
<b>Referanser</b>	<b>.....</b>	<b>48</b>
<b>Oversikt over tabeller og figurer</b>	<b>.....</b>	<b>55</b>
Tabeller	.....	55
Figurer	.....	56

## Vedlegg

Vedlegg 1: Registrerte arter i rutene.

Vedlegg 2: Kart over Haugastøl området.

Vedlegg 3: Kart over Kalhovd området.

Vedlegg 4: Kart over Lifjell området

Vedlegg 5: Kart over Sandsa området.

Vedlegg 6: Kart over Urdenosi området.

Vedlegg 7: Geologiske forhold i de undersøkte områdene.

Vedlegg 8: Beliggenhet av meteorologiske stasjoner for de undersøkte områdene.

Vedlegg 9: Forkortelser av fulle latinske navn.

## Forord

Denne masteroppgaven er utført ved Høgskolen i Telemark, Institutt for natur-, helse-, og miljøvern fag. Da jeg etterspurte en oppgave om botanikk i alpint miljø foreslo min veileder, professor Arvid Odland, en oppgave som handlet om skoggrense i Sør-Norge. Etter planlegging av feltarbeidet ble det noe fine dager i fjellet i forskjellige områder i Sør-Norge i slutten av sommeren 2012.

Jeg vil først få takke min veileder Arvid for stor hjelp i planleggingsfasen, med bestemmelse av artene, vesentlige råd i skriveprosessen og for tid for alle konsultasjonene på kontoret hans. Jeg vil takke studiekolega Jan Sulavik for deltakelse og hjelp på de fleste feltturene så vel som for mange diskusjoner om skoggrensens økologiske mønstre. Jeg vil også takke Stefanie Reinhardt for hjelpen med forklaring av multivariate statistikk. En takk rettes også til biblioteket på Høgskolen i Telemark i Bø som var svært behjelpelig med å skaffe litteratur.

Til sist vil jeg få takke min kjære Gosia for deltakelse og hjelp på Sandsa i tragiske værforhold, for oppretting av gode arbeidsvilkår hjemme, støtte særlig i de siste to månedene av skriving og for korrekturlesing. Utføring av denne masteroppgaven blir ikke mulig uten hjelp av alle nevnte og derfor vil jeg få takke dem nok en gang.

Bø i Telemark, 2.6.2013

Zdenek Dvorak



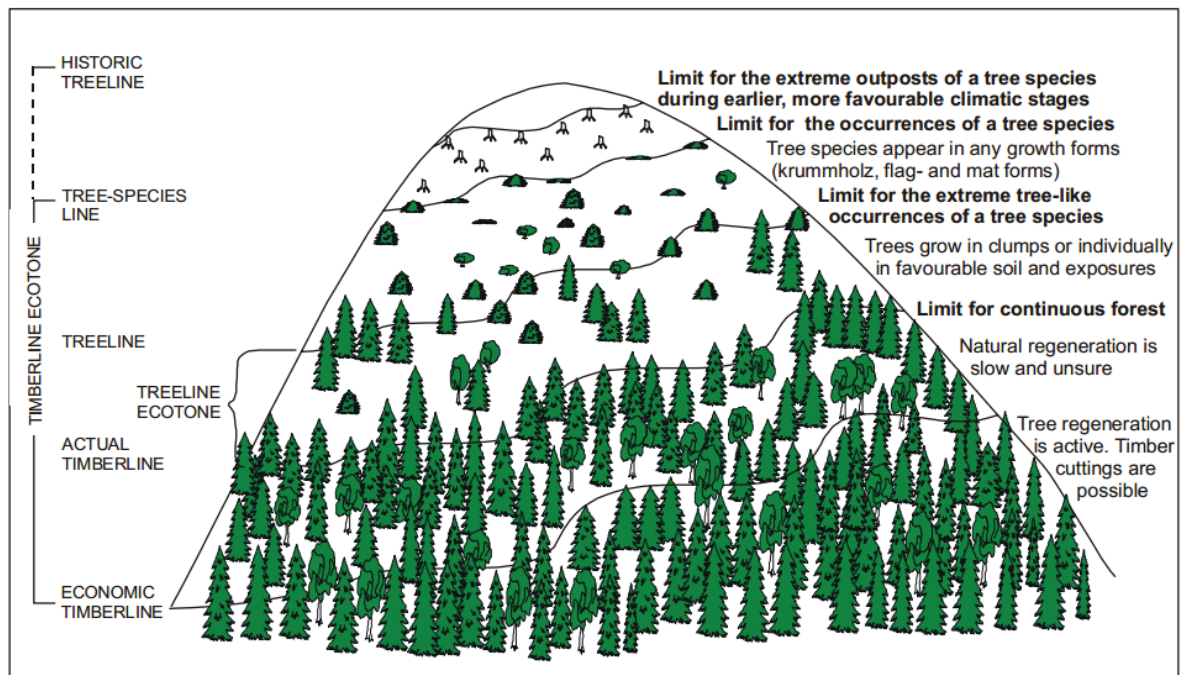
# 1. Innledning

Den alpine skoggrensen er mest synlig vegetasjonsavgrensningen i fjellområder (Holtmeier 2003). Skoggrensen er en viktig økologisk grense som markerer grense mellom forskjellige plantesamfunn i boreal og lav alpin sone. Denne grensen er ikke en klar linje, den er en økoton mellom sammenhengende skog og treløse områder (Däniker 1923, Wardle 1974, Tranquillini 1979, Slatyer & Noble 1992, Holtmeier 2003, Körner 2004). De første undersøkelsene om skoggrensens høyde dukket opp for mer enn 200 år siden (Hacquet 1779, Zschokke 1805, cit. Holtmeier 2003). Skoggrensens beliggenhet og struktur spiller en viktig rolle i alpine og arktisk økologi og er påvirket av abiotiske faktorer som vind, snø dybde, lengde av snø dekning, albedo, skygge, luft temperatur, jord temperatur, lokale topografiske og geologiske forhold, biotiske faktorer som beiting av dyr, insekter og antropogene faktorer som hogst, forurensning osv. (Tranquillini 1979, Holtmeier 2003, Alftine & Malanson 2004).

Definisjoner av bestander i skoggrensenøkotonen referer til minimum tre dekning, antall trær og trehøyde (Holtmeier 2003). Minimum tredekning for skoggrense er definert mellom 30% og 40 % (Holtmeier 1974, Ellenberg 1986, Pålsson 1995). Heikkinen et. al. (2002) definerer skoggrensen som skog bestand hvor ekorn ikke kan hoppe fra et tre til et annet tre. Minimum krav for tregrense er høyde av tre på 2 m (Ellenberg 1963, Wardle 1974, Kullman 1979, Piussi & Schneider 1985, Hofgaard 1997, Autio 2006). Det finnes veldig mange definisjoner av forskjellige typer av bestander for skoggrensens økoton (Aas 1964, Hustich 1966, 1979, Heikkinen 1984, Autio 1995, Holtmeier 2003). Autio (2006) konkluderer at nesten hver forsker som undersøker skoggrensen har sine egne definisjoner.

Allerede Aas (1964) foreslår bruk av seks forskjellige typer av bestander. Denne fordelingen er nesten lik Hustichs (1966) fordeling (fig. 1). Forskjellen er at Hustich (1966) bruker historisk tregrense også. Fordelingen begynner med den økonomiske skoggrensen som begrenser skog som kan regenerere seg og bruk til tømmer er mulig (Hustich 1952). Den empiriske skoggrensen etterfølger og er definert som skoggrensen som er lett synlig i naturen, bestemt av klimatiske, edafiske og biotiske faktorer (Aas 1964, Lauer & Klaus 1975, Dalh 1998, Veijola 1998, Holtmeier 2003). Den øvre skoggrensen er en linje gjennom de høyeste partiene av skogen hvor det ikke kan påvises innvirkning av nedpressende edafiske og biotiske faktorer (Fries 1913, Resvoll-Holmsen 1918, Nordhaugen 1943, Aas 1964, Tuhkanen 1999, Holtmeier 2003). Tregrensen er grensen for spredstående trær som ofte forekommer over og utenfor skoggrensen og er høyere enn 2 m (Hämet-Ahti 1963, Hustich 1966,

Tuhkanen 1993, Kallio & Lehtonen 1973). Artsgrensen er øvre grense for arten uansett vekstform (Nordhaugen 1943, Aas 1964, Hustich 1966, Holtmeier 2003). Den historiske tregrensen er grense hvor trær vokste i tidligere, perioder når klimatiske forhold var varmere og gunstigere (Hustich 1966, Selsing & Wishman 1984, Aas & Faarlund 1988, Kullman 1988, Faarlund & Aas 1991 ).



**Fig. 1: Forskjellige typer av tregrense og skoggrense ifølge Hustich (1966), Tuhkanen (1993), Veijola (1998), Heikkinen et. al (2002) og Autio (2006).**

Høydeforskjeller mellom skoggrense og tregrense varierer fra område til område. I kontinentale områder er forskjellen relativt liten, i gjennomsnitt mellom 10 m - 25 m (Tegwall 1920, Resvoll-Holmsen 1920, Nordhaugen 1928, Ve 1940, Kilander 1955, Aas 1964, Wistrand 1981). I humide strøk er forskjellen mellom 50 m -75 m (Knaben 1950, Ouren 1961, Mork 1968, Odland et. al. 1989). Kullman (1983) konkluderer at nedgang av skoggrensen kan skyldes mye snø. Odland (1996) viser at tregrensen kan være en bedre klimatisk indikator enn skoggrensen.

Shreve (1924) understreker at regioner med variert topografi har ulik vegetasjon og påvirkning av ulik eksposisjon er mest synlig mellom nordøst og sørvest eksposisjoner i områder med store sesongmessige forskjeller. Eksposisjons forskjeller i Alpene er cirka 100 m (Holtmeier 2003), i USA cirka 150 m (Arno 1984, Billings 1990) og i Norge varierer forskjellen mellom 20 m i kyst områder til 150 m i sentrale fjord områder av Vest-Norge

(Odland 1996). Odland (1996) fant at forskjeller mellom nord og sør eksponisjon følger kvadratisk regresjonsmodell og har ikke lineær forhold til avstand fra kysten.

Generelt er det akseptert at klimatiske forhold kontrollerer vekst av trær (Hustich 1948, Tranquillini 1979, Wardle 1993). Lufttemperaturen betraktes som den viktigste klimatiske faktoren som kontrollerer både alpin og arktisk skoggrense (Tranquillini 1979, Larsen 1989, Dahl 1998, Tuhkanen 1999). Påvirkning av lufttemperatur på skoggrense og tregrense er undersøkt av mange forskere (Köpen 1884, Helland 1912, Hustich 1948, Holtmeier 1974, 2003, Tranquillini 1979, Kullman 1981, 1992, 1997, Dahl 1986, Woodward 1988, Nikolov & Helmisaari 1992, Slettjord 1993, Tuhkanen 1993, Norokorpi 1994, Autio 1995, Mook & Vorren 1996, Odland 1996, Kellomäki et al.1997). Det finnes mange klimatiske variabler og indikatorer som samsvarer bra med både den alpine og den arktiske skoggrensen (Tuhkanen 1980, 1984). Hypoteser for samsvar mellom lufttemperatur og skoggrense er blitt testet (Köpen 1884, Helland 1912, Odland 1996). Flestparten av studiene har interpolert lufttemperaturer med bruk av lapse rate. Lapse rate er beregnet på månedelig eller årlig basis og reflekterer ikke være mønstre som inversjon og døgnlige variasjoner (Mook & Vorren 1996). Derfor er her temperatur topografiske gradienter (Wishman 1985) beregnet for hver dag i perioden 1.1.2003 – 31.12.2012 og lufttemperaturen ble interpolert ut fra det.

Temperatursummer og lengden av vekstsesongen blir ofte brukt for å karakterisere skoggrensen (Tuhkanen 1980, 1984, 1993). Vekstsesongen kan bli definert som antall dager i året når planter kan vokse (Brinkmann 1979). Flere forfattere antar at vekstsesongen samsvarer med antall dager uten snødekke (Kudo 1991, 1996, Nagy & Grabherr 2009). Ellenberg (1963) hevder at skoggrensen korrelerer med antall dager med temperatur over 5 °C bedre enn med middeltemperatur for den varmeste måneden og skoggrensen korrelerer med 100 dager lengde av vekstsesongen. Odland (2011) foreslår å beregne vekstsesongen som antall dager mellom begynnelsen og slutten av vekstsesongen. Effektiv temperatur sum kan være definert som summen av positive døgnlige temperature (Holdridge 1966) og som summen av døgnlige middeltemperaturer av de dagene når temperaturen overstiger 5 °C (Tuhkanen 1984).

Beliggenhet av skoggrensen og tregrensen er resultat av virkning av alle biotiske, abiotiske og antropogene faktorer. Variasjonen kan undersøkes ut fra vegetasjonens komposisjon og miljøindikatorer. Ellenbergs (1974) miljøindikator verdier er det mest

omfattende systemet for bruk av planter for å finne økologiske forskjeller mellom underøkte bestander og ruter. Ellenbergs (1991) indikatorverdier rangerer indikatorverdier på en ni-gradig skala for seks indikatorer som er lystilgjengelighet, kontinentalitet, jord fuktighet, reaksjon og nitrogen. Snøindikator (Odland & Munkejrod 2008) virker på den samme skala og indikerer varigheten av snødekke. Selv om det finnes kritiske stemmer (Zelený & Schaffers 2012) kan disse indikatorer hjelpe til å indikere økologiske forhold ved den alpine skog- og tregrensen.

### **Formål med underøkelsen**

- Undersøke høydeposisjon av empirisk skoggrense og tregrense i både nordlig og sørlig eksposisjon i de undersøkte områdene.
- Undersøke variasjon i vegetasjon i de undersøkte bestandene.
- Undersøke betydningen av ulike forklaringsvariabler i de undersøkte bestandene.
- Undersøke klimatiske forhold ved skoggrensen og sammenligne dem med klimabaserte hypoteser som indikerer sammenheng med skoggrensen.

## **2. Metoder**

### **2.1. Definisjon av undersøkte bestander**

To typer av grenser ble valgt for denne undersøkelsen: Den øvre skoggrensen (Fries 1913, Resvoll-holmsen 1918, Nordhaugen 1943, Aas 1964, Odland 1996, Tuhkanen 1999) definert som en samling av mer enn 15 trær og som har dekning på mer enn 30 %. Tregrensen (Hämet-Ahti 1963, Hustich 1966, Kallio & Lehtonen 1973, Tuhkanen 1993) er grensen for spredstående trær som ofte forekommer over og utenfor skoggrensen og som er høyere enn 2 m.

### **2.2. Valg av område**

Fem områder i Sør-Norge ble valgt ut fra de viktigste problemstillingene. Det første kriteriet var at området må ha både sør og nordlig eksposisjon der er skoggrensen påvirket av ulik solinnstråling (temperaturforhold). Det andre kriteriet var at områdene skal ligge i forskjellige avstander fra kysten slik at en klimagradiant dekkes. Ut fra dette ble fem områder valgt ut gjennom studier av topografiske kart. Ruter ble valgt på stedet, da det var mulig å ta i betraktning lokale topografiske forhold og virkelig beliggenhet av tre og skoggrense. Alle kart som viser de undersøkte områdene ble opprettet i MapSource 6.13. og Google Earth 7.0.3. Geologiske data ble lastet ned fra Nasjonal berggrunnsdatabase (NGU).

### **2.3. Datainnsamling**

Feltarbeidet ble utført i august, september og i begynnelsen av oktober 2012. Det ble analysert 20 ruter i hvert område, med unntak av ved Sandsa i Rogoland. I de analyserte 80 rutene ble alle karplantearter, de vanligste lav- og moseartene registrert. De artene (særlig lav og mose) som ikke kunne bli bestemt i feltet ble samlet og identifisert senere. I tillegg ble hellning og eksposisjon og høyde over havet og GPS-koordinater registrert. I 50 rutene ble dataloggere som måler jordtemperatur gravd ned. I Sandsaområdet ble vegetasjonsanalyser ikke utført pga. dårlige værforhold, men på 10 ruter ble det registrert alle øvre nevnte topografiske variabler og dataloggere ble gravd ned.

En stratifisert utvelgelse av data ble valgt (Økland 1990, Kent & Coker 1992) der representative og homogene 2x2 m ruter plasseres tilfeldig i de valgte bestandene. I hvert

område ble øvre grense for trær større enn 2 m registrert (Ellenberg 1963, Kullman 1990, Öberg 2010) og øvre skogbestande definert som en samling av mer enn 15 trær og som har en dekning på mer enn 30% (Ellenberg 1963). I hver rute ble artenes forekomst og dekningsgrad estimert i %. Nomenklaturen følger Lid & Lid (2005).

## **2.4. Bruk av planter som miljøindikatorer**

I mangel på direkte målinger av miljøfaktorer kan en bruke planter som indikatorer. Ellenberg (1974) utviklet et system for planter som miljøindikatorer basert på floraen i Tyskland. Den siste utgaven av Ellenbergs miljøindikatorer (1991) rangerer indikatorverdier på en ni-gradig skala for seks indikatorer som er lys tilgjengelighet, kontinentalitet, jord fuktighet, reaksjon og nitrogen. I tillegg til disse 6 indikatorene ble en snøindikator (Odland & Munkejord 2008) brukt.

## **2.5. Klimatiske analyser**

Klimatiske data er basert på interpolerte verdier fra nærmeste meteorologiske stasjonene til hvert område. Vanligvis bruker man «lapse rate» som er en gjennomsnittlig verdi for reduksjon i temperatur per 100 m økning av høyden. Lapse rate er beregnet på månedelig eller årlig basis og reflekterer ikke påvirkninger som inversjon og døgnlige variasjoner (Mook & Vorren 1996). Derfor ble temperatur topografiske gradienter brukt for å beregne gradienter innen hver enkelt dag, for alle områder i perioden 1.1.2003 – 31.12.2012. Dette kan gi nøyaktigere verdier enn interpolerte data basert på en gjennomsnittlig lapse rate verdi. Alle data ble lastet ned fra eKlima (MET) database og detaljer om stasjoner som ble brukt i denne undersøkelsen er presentert i områdebeskrivelsen.

### **2.5.1. Temperatur-topografisk gradient (TTG)**

TTG er temperaturdifferansen mellom to stasjoner ved et bestemt tidspunkt og er regnet i antall °C grader per 100 m høydeforskjell. Når temperaturen er lavere på den høyereliggende stasjonen er TTG negativ, men dersom den er høyere på den høyereliggende stasjonen er TTG positiv (Wishman 1985). For å interpolere temperaturer for enkelte områder, ble TTG beregnet for hvert døgn i perioden 1.1.2003 – 31.12.2012 og data ble interpolert ut fra det. I tilfellet av manglende data fra en stasjon ble gjennomsnittlig TTG brukt for å interpolere klimatiske data. Når data fra begge to stasjoner manglet, var det ikke mulig å interpolere temperaturer og data for disse dagene mangler.

### 2.5.2. Lufttemperatur

Temperaturen indikerer luftas varmeinnhold og et visst varmenivå er nødvendig for å holde livsprosessene i gang i naturen (Wishman, 1985). Interpolerte temperaturdata var undersøkt i samsvar med hver av tre hypotesene (Köppen 1884, Helland 1912, Odland 1996).

### 2.5.3. Vekstsesongen

Ellenberg (1963) hevder at skoggrensen korrelerer med antall dager med lufttemperatur over 5 °C bedre enn med middeltemperatur for den varmeste måneden. Han fant ut at skoggrensen korrelerer med 100 dager lengde av vekstsesongen. Odland (2011) foreslår å beregne vekstsesongen som antall dager mellom begynnelsen og slutten av vekstsesongen. Begynnelsen av vekstsesongen er definert når middeltemperaturen overstiger 5 °C i fem påfølgende dager. Slutten av vekstsesongen anses når middeltemperaturen ligger under 5 °C i ti påfølgende dager.

### 2.5.4. Effektiv temperatursum

Holdridge (1966) definerer biotemperatur som summen av positive døgnlige temperaturer, mens Tuhkanen (1984) definerer effektiv temperatursum som summen av døgnlige middeltemperaturer av de dagene når temperaturen overstiger 5 °C. ETS er beregnet i grad-dager (g.d.).

## 2.6. Statistiske analyser

Registrert data fra feltet ble lagt i en matrise i Excel 2010. Excel 2010 ble brukt til beregning av Ellenbergs miljøindikatorer, snø indikatorer og fremstilling av grafer. Data ble analysert ved hjelp av program pakken CANOCO 5 (ter Brak & Šmilauer 2002). Data består av to deler, en er matrise med artens fordeling i de forskjellige rutene og en med miljøindikatorer (forklaringsvariabler) for de samme rutene. Alle numeriske analyser ble kjørt med normalinnstillinger og uten nedvekting av sjeldne arter.

Klimatiske data ble lastet ned fra [www.eklima.no](http://www.eklima.no) og lagt i en matrise i Excel 2010. Excel 2010 ble brukt til beregning av TTG, databehandling og fremstilling av grafer. Statistiske tester, Enveis ANOVA og Students t-test ble utført i statistiskprogrammet Analyze it! 2.24.

**Enveis ANOVA-test** er en parametrisk test som brukes til å sammenligne flere enn to prøver. Parametriske tester bør kjøres på normalfordelte verdier og på datasett med tilstrekkelig prøve-størrelse. Enveis ANOVA ble brukt til å sammenligne:

- medianer av Ellenbergverdier for typer av bestander,
- medianer av snøindikatorer for typer av bestander,
- medianer av vekstsesongens lengde i områder,
- medianer av effektiv temperatur-summen i områder,
- medianer av TTG i områder,

**Kruskal Wallis-test** er en ikke-parametrisk test som brukes til å sammenligne flere enn to prøver. Ikke-parametriske tester er utviklet for ikke normalfordelte grupper og på datasett med liten prøvestørrelse. Kruskal Wallis ble brukt til å sammenligne:

- medianer av Ellenbergverdier i områder,
- medianer av snøindikatorer i områder,

**Student's t-test** er statistisk hypotesetest som tester om null hypotesen støttes og ble brukt til å teste følgende hypoteser for estimering av skoggrensas utbredelse:

- 10 °C middeltemperaturen for den varmeste måneden (Köppen 1884)
- 8.4 °C middeltemperaturen for de fire varmeste månedene (Helland 1912)
- 15.8 °C middel-maksimumstemperaturen for juli (Odland 1996)
- 100 dager som lengde av vekstsesongen best korrelert med beliggenhet av skoggrense (Ellenberg 1963)

**Vektet gjennomsnitt** ble brukt for å beregne miljøindikator verdier. Vektet gjennomsnitt er et gjennomsnitt hvor hver enhet i grunnlaget er tillagt vekt etter sin betydning for resultatet. Hvert tall i grunnlaget multipliseres med antall enheter av dette slaget, og alle produktene summeres. Deretter deler man produktsummen på antall enheter. Resultatet av divisjonen er det vektete gjennomsnittet.

**Korrelasjon** (Pearson Moment Correlation Coefficient) ble brukt for å undersøke samvariasjon mellom miljøvariabler og variasjon mellom forklaringsvariabler og de ulike aksene I de numeriske analysene i CANOCO 5.

**PCA** ble brukt for å finne korrelasjoner mellom de ulike forklaringsvariablene og rutene.

**DCA** ble brukt for å finne likheter og ulikheter mellom analyserutene ut fra artene.



Alle forklaringsvariablene untatt skråning ble analysert uten transformering. Skråning ble transformert for å få normalfordelte data med bruk av den naturlige logaritmen ( $\ln x$ ). I PCA og DCA analyser ble brukt relativ høyde avledet av gjennomsnittlig høyde i relasjon til skoggrensen på både nord og sør eksposisjon i hvert område.

### 3. Områdebeskrivelse

Det ble valgt fem fjell områder ifølge kriteria nevnte i metoder for å utføre undersøkelsen. Områdene ligger i Sør-Norge, i fylkene Rogaland, Aust-Agder, Telemark og Buskerud (fig. 2). Forskjellige avstander fra kysten, høyder og areal av fjellkjeder, geologi, topografi og klima skaper varierte forhold for å undersøke tre og skoggrense.

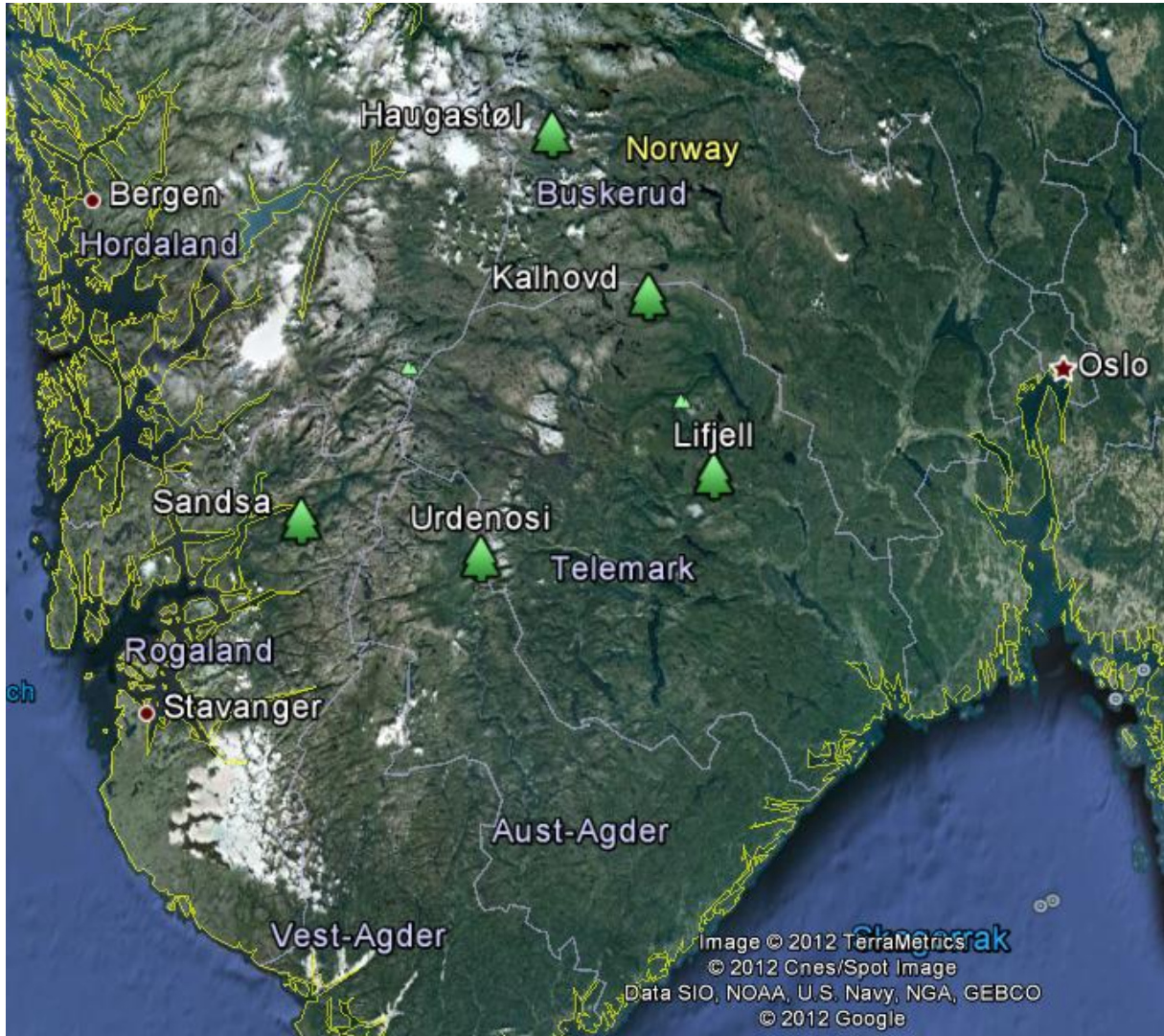


Fig. 2: Beliggenhet av undersøkte områder i Sør-Norge (Google 2012).

#### 3.1. Haugastøl i Buskerud

Haugastøl ligger i Hol kommune nordvest i Buskerud fylke. Området er omringet av Hardangervidda i sør og Hallingskarvet i nord. Hardangervidda er et høyfjellsplatå, med areal ca 8000 km<sup>2</sup> og sør fra Haugastøl når platået en høyde ca 1250 m.o.h. med det høyeste fjellet

Monsbunuten (1324 m.o.h.). Hallingskarvet er et ca 35 km langt fjellrygg og ikke så langt unna det undersøkte området stiger bratte sørvegger opp til Prestholtskarvet (1859 m.o.h.). Både Hardangervidda og Hallingskarvet er viktige naturområder og er vernet som nasjonalparker. Feltarbeidet ble utført ved Ustavatnet (fig. 3), hvor søreksponte bakker ved Sauagjerde og nordeksponte bakker ved Ørterdalen ble valgt (vedlegg 2). Lett tilgjengelighet, hyttegrender og beiting påvirker området. Moen (1998) plasserer området til overgangsseksjonen (OC).



**Fig. 3: Kart av Haugastøl området (Map Source 2010).**

## Geologi

Generelt finnes det flere basefattige bergarter i området, men enkelte steder finnes det kalkrik fylitt også. Undersøkt området er preget av øyegneis, granitt og amfiboritt (vedlegg 7).

## Klima

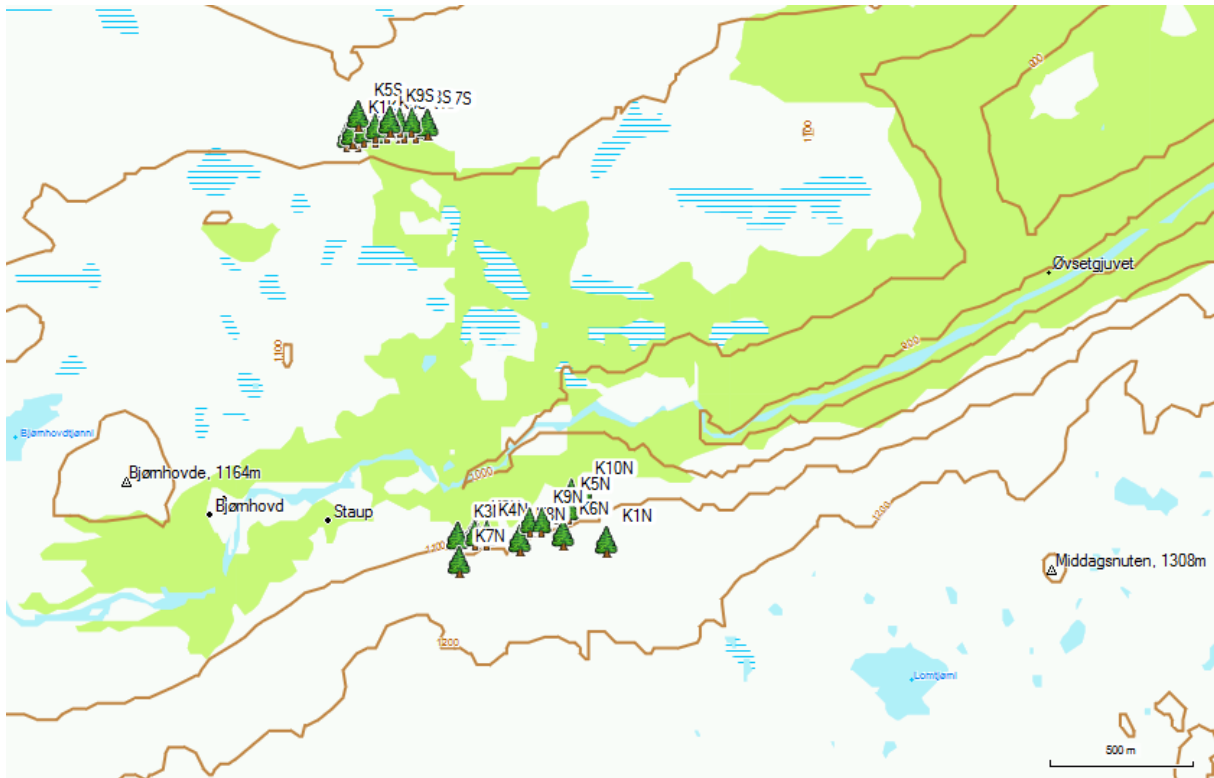
Den nærmeste meteorologiske stasjonen til Haugastøl befinner seg i Geilo (Hol kommune, Buskerud fylke). For å innhente data i undersøkt periode, ble data fra to meteorologiske stasjoner som befinner seg i Geilo brukt. Stasjon Geilo - Geilostolen (25590) som ligger 810 m.o.h. og Geilo – Oldebråten (25630) som ligger 772 m.o.h. Data fra begge to

stasjoner måtte bli brukt, på grunn av at Geilo – Geilostolen gikk ut av drift i november 2005. Stasjonene registrerte 3441 døgnlige data i den undersøkte perioden. Det mangler data for perioder fra 1.12.2005 til 30.6.2006 da ingen meteorologisk stasjon var i drift i Geilo, og etterpå i perioden fra 8.7.2006 til 11.7.2006 og 25.7.2006. For å interpolere temperatur data for skoggrensen bestander på Haugastøl området ble det brukt data fra meteorologisk stasjon Finsevatn (Ulvik kommune, Hordaland fylke). Denne stasjonen har nummer 25830 og ligger 1210 m.o.h. og har registrert 3386 døgnlige data i undersøkt periode men mangler data fra 12.12.2005, 4.4.2009, 7.3.2011, 28.3.2011 – 30.3.2011, 17.5.2011 – 24.6.2011, 17.3.2012, 20.3.2012- 22.3.2012, 1.9.2012 – 6.9.2012 og 18.9.2012 – 19.9.2012.. Stasjoner i Geilo ligger cirka 17 km øst fra Haugastøl og stasjon Finsevatn ligger 20 km retning nordvest fra Haugastøl (vedlegg 8). Avstanden mellom disse to stasjonene er 37 km. Daglige middeltemperaturer er interpolert til gjennomsnittlig høyde av skoggrensebestander i nord delen av området som er 1111 m.o.h.

I perioden 1.1.2003 – 31.12.2012 var gjennomsnittlig interpolert temperatur for januar i  $-8,2$  °C og gjennomsnittlig interpolert temperatur for juli var  $9,8$  °C. Gjennomsnittlig årsnedbør i den undersøkte perioden på Geilo (25640) var 797 mm.

### **3.2. Kalhovd i Telemark**

Kalhovd ligger i Tinn kommune, norvest i Telemark fylke. Området ligger i den østlige delen av Hardagervidda som er et høyfjellsplatå. Platåets gjennomsnittlig høyde er ca 1200 m.o.h. med høyeste nærliggende fjell Hægeberg (1376 m.o.h.). Hardangervidda er et viktig naturområde og er siden 1981 vernet som nasjonalpark. Feltarbeidet ble utført på bakker i enden av Breidsetdalen (fig. 4). Søreksponerte bakker under Sauhovde og på nordeksponerte bakker sør fra Staupnet ble valgt (vedlegg 3). Området er populært mål for mange turister både om vinteren og sommeren. Beiting var ikke notert, men området viser trekk av kultur påvirkning. Moen (1998) plasserer området til overgangsseksjon (OC).



**Fig. 4: Kart av Kalhovd området (Map Source 2010).**

## **Geologi**

Kalhovd område er preget av basefattige og harde bergarter. Undersøkt område er preget av rhyolitt og vulkanske bergarter (vedlegg 7).

## **Klima**

Den nærmeste meteorologiske stasjonen til Kalhovd ligger ved siden av Møsvatn, 977 m.o.h. og heter Mosstrand II (Vinje kommune, Telemark fylke). Stasjon har nummer 31620 og i undersøkt perioden har registrert 3581 døgnlige data i undersøkt periode. Det mangler data for 1.10.2006, 10.10.2006, periode fra 25.3.2011 til 1.6.2011 og for 15.6.2011. For å interpolere temperatur data for skoggrensen bestander på Kalhovd område data fra meteorologisk stasjon Dagali Lufthavn (Hol kommune, Buskerud fylke) ble brukt. Denne stasjonen har nummer 29720 og ligger 798 m.o.h og har registrert 3651 døgnlige data i undersøkt periode. Det mangler data bare fra to døgn, 22.6.2011 og 23.6.2011 Stasjon Møsstrand II ligger 29,5 km sørøst fra Kalhovd og stasjon Dagali Lufthavn ligger 39 km retning sør fra Kalhovd (vedlegg 8). Avstand mellom disse to stasjonene er 65 km. Daglige

middeltemperaturer er interpolert til gjennomsnittlig høyde av skoggrensebestander i nord delen av området som er 1139 m.o.h.

I perioden 1.1.2003 – 31.12.2012 var gjennomsnittlig interpolert temperatur for januar i  $-4,4$  °C og gjennomsnittlig interpolert temperatur for juli var  $11,1$  °C. Gjennomsnittlig årsnedbør i undersøkte perioden på Mosstrand II. (31620) var 816 mm.

### 3.3. Lifjell i Telemark

Lifjell er et fjellområde som ligger i kommunene Bø, Hjartdal, Notodden og Seljord, midt i Telemark fylke. Lifjell dekker areal på ca  $250$  km<sup>2</sup> og i diagonal utstrekning er det ca. 18 km i luftlinje fra Mælefjell i nordvest til Skåråfjell i sørøst. Feltarbeidet ble utført i nordvestdelen av Lifjell, på bakker ved Slåkadalen (fig. 5). Søreksponerte bakker under Skavredalsnut og nordeksponerte bakker under Slettefjell ble valgt (vedlegg 4). Nederst i området ligger Slåkåvatnet (690 m.o.h.) og Mælefjell (1415 m.o.h.) er det høyeste fjellet i Lifjell. Terrenget er småkupert med en del myr særlig i sørøst mot Slettefjell. Slåkadalen er en lang dal med en del bratte partier lengst opp mot toppene. Lett tilgjengelighet, hytte grender og beiting fører til påvirkning av området. Moen (1998) plasserer området til klart oseaanisk seksjon (O2).

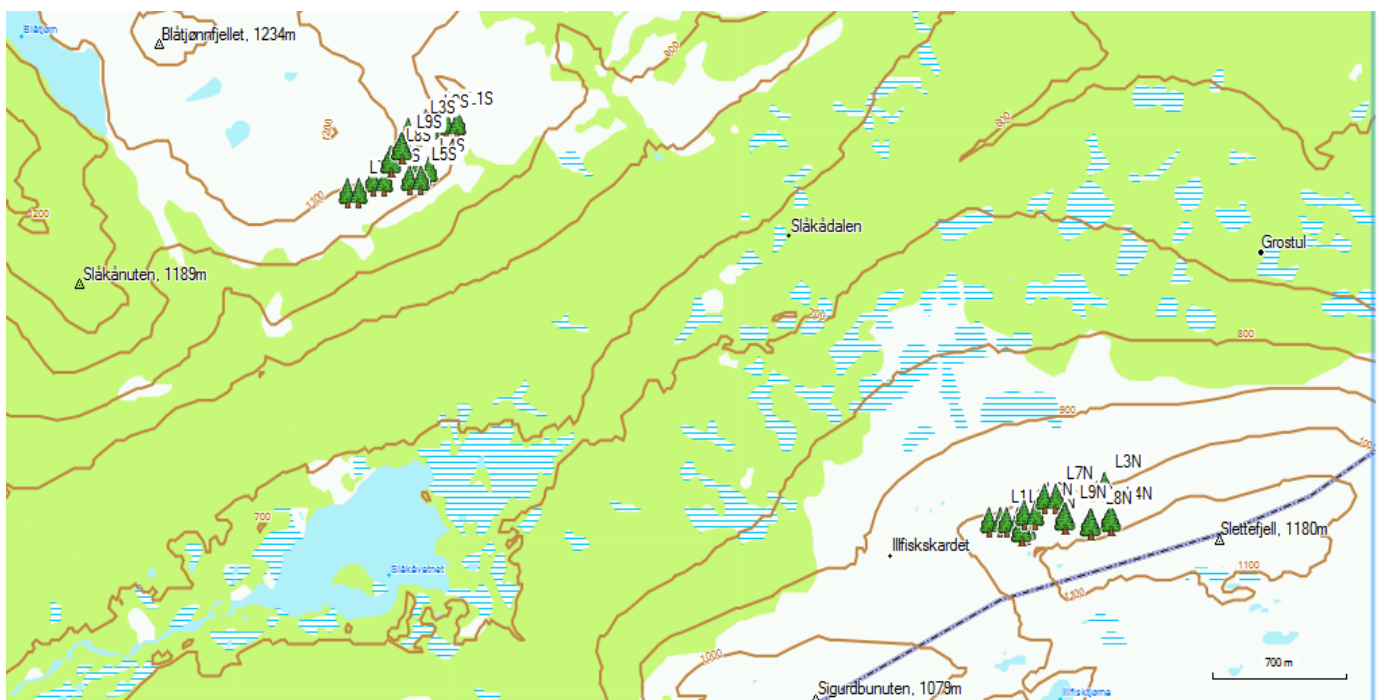


Fig. 5: Kart av Lifjell området (Map Source 2010).

## **Geologi**

Geologiske forhold i Slåkådalen er svært enkle og det viktigste grunnfjellet er kvartsitt som hører til Seljordgruppe (vedlegg 7). Bergartene er sure med en kvartsinnhold opp til 99 % (Økland & Bendiksen 1985). Kvartære avsetninger er representert som grunnmorene i nordvestdelen av Slåkåvatnet.

## **Klima**

Den nærmeste meteorologiske stasjonen befinner seg i Notodden (Notodden kommune, Telemark fylke), har nasjonal stasjon nummer 30650 og ligger 20 m.o.h. Denne stasjonen har registrert klimatiske data i hele perioden fra 1.1.2002 til 31.12.2012. Alt sammen er det 3642 døgnlige data registrert men stasjonen mangler data i perioden fra 31.7.2011 til 10.8.2011. For å beregne TTG og for å interpolere temperaturdata for skoggrensen bestander på Lifjell området ble det brukt data fra meteorologiske stasjonen Høydalsmo II (Tokke kommune, Telemark fylke) som har nasjonal stasjonsnummer 32890 og ligger 560 m.o.h. Denne stasjonen har registrert 2323 døgnlige data i undersøkt periode og har registrert data i periode fra 23.8.2006 til 31.12.2012. Stasjonen Notodden ligger 22 km øst for Lifjell og stasjon Høydalsmo II ligger 36 km vest fra Lifjell (vedlegg 8). Avstanden mellom disse to stasjonene er 57 km. Daglige middeltemperaturer er interpolert til gjennomsnittlig høyde av øvre skoggrensebestander i norddelen av området som er 1051 m.o.h.

I perioden 1.1.2003 – 31.12.2012 var gjennomsnittlig interpolert temperatur for januar i -7,7 °C og gjennomsnittlig interpolert temperatur for juli var 11,1 °C. Gjennomsnittlig årsnedbør i undersøkt periode på Tuddal (31900) var 791 mm.

### **3.4. Sandsa i Rogoland**

Sandsafjellet ligger i Suldal kommune, i Ryfylke, nordøst i Rogaland fylke. Sandsa er et fjellområde som er omfattet av Ulladalen fra sør, Suldal i nord og Bykleheine i vest. Fjellet dekker et areal på ca 100 km<sup>2</sup>. Høyeste fjell i nærheten av undersøkt området er Svinstølnutten (1170 m.o.h.). Feltarbeidet ble utført på bakker ved Sandsavatnet (fig. 6), hvor søreksponte bakker under Grovnuten (1039 m.o.h.) og nordekspontert bakker under Sirinutane (955 m.o.h.) ble valgt (vedlegg 5). Generelt er terrenget ved Sandsavatn ganske kupert og det finnes bratte partier lengst opp mot toppene. Moen (1998) plasserer området til sterk oseaninsk seksjon (O3h).



**Fig. 6: Kart av Sandsa området (Map Source 2010).**

## **Geologi**

Geologiske forhold (vedlegg 7) i Sandsa er blandet, det finnes både basefattige bergarter (øyegneis, granitt) som dominerer på den nordeksponerte bakken, men på den sørøksponerte bakken er det kalkrike bergarter som dominerer (fyllit, glimmerskifer).

## **Klima**

Den nærmeste meteorologiske stasjonen befinner seg i Sauda (Sauda kommune, Rogaland fylke), har nasjonal stasjon nummer 46610 og ligger 5 m.o.h. Denne stasjonen har registrert klimatiske data i hele perioden fra 1.1.2002 til 31.12.2012. Alt sammen er det 3653 registrert døgnlige data men stasjonen mangler data fra 3.10.2010 – 6.10.2011 og 22.6.2011 – 23.6.2011. For å beregne TTG og for å interpolere temperatur data for skoggrensen bestander i Sandsa data fra meteorologisk stasjon Sirdal – Duge (Sirdal kommune, Vest-Agder fylke) ble brukt. Denne stasjonen har nasjonal stasjon nummer 43000, ligger i 760 m.o.h og har registrert 419 døgnlige data i undersøkt periode. Den mangler data fra 26.11.2003 til 28.4.2004 og fra 23.6.2004 til 31.12.2012. Stasjon Sauda ligger 28,5 km nordvest fra Sandsa og stasjon Sirdal-Duge ligger 37 km sørøst fra Sandsa (vedlegg 8). Avstand mellom disse to



stasjonene er 65,5 km. Daglige middeltemperaturer er interpolert til gjennomsnittshøyde av skoggrense bestander i nord delen av området som er 806 m.o.h.

I perioden 1.1.2003 – 31.12.2012 var gjennomsnittlig interpolert temperatur for januar i  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$  og gjennomsnittlig interpolert temperatur for juli var  $11,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Gjennomsnittlig årsnedbør i undersøkte perioden på Sauda (46610) var 2325 mm.

### 3.5. Urdenosi i Aust-Agder

Urdenosi fjellet ligger på grensen mellom Aust-Agder og Telemark fylke i kommunene Bykle, Tokke, Valle og Vinje. Urdenosi er et fjellområde som er omfattet av Valleheiane i sør, Haukeli i nord, Dalen i øst og Setesdalen i vest. Fjellet dekker areal på ca  $200\text{ km}^2$  og det høyeste fjellet er Urdenosi (1521 m.o.h.). Feltarbeidet ble utført på bakker ved Store Bjørnevatn (fig. 7), hvor søreksponerte bakker under Holfjell (1294 m.o.h.) og nordeksponerte bakker under Strandenuten (1109 m.o.h.) ble valgt (vedlegg 6). Terrenget ved Store Bjørnevatn er kupert og det finnes bratte partier på søreksponerte bakker under Holfjell. Det ble observert både reinsdyr og sau i område og vegetasjon ble noen steder sterkt nedbeitet. Moen (1998) plasserer området til klart oseaninsk seksjon (O2).



Fig. 7: Kart av Urdenosi området (Map Source 2010)

## **Geologi**

Urdenosiområdet er preget av basefattige og harde bergarter. Undersøkt område er preget av øyegneis, granitt, amfiboritt (vedlegg 7).

## **Klima**

Den nærmeste meteorologiske stasjonen befinner seg i Hovden - Lundane (Bykkle kommune, Aust-Agder fylke), har nasjonal stasjonnummer 40880 og ligger 841 m.o.h. Denne stasjonen har registrert klimatiske data i hele perioden fra 1.1.2002 til 31.12.2012. I alt er det registrert 3579 døgnlige data men stasjonen mangler data i periodene 15.7.2003 – 31.8.2003, 17.1.2004 – 27.1.2004, 3.9.2004 – 16.9.2004 og 2.1.2005. For å beregne TTG og for å interpolere temperatur data i Urdenosiområdet ble data fra den meteorologiske stasjonen Valle (Valle kommune, Aust-Agder fylke) brukt. Stasjonen har nasjonal stasjonsnummer 40250 og ligger 308 m.o.h. Den har registrert 488 døgnlige data i undersøkt periode og har registrert data i periode fra 1.9.2011 til 31.12.2012. Stasjon Hovden – Lundane ligger 26 km nordvest fra Urdenosi og stasjon Valle ligger 16 km retning sør fra Urdenosi (vedlegg 8). Avstand mellom disse to stasjonene er 41,5 km. Daglige middeltemperaturer er interpolert til gjennomsnittlig høyde av skoggrense bestander i nord delen av området som er 1093 m.o.h.

I perioden 1.1.2003 – 31.12.2012 var gjennomsnittlig interpolert temperatur for januar i -8,8 °C og gjennomsnittlig interpolert temperatur for juli var 9,8 °C. Gjennomsnittlig årsnedbør i undersøkte perioden på Hovden-Lundane (40880) var 786 mm.

## 4. Resultater

### 4.1. Skoggrensens høyde

Skoggrensens høyde ble registrert for hver rute og gjennomsnittlige høyder for skoggrense og tregrense ble registrert på begge eksposisjoner (tabell 1.). Skoggrensens varierer fra 710 m.o.h. (Sandsa) til 1139 m.o.h. (Kalhovd) og tregrensens varierer fra 725 m.o.h. (Sandsa) til 1158 m.o.h. (Kalhovd). Gjennomsnittlig skoggrense ligger i 1047 m.o.h. på sør eksposisjon og i 987 m.o.h. på nord eksposisjon. Tregrense befinner seg i gjennomsnitt på 1062 m.o.h. på sør eksposisjon og på 1013 m.o.h. på nord eksposisjon.

**Tabell 1: Høyde av skoggrensens i undersøkte områder (m.o.h.).**

<b>Eksposisjon</b>	<b>Type av bestand</b>	<b>Haugastøl</b>	<b>Kalhovd</b>	<b>Lifjell</b>	<b>Sandsa</b>	<b>Urdenosi</b>
Sør	Tregrense	1138	1158	1072	825	1118
	Skoggrense	1111	1139	1051	806	1093
Nord	Tregrense	1095	1118	1063	725	1063
	Skoggrense	1065	1086	1025	710	1051

Skoggrensens og tregrensens varierer i henhold til eksposisjon (tabell 2). Bakker med sørlig orientering opplever gunstigere forhold og både skoggrensens og tregrensens befinner seg høyere der. Denne forskjellen varierer for tregrensens fra 9 m (Lifjell) til 100 m (Sandsa) og for skoggrensens fra 26 m (Lifjell) til 97 m (Sandsa). Både En veis ANOVA test og Kruskal Wallis test fant signifikant forskjell mellom sør og nord eksposisjon for Sandsa og Lifjell. For tregrensens er forskjell 91 m ( $p=0,0199$ ) og for skoggrensens er forskjell 71 m ( $p=0,0123$ ). Gjennomsnittlig forskjell mellom sør og nord er 53 m for skoggrensens og 49 m for tregrensens.

**Tabell 2: Forskjeller i høyde mellom ulike eksposisjoner i undersøkte områder (m.o.h.).**

<b>Type av bestand</b>	<b>Haugastøl</b>	<b>Kalhovd</b>	<b>Lifjell</b>	<b>Sandsa</b>	<b>Urdenosi</b>
Tregrense (S vs N)	43	40	9	100	55
Skoggrense (S vs N)	46	53	26	97	42

Forskjellen i høyde av skoggrensens og tregrensens er avhengig av mange faktorer. I undersøkte områder varierer forskjellen fra 18 m (Sandsa) til 27 m (Haugastøl) på sør

eksposisjon og fra 12 m (Urdenosi) til 38 m (Lifjell) på nord eksposisjon (tabell 3). I gjennomsnitt er denne forskjellen 22 m for sør eksposisjon og 25 m for nord eksposisjon.

**Tabell 3: Forskjell mellom typer av bestander i undersøkte områder (m.o.h.).**

<b>Eksposisjon</b>	<b>Haugastøl</b>	<b>Kalhovd</b>	<b>Lifjell</b>	<b>Sandsa</b>	<b>Urdenosi</b>
Sør (tregrense vs.skoggrense)	27	18	21	18	25
Nord (tregrense vs. skoggrense)	30	31	38	15	12

## 4.2. Planter som miljøindikatorer

Vekta gjennomsnittlige verdier for ulike miljøindikatorer (lystall, temperaturtall, kontinentalitetstall, reaksjonstall, jordfuktighetstall og nitrogentall) (Ellenberg 1991) og for snødekkets varighet (Odland & Munkejord 2008) ble beregnet for hver enkelt rute og gjennomsnittlig verdi for hvert område ble beregnet (tabell 4). Etterpå ble data sammenlignet med Enveis ANOVA test og Kruskal Wallis test og signifikante forskjeller mellom områder, typer av bestander og eksposisjoner undersøkt. Miljøindikatorer kunne ikke beregnes for Sandsa området, på grunn av at vegetasjonsanalyser ikke ble utført.

**Tabell 4: Vekta gjennomsnittsverdier for ulike miljøindikatorer fra undersøkte områder. gL – gjennomsnittlig lystall, gT – gjennomsnittlig temperaturtall, gK – gjennomsnittlig kontinentalitetstall, gF- gjennomsnittlig jordfuktighetstall, gR – gjennomsnittlig reaksjonstall, gN- gjennomsnittlig nitrogentall, gSI – gjennomsnittlig snøindikatorertall.**

<b>Område</b>	<b>Miljøindikatorer</b>						
	<b>gL</b>	<b>gT</b>	<b>gK</b>	<b>gF</b>	<b>gR</b>	<b>gN</b>	<b>gSI</b>
<b>Tregrense sør</b>							
Haugastøl	6,75	3,01	4,39	6,20	2,73	2,87	3,57
Kalhovd	6,88	2,98	4,78	6,16	2,56	2,70	3,65
Lifjell	5,97	3,54	4,35	6,64	1,96	2,74	3,75
Urdenosi	6,62	2,95	4,63	6,49	2,58	2,68	3,48
<b>Gjennomsnitt</b>	<b>6,55</b>	<b>3,12</b>	<b>4,54</b>	<b>6,37</b>	<b>2,46</b>	<b>2,75</b>	<b>3,61</b>
<b>Tregrense nord</b>							
Haugastøl	6,70	3,14	4,59	6,00	1,83	2,31	3,50
Kalhovd	6,78	3,06	4,61	6,58	2,38	2,86	4,09
Lifjell	6,90	3,10	4,58	6,73	1,79	2,40	3,67
Urdenosi	6,44	3,25	4,08	6,91	2,20	2,77	3,89

<b>Gjennomsnitt</b>	<b>6,70</b>	<b>3,14</b>	<b>4,47</b>	<b>6,56</b>	<b>2,05</b>	<b>2,59</b>	<b>3,79</b>
<b>Skoggrense sør</b>							
Haugastøl	6,86	2,89	4,51	5,75	2,22	2,41	3,70
Kalhovd	6,71	2,87	4,46	6,29	3,15	3,00	4,33
Lifjell	5,98	3,37	4,26	6,36	2,23	2,67	3,74
Urdenosi	6,25	3,46	4,38	6,98	2,78	2,80	3,78
<b>Gjennomsnitt</b>	<b>6,45</b>	<b>3,15</b>	<b>4,40</b>	<b>6,35</b>	<b>2,59</b>	<b>2,72</b>	<b>3,89</b>
<b>Skoggrense nord</b>							
Haugastøl	6,59	3,25	4,07	6,78	2,74	2,88	4,02
Kalhovd	6,60	2,98	4,00	6,69	2,22	2,90	4,42
Lifjell	6,47	3,39	4,63	7,26	2,19	2,67	3,70
Urdenosi	6,45	3,80	3,68	7,27	2,42	2,78	4,02
<b>Gjennomsnitt</b>	<b>6,53</b>	<b>3,35</b>	<b>4,10</b>	<b>7,00</b>	<b>2,39</b>	<b>2,81</b>	<b>4,04</b>

Det ble kjørt 35 Enveis ANOVA og Kruskal Wallis tester for å finne signifikante forskjeller mellom typer av bestander og eksposisjoner, men kun 3 av dem hadde signifikante forskjeller i gjennomsnittlige miljøindikatorverdier.

Signifikante forskjeller ble funnet for lystall på Lifjell. gL på nordlig tregrense (6,90) var signifikant forskjellig ( $p=0,0327$ ) fra gL ved sørlig skoggrense (5,98). I tillegg viste en Kruskal Wallis-test at gL for sørlig tregrense var nær signifikant forskjellig ( $p=0,0926$ ).

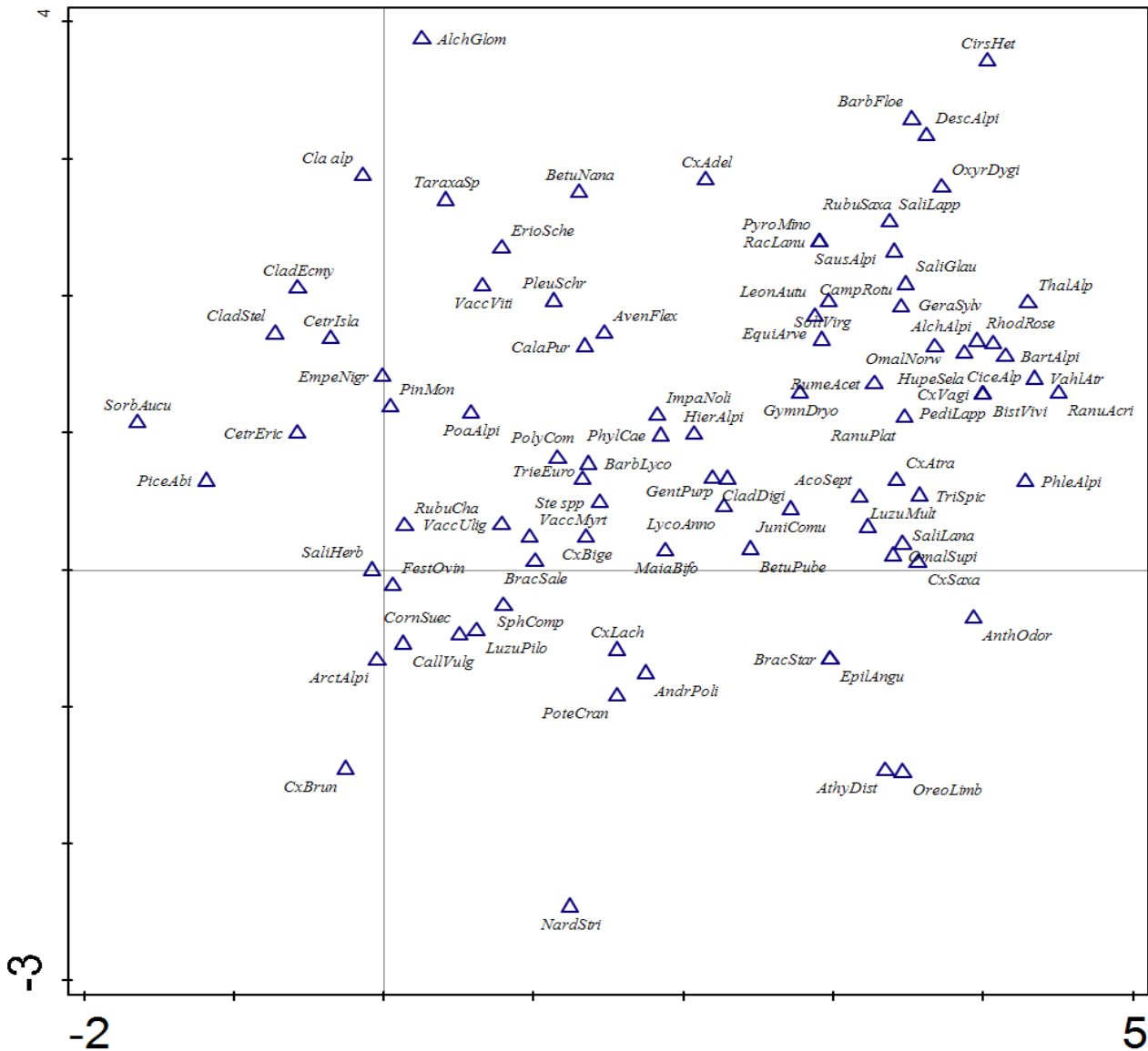
Det ble også funnet signifikante forskjeller for fuktighetstall mellom forskjellige typer av bestander og eksposisjoner for alle områder. gF for sørlig tregrense (6,37) og sørlig skoggrense (6,35) er signifikant forskjellig (sørlig tregrense  $p=0,0129$ ; sørlig skoggrense  $p=0,0215$ ) fra gF for nordlig skoggrense (7,00).

Signifikante forskjeller ble funnet for gjennomsnittlig snøindikatortall mellom forskjellige typer av bestander og eksposisjoner for alle områder med bruk av Enveis ANOVA test. gSI ved sørlig tregrense (3,61) er signifikant forskjellig fra gSI for nordlig skoggrense (4,04). Kruskal Wallis test viste at denne forskjellen er ikke signifikant ( $p=0,09$ ), men p verdi indikerer at det finnes sterk tendensen at gSI er høyere på den nordlige skoggrensen enn på den sørlige tregrensen.

### 4.3. Floristisk variasjon og miljøvariabler

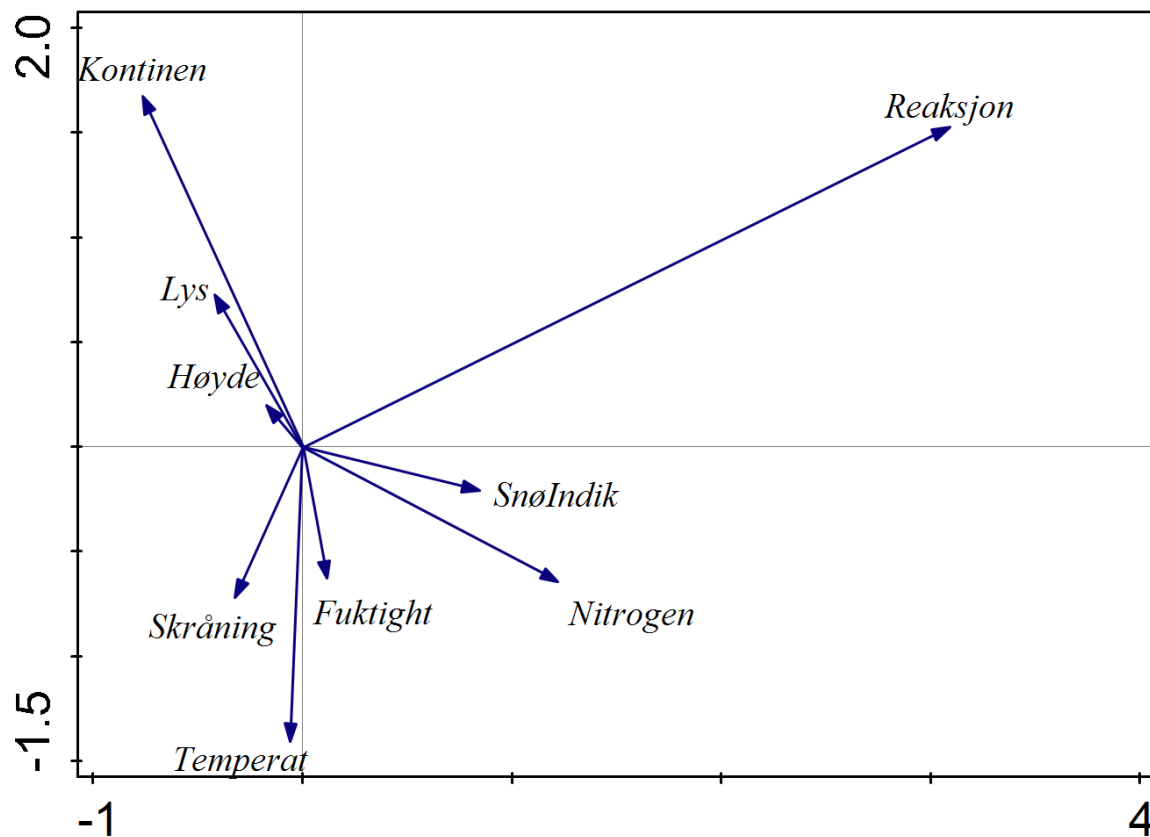
Totalt ble 92 arter av karplanter, lav og moser funnet. Antall arter i undersøkte områder var 49 på Haugastøl, 68 på Kalhovd, 39 på Lifjell og 48 på Urdenosi. Floristisk variasjon og forklarings gradienter i rutene ble undersøkt med bruk av Detrended

Correspondence Analysis (DCA). Analysen fordeler artene ut fra deres forekomst rutene. Artenes fordeling langs DCA akse 1 og akse 2 viser hvordan artene fordeler seg langs de to hoved gradientene (fig. 8). Denne analysen viser at fire aksene forklarer 25,83% av variasjon i artsdataene. Aksene får egenverdiene 3,63, 2,33, 2,18 og 2,00.



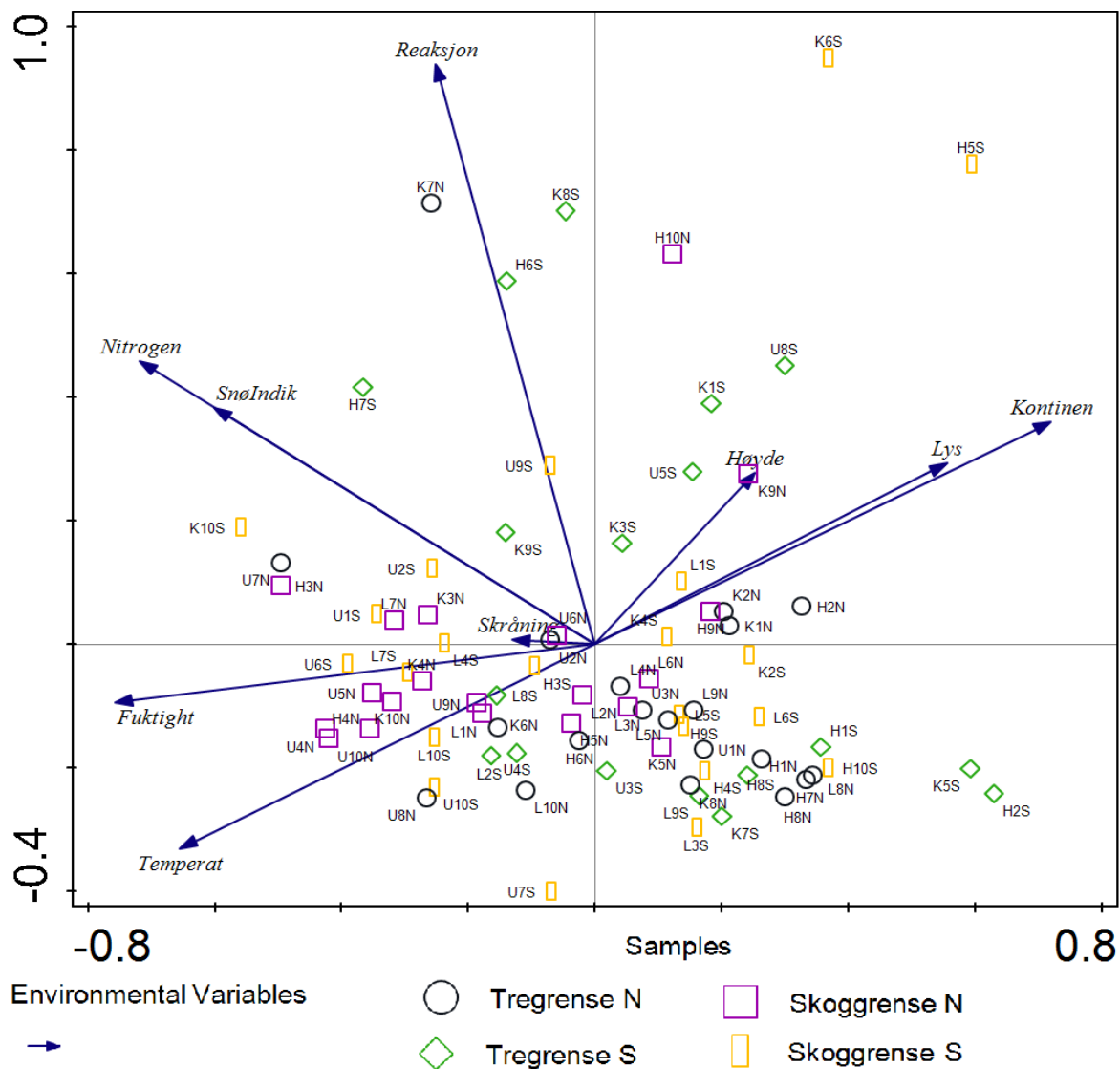
**Fig. 8: Artenes fordeling i DCA ordinasjonens akse 1 og akse 2. Artenes navn vises i vedlegg 9.**

Miljøvariablene høyde, skråning og tredekning ble målt i terrenget og gjennomsnittlige indikatorverdier kan relateres til artsordinasjonen. En DCA analyse ble kjørt for miljøvariabler for å få bedre forklaring på posisjonen til arter langs akse 1 og akse 2 (fig. 9).



**Fig. 9: Retning og lengde av vektorer for forklaringsvariablene i relasjon til DCA akse 1 og DCA akse 2. Lengden på pilene viser den relative viktigheten av variablene.**

Sammenheng mellom rutene og miljøvariabler ble videre analysert med Principal Component Analysis (PCA). PCA er en indirekte numerisk analyse som sorterer ruter ut fra deres verdi for ulike miljøvariabler. Fordeling av ruter langs PCA ordinasjonsakse 1 og 2 viser hvordan ruter fordeler seg med hensyn til miljøvariabler langs de to hoved gradientene (fig.10). Denne analysen viser at fire aksene forklarer 84,02% av variasjon i rutene. Aksene får egenverdiene 0,35, 0,25, 0,14 og 0,10.



**Fig. 10: Rutene og forklaringsvariable i sammenheng med PCA akse 1 og PCA akse 2. Lengden på pilene viser den relative viktigheten av forklaringsvariabler.**

#### 4.4. Lufttemperaturer

Klimatiske data ble interpolert basert på fremgangsmåten beskrevet i metodekapitlet. For de dagene der temperaturdata manglet fra en av to stasjoner, ble gjennomsnittlig TTG for bestemt området brukt. Etterpå ble tre hypoteser vedrørende korrelasjon mellom lufttemperatur og beliggenhet av skoggrense testet med Student's T-test.

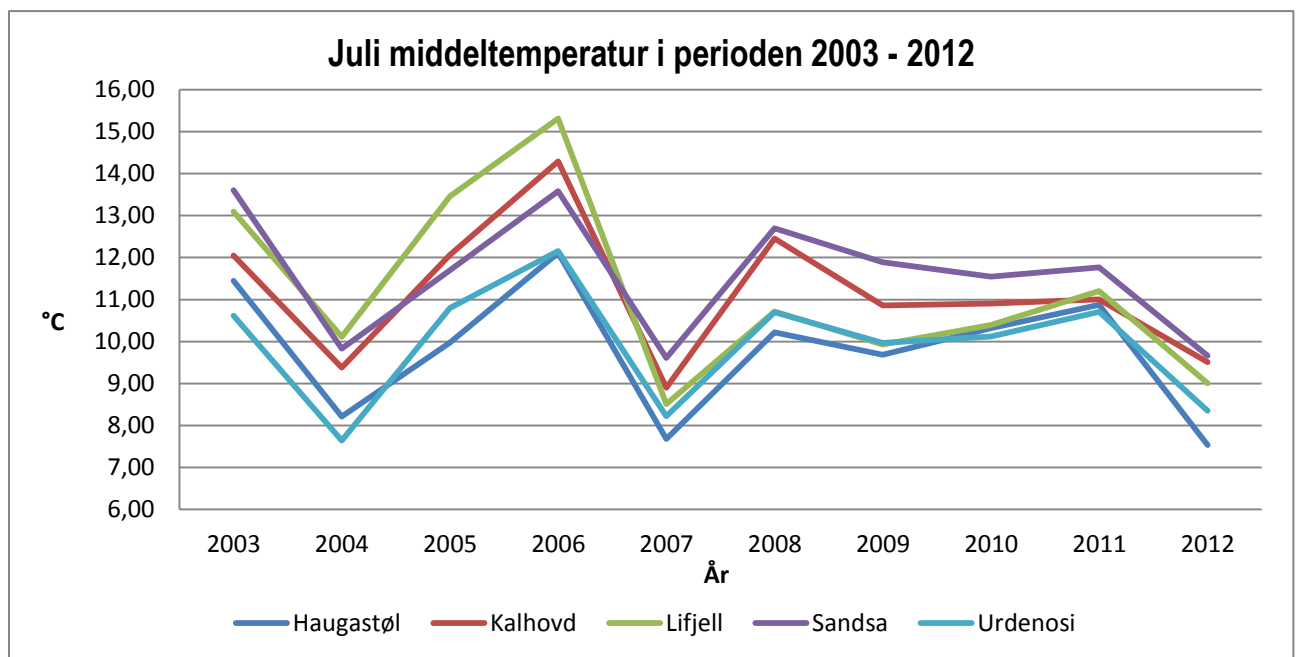


**Tabell 5: Gjennomsnittlig TTG i undersøkte områder i perioden 2003 – 2012.**

Område	Gjennomsnittlig TTG (°C per 100 m)	Stadardavvik (°C per 100 m)
Haugastøl	-0,76	±0,53
Kalhovd	0,41	±1,37
Lifjell	-0,45	±0,41
Sandsa	-0,56	±0,27
Urdenosi	-0,65	±0,41

Gjennomsnittlig TTG som ble brukt for interpolering av lufttemperaturer i tilfellet av manglende data fra begge to stasjoner varierer fra -0,76 °C per 100 m (Haugastøl) til 0,41 °C per 100 m (Kalhovd) med gjennomsnittlig TTG verdi for alle områder -0,40 °C per 100 m (tabell 5).

#### 4.4.1 Testing av Köppens (1884) hypotese om at skoggrensen sammenfaller med 10 °C middeltemperatur for varmeste måneden:



**Fig. 11: Oversikt over juli middeltemperaturer i perioden 2003-2012.**

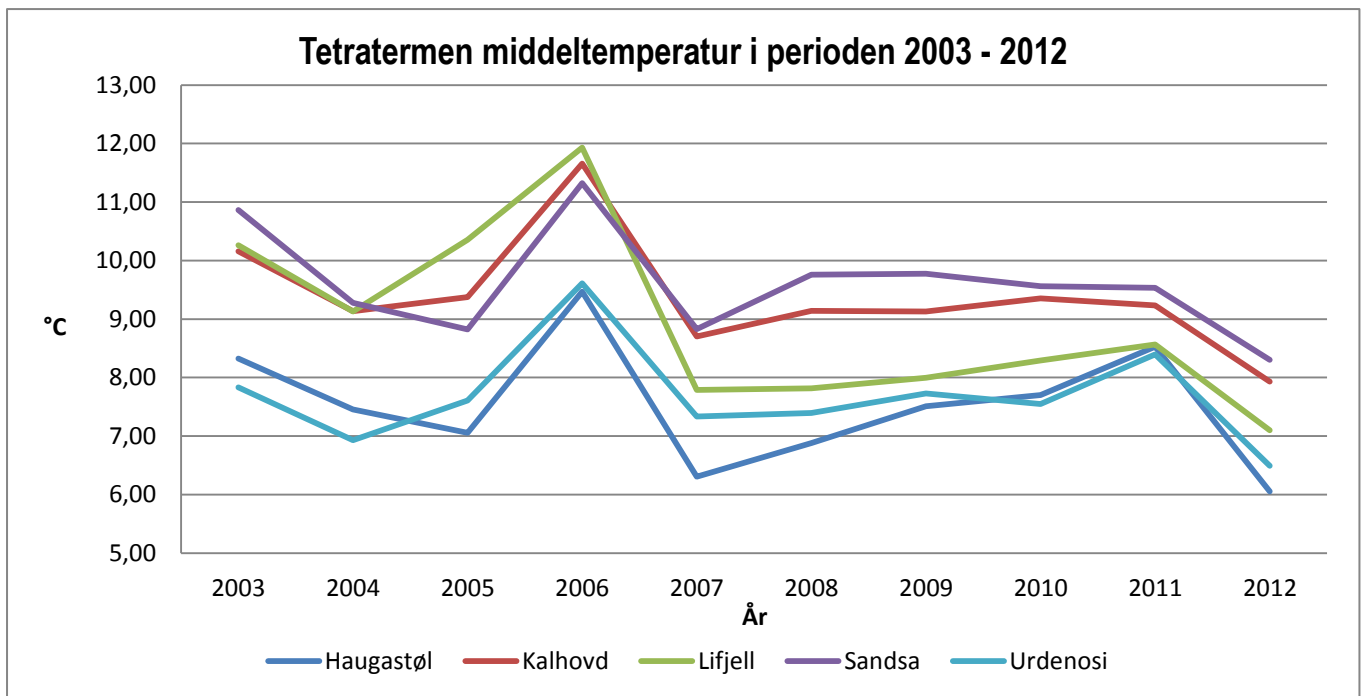
Middeltemperaturer i juli i perioden 2003 – 2012 nådde sine maksimumverdi i 2006 (12,6 °C) og minimumverdi i 2007 (8,1 °C). Temperatur utvikling i Haugastøl, Urdenosi og på Lifjell (untatt data før 2007 som ble interpolert med gjennomsnittlig TTG er likt med variasjoner opp til 0,5 °C (fig. 11). Data fra Kalhovd og Sandsa er ca 1-2 °C høyere enn på de første nevnte områdene.

**Tabell 6. T-test og testing av Köppens hypotese – middeltemperaturer i juli.**

Område	Gjennomsnitt temperatur (°C)	Stadar davvik (°C)	t-statistikk	Frihetsgrader	2-tailed p	Gjennomsnittlig TTG (°C per 100 m)
Haugastøl	9,8	±2,74	-11,77	309	0,2141	-0,89
Kalhovd	11,1	±3,19	6,31	309	<0.0001	-0,29
Lifjell	11,2	±3,19	6,47	308	<0.0001	-0,58
Sandsa	11,6	±2,67	10,46	309	<0.0001	-0,55
Urdenosi	9,9	±2,62	-0,49	290	0,6263	-0,65
Alle områder	10,7	±2,98	9,66	1529	<0.0001	-0,59

10 års gjennomsnitt juli temperatur varier fra 9,8 °C (Haugastøl) til 11,2 °C (Lifjell) (fig. 11). Null hypotese at det finnes ingen signifikant forskjell mellom gjennomsnittlig temperaturen og Köppens hypotese ble støttet på Haugastøl (2-tailed p= 0,2141) og i Urdenosi (2-tailed p= 0,6263). I andre områder og generelt for alle områder ble denne hypotesen forkastet (tabell 6).

#### 4.4.2 Testing av Hellands (1912) hypotese om at skoggrensen sammenfaller med 8,4 °C middeltemperatur for fire varmeste måneder:



**Fig.12: Oversikt over tetratermen middeltemperaturer i perioden 2003-2012.**

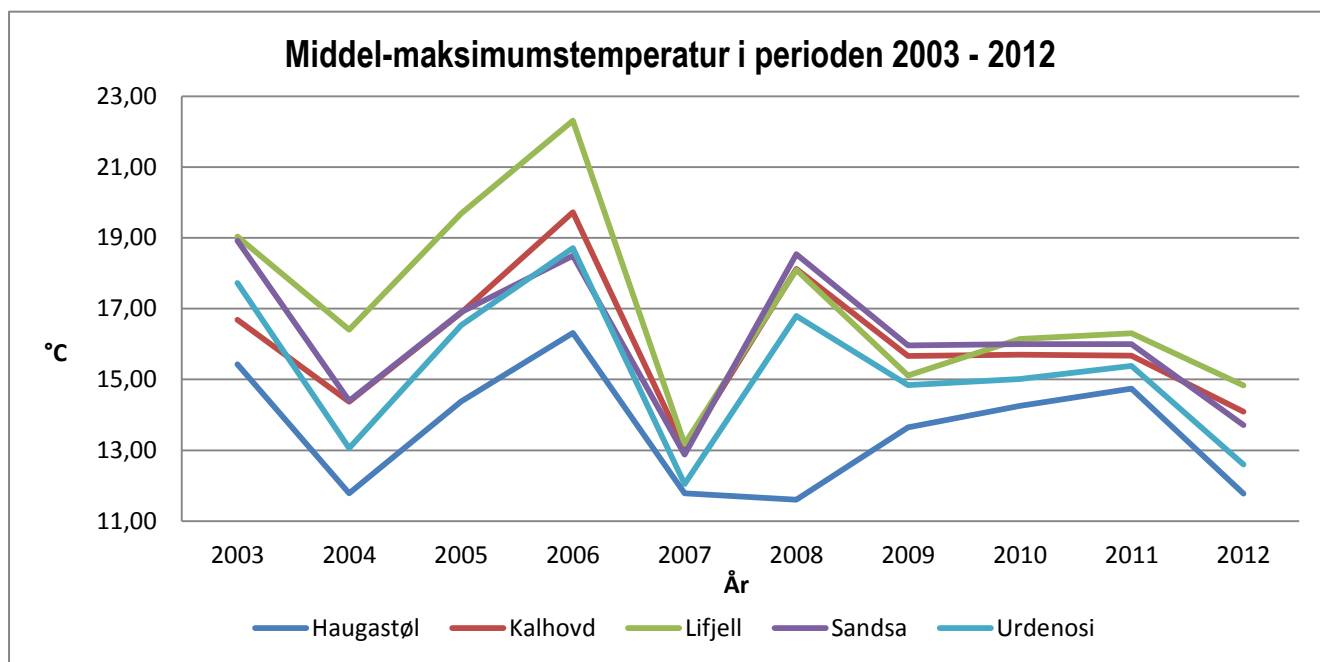
Tetratermen middeltemperaturer i perioden 2003 – 2012 nådde sine maksimumverdi i 2006 (10,8 °C) og minimumverdi i 2012 (7,2 °C). Temperatur utvikling i Haugastøl, Urdenosi og på Lifjell (untatt data før 2007 som ble interpolert med gjennomsnittlig TTG) er likt med variasjoner opp til 1,5 °C (fig. 12). Data fra Kalhovd og Sandsa er ca 1-3 °C høyere enn på de første nevnte områdene.

**Tabell 7: T-test og testing av Hellands hypotese – middeltemperaturer i tetratermen.**

Område	Gjennomsnitt temperatur (°C)	Standar davvik (°C)	t-statistik k	Frihets grader	2-tailed p	Gjennomsnittlig TTG (°C per 100 m)
Haugastøl	7,6	±3,34	-8,78	1219	<0.0001	-0,86
Kalhovd	9,4	±3,48	10,07	1219	<0.0001	-0,09
Lifjell	9,0	±3,19	5,25	1207	<0.0001	-0,56
Sandsa	9,6	±3,16	13,61	1215	<0.0001	-0,55
Urdenosi	7,7	±2,50	4,90	944	<0.0001	-0,64
Alle områder	8,6	±3,38	10,70	5808	<0.0001	-0,54

10 års tetraterm middeltemperaturer varierer fra 7,6 °C (Haugastøl) til 9,6 °C (Sandsa) (fig. 12). Null hypotese at det finnes ingen signifikant forskjell mellom gjennomsnittlig temperaturen og Hellands hypotese ble forkastet i alle områder (tabell 7).

#### 4.4.3 Testing av Odlands (1996) hypotese om at bjørkskoggrensen sammenfaller med 15,8 °C middel maksimumstemperatur for juli:



**Fig. 13: Oversikt over middel-maksimumstemperaturer i perioden 2003-**

Middel-maksimumstemperatur i perioden 2003 – 2012 nådde sine maksimumverdi i 2006 (19,1 °C) og minimumverdi i 2012 (12,6 °C). Temperatur utvikling i Kalhovd, Urdenosi, Sandsa og på Lifjell (untatt data før 2007 som ble interpolert med gjennomsnittlig TTG) er likt med variasjoner opp til 1,0 °C (fig. 13). Temperaturene fra Haugastøl er generelt lavere og i 2008 er temperatur forskjellen ca 5 - 7 °C.

**Tabell 8: T-test og testing av Odlands hypotese – maksimum middeltemperatur i juli.**

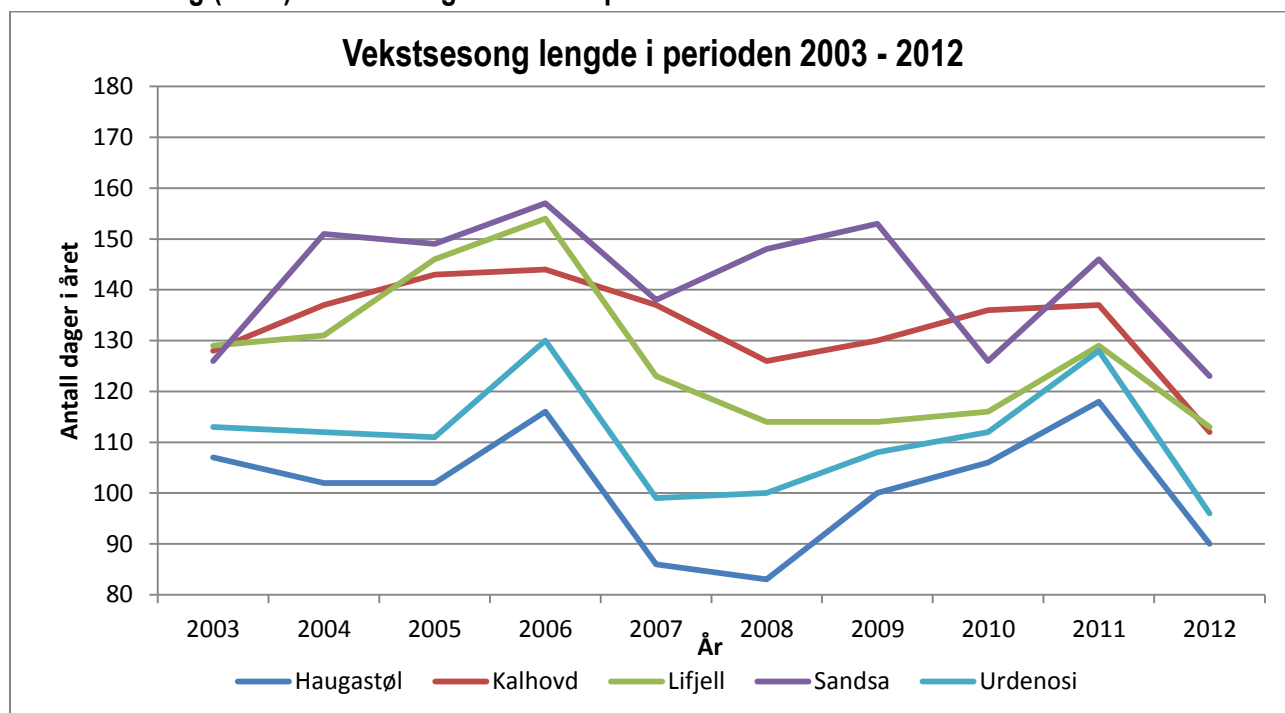
Område	Gjennomsnitt temperatur (°C)	Standard avvik (°C)	t-statistikk	Frihets grader	2-tailed p	Gjennomsnittlig TTG (°C per 100 m)
Haugastøl	13,6	±3,33	-11,77	309	<0.0001	-0,89
Kalhovd	16,0	±4,24	0,81	309	0,4164	-0,29
Lifjell	17,1	±4,11	6,26	296	<0.0001	-0,58
Sandsa	16,2	±4,05	1,65	309	0,0992	-0,55
Urdenosi	15,1	±4,04	-2,84	292	0,0048	-0,65
Alle områder	15,6	±4,15	-1,64	1519	0,1010	-0,59

10 års middel-maksimumstemperatur i perioden 2003 - 2012 varier fra 13,6 °C (Haugastøl) til 17,1 °C (Lifjell) (fig. 13). Null hypotese at det finnes ingen signifikant forskjell mellom gjennomsnittlig temperaturen og Odlands hypotese ble støttet i Kalhovd (2-tailed p= 0,4164), på Sandsa (2-tailed p= 0,0992) og i Urdenosi (2-tailed p= 0,0048) (tabell 8). I Haugastøl og på Lifjell ble hypotesen forkastet. Generelt for alle områder ble hypotesen støttet (2-tailed p= 0,1010).

#### 4.5. Vekstsesongen

Interpolerte klimatiske data ble brukt for å beregne lengden av vekstsesongen. Den ble beregnet ifølge to måter oppført i metoder (Ellenberg 1963, Odland 2011). Gjennomsnittlige verdier for perioden 2003-2012 ble sammenlignet med Enveis ANOVA og Kruskal Wallis test. Ellenbergs (1963) hypotesen om korrelasjon av skoggrensens med 100 dager lengde av vekstsesongen ble testet med Student`s T-test.

#### 4.5.1 Ellenberg (1963) – Antall dager med temperaturen over 5 °C



**Fig. 14: Oversikt over vekstsesong lengde ifølge Ellenberg i perioden 2003-2012.**

Vekstsesongen i perioden 2003 – 2012 varierer mellom 83 (Haugastøl, 2008) og 157 (Sandsa, 2006) dager (fig. 14). I gjennomsnitt var vekstsesongen lengste i 2006 (140 dager) og korteste i 2012 (107 dager).

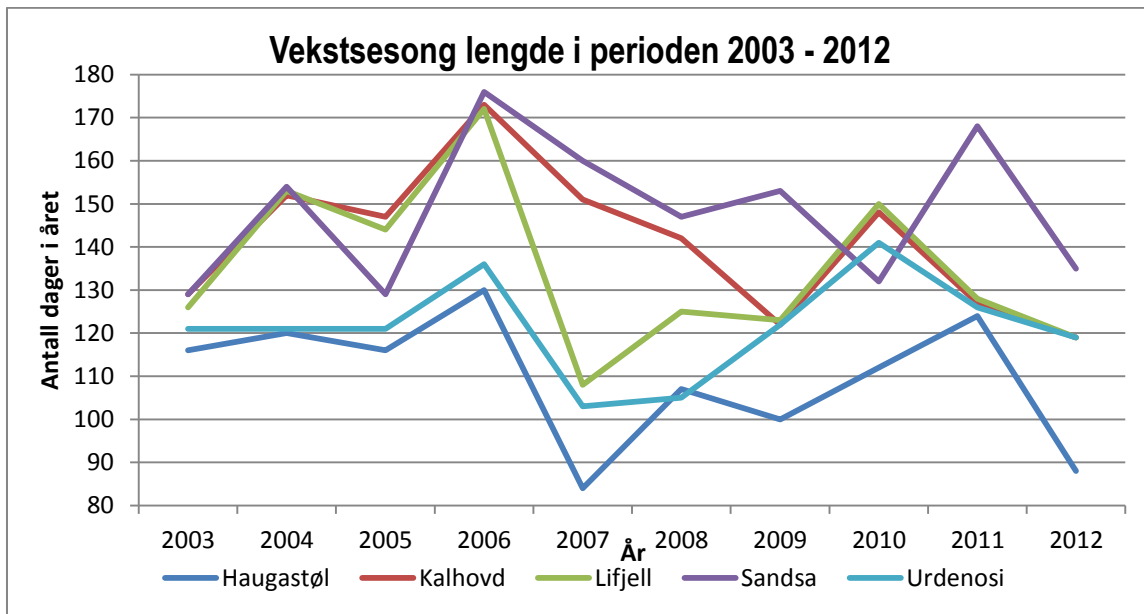
**Tabell 9: T-test og testing av Ellenbergs hypotese.**

Område	Gjennomsnitt lengde av vekstsesongen	Standardavvik	t-statistikk	Frihetsgrader	2-tailed p
Haugastøl	101	±11,8	0,27	9	0,7943
Kalhovd	133	±9,4	11,05	9	<0,0001
Lifjell	127	±14,1	6,04	9	0,0002
Sandsa	142	±12,5	10,51	9	<0,0001
Urdenosi	111	±11,3	3,04	9	0,0141
Alle områder	123	±18,8	8,53	49	<0,0001

Gjennomsnitt vekstsesongen i undersøkte områder varierer fra 101 dager (Haugastøl) til 142 dager (Sandsa) (fig. 14). Gjennomsnitt vekstsesongen for alle områder er 123 dager. Null hypotese at det finnes ingen signifikant forskjell mellom vekstsesongen og Ellenbergs

hypotese ble støttet i Haugastøl (2-tailed  $p=0,7943$ ) og i Urdenosi (2-tailed  $p=0,0141$ ) (tabell 9). I andre områder ble hypotesen forkastet.

#### 4.5.2 Odland (2011) – Antall dager mellom begynnelsen og slutten av vekstsesongen



**Fig. 15: Oversikt over vekstsesong lengde ifølge Odland i perioden 2003-2012.**

Vekstsesongen i perioden 2003 – 2012 varierer mellom 84 (Haugastøl, 2007) og 176 (Sandsa, 2006) dager (fig. 15). I gjennomsnitt var vekstsesongen lengste i 2006 (157 dager) og korteste i 2012 (116 dager).

**Tabell 10: En veis ANOVA og Kruskal Wallis sammenligning av vekstsesongen ifølge Odland.**

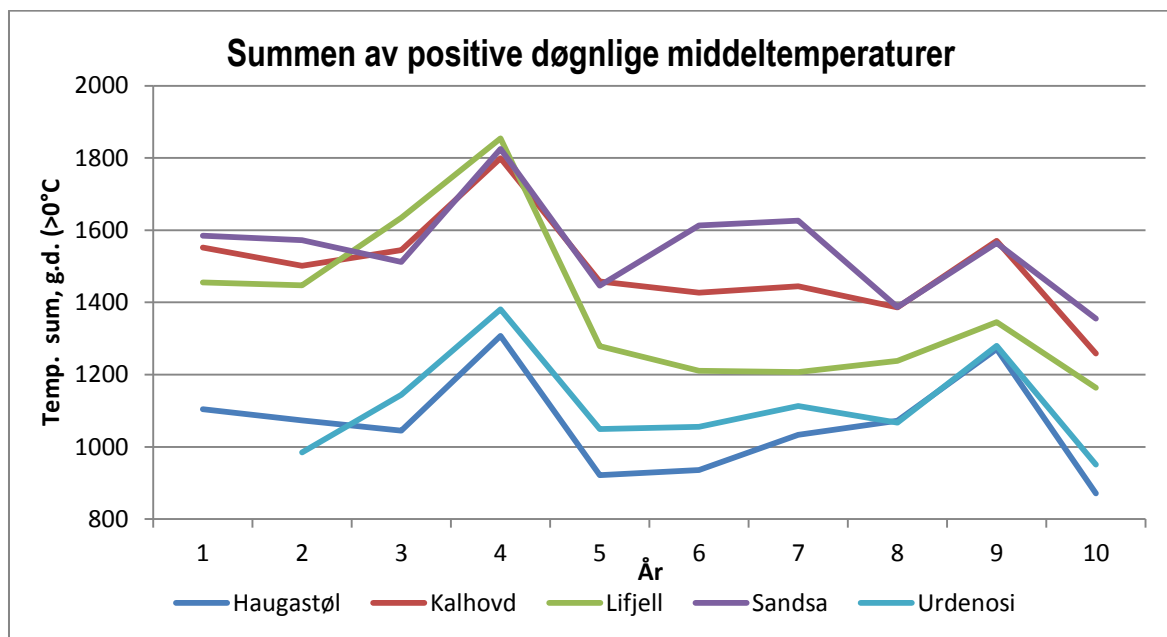
Område	Gjennomsnitt lengde av vekstsesongen (ANOVA)	Standardavvik (ANOVA)	Signifikant forskjellig fra (Kruskal Wallis)
Haugastøl	110	±15,1	Kalhovd ( $p=0,0003$ ), Lifjell ( $p=0,0074$ ), Sandsa ( $p<0,0001$ )
Kalhovd	141	±16,7	Haugastøl ( $p=0,0003$ )
Lifjell	135	±19,3	Haugastøl ( $p=0,0074$ )
Sandsa	148	±16,8	Haugastøl ( $p<0,0001$ ), Urdenosi ( $p=0,0007$ )
Urdenosi	122	±11,7	Sandsa ( $p=0,0007$ )
Alle områder	131	±15,47	

Gjennomsnitt vekstsesongen i undersøkte områder varierer fra 110 dager (Haugastøl) til 148 dager (Sandsa) (fig.15). Gjennomsnitt vekstsesongen for alle områder er 131 dager. Det ble oppdaget signifikant forskjell mellom Haugastøl vs. Kalhovd ( $p=0,0003$ ), Lifjell ( $p=0,0074$ ) og Sandsa ( $p<0,0001$ ) så vel som mellom Urdenosi og Sandsa ( $p=0,0003$ ) (tabell 10).

#### 4.6. Effektive temperatursum

Interpolerte klimatiske data ble brukt for å beregne effektiv temperatursum (ETS) i skoggrenseområdet. Den ble beregnet ifølge to måter oppført i metoder (Holdridge 1966, Tuhkanen 1984). Gjennomsnittlige verdier for perioden 2003-2012 ble sammenlignet med En veis ANOVA og Kruskal Wallis test.

##### 4.6.1 Holdridge (1966) – Summen av positive døgnlige middeltemperaturer



**Fig. 16: Summer av positive døgnlige middeltemperaturer i perioden 2003-2012.**

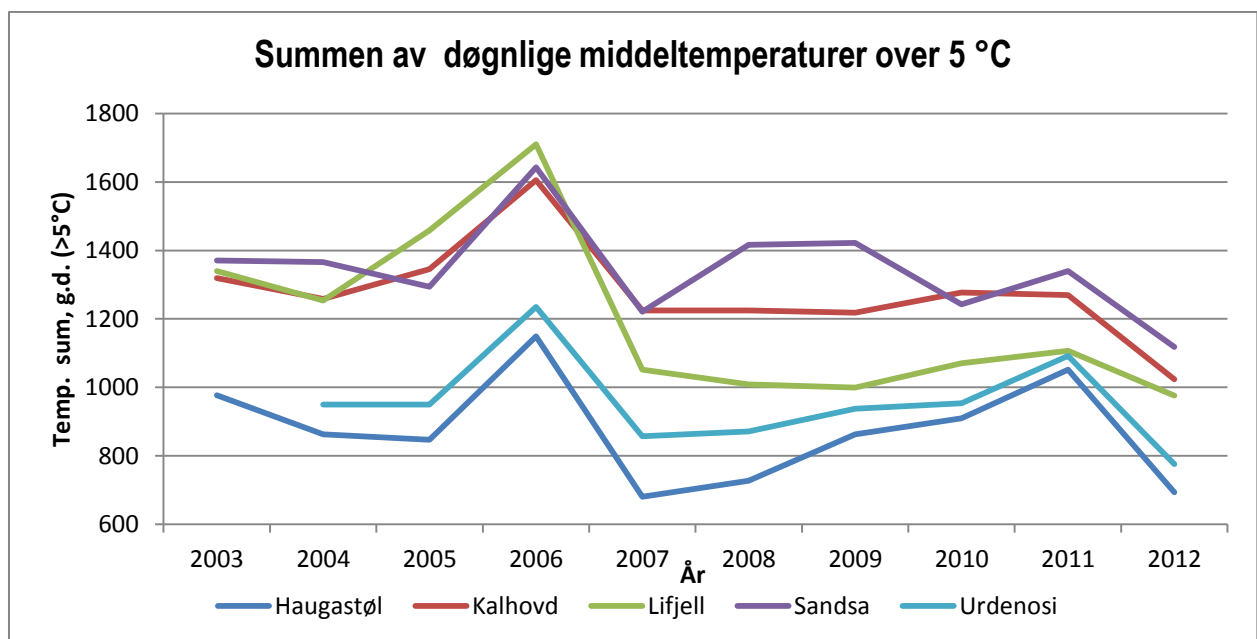
Effektive temperatursummen i perioden 2003 – 2012 varierer mellom 871 g.d. (Haugastøl, 2012) og 1853 g.d. (Lifjell, 2006) dager (fig. 16). I gjennomsnitt var ETS høyeste i 2006 (1633 g.d.) og laveste i 2012 (1120 g.d.).

**Tabell 11: En veis ANOVA og Kruskal Wallis sammenligning av ETS ifølge Holdridge.**

Område	Gjennomsnitt lengde av vekstsesongen (ANOVA) (g.d.)	Standardavvik (ANOVA) (g.d.)	Signifikant forskjellig fra (Kruskal Wallis)
Haugastøl	1064	±141,00	Kalhovd (p<0,0001), Lifjell (p=0,0004), Sandsa (p<0,0001)
Kalhovd	1494	±141,52	Haugastøl (p<0,0001), Urdenosi (p<0,0001)
Lifjell	1383	±220,16	Haugastøl (p=0,0004), Urdenosi (p=0,0003),
Sandsa	1549	±135,00	Haugastøl (p<0,0001), Urdenosi (p<0,0001)
Urdenosi	1114	±138,36	Sandsa (p<0,0001), Kalhovd (p<0,0001)
Alle områder	1321	±203,48	

Gjennomsnittlig ETS i de undersøkte områdene varierer fra 1064 g.d. (Haugastøl) til 1549 g.d. (Sandsa) (fig. 16). Gjennomsnitt ETS for alle områder er 1321 g.d. Det er signifikante forskjeller mellom Haugstøl vs. Kalhovd (p<0.0001), Lifjell (p=0,0004) og Sandsa (p<0.0001) så vel som mellom Urdenosi vs Kalhovd (p<0.0001), Lifjell (p=0,005) og Sandsa (p<0.0001) (tabell 11).

#### 4.6.2 Tuhkanen (1984) – Summen av døgnlige middeltemperaturer over 5°C



**Fig. 17: Summer av døgnlige middeltemperaturer over 5 °C i perioden 2003-2012.**



Effektive temperatursummen i perioden 2003 – 2012 varierer mellom 680 g.d. (Haugastøl, 2007) og 1710 g.d. (Lifjell, 2006) dager (fig. 17). I gjennomsnitt var ETS høyeste i 2006 (1468 g.d.) og laveste i 2012 (917 g.d.).

**Tabell 12: En veis ANOVA og Kruskal Wallis sammenligning av ETS ifølge Tuhkanen.**

Område	Gjennomsnitt lengde av vekstsesongen (ANOVA) (g.d.)	Standardavvik (ANOVA) (g.d.)	Signifikant forskjellig fra (Kruskal Wallis)
<b>Haugastøl</b>	876	±153,27	Kalhovd (p<0,0001), Lifjell (p=0,0004), Sandsa (p<0,0001)
<b>Kalhovd</b>	1276	±144,54	Haugastøl (p<0,0001), Urdenosi (p=0,0002)
<b>Lifjell</b>	1197	±241,32	Haugastøl (p=0,0004), Urdenosi (p=0,0102),
<b>Sandsa</b>	1343	±141,70	Haugastøl (p<0,0001), Urdenosi (p<0,0001)
<b>Urdenosi</b>	958	±135,11	Lifjell (p=0,0102)Kalhovd (p=0,0002), Sandsa (p<0,0001),
<b>Alle områder</b>	1130	±203,59	

Gjennomsnittlig ETS i de undersøkte områdene varierer fra 876 g.d. (Haugastøl) til 1343 g.d. (Sandsa) med et gjennomsnitt for alle områder på 1130 g.d (fig. 17). Det var signifikante forskjeller mellom Haugastøl vs. Kalhovd (p<0.0001), Lifjell (p=0,0004) og Sandsa (p<0.0001) så vel som mellom Urdenosi vs Kalhovd (p=0,0002), Lifjell (p=0,0102) og Sandsa (p<0.0001) (tabell 12).

## 5. Diskusjon

### 5.1. Skoggrensens høyde

Skoggrensens høyde ble registrert for hver rute og gjennomsnittlige høyder for skoggrense og tregrense ble beregnet for begge eksposisjoner (tabell 1). Skoggrensens varierer fra 710 m.o.h. (Sandsa) til 1139 m.o.h. (Kalhovd) og tregrensens varierer fra 725 m.o.h. (Sandsa) til 1158 m.o.h. (Kalhovd). Disse målingene samsvarer veldig bra med tidligere undersøkelser av skoggrensens høyde i Norge (Aas 1964, Abrahamsen et. al. 1977, Odland et. al. 1992, Odland 1996).

#### Forskjell mellom tregrensens og skoggrensens

Forskjellen i høyde mellom skoggrensens og tregrensens i de undersøkte områder varierer fra 18 m (Sandsa) til 27 m (Haugastøl) på sørlige eksposisjoner og fra 12 m (Urdenosi) til 38 m (Lifjell) på nordlige eksposisjoner (tabell 2). I gjennomsnitt er denne forskjellen 22 m for sør eksposisjon og 25 m for nord eksposisjon og det samsvarer med undersøkelser fra andre områder – Sylane 10 – 15 m (Nordhaugen 1928), Dovre 20 m (Resvoll-Holmsen 1920), Rondane 13 m (Aas 1969) og Lærdal 25 m (Ve 1940). I Fennoskandia er forskjellen målt til å variere mellom 5 og 75 m, med en gjennomsnittsverdi på ca 30 m (Odland et al. 1992).

Forskjellene på Lifjell, Kalhovd og Haugastøl kan indikere forskjeller i snøakkumulasjon (Odland 1996). Snøindikatorverdier fra Kalhovd støtter denne hypotesen men særlig på Lifjell kan det være konsekvensen av nord-vest aspektet og liten hellning (15°) som fører til bedre lys og varme forhold.

#### Forskjell mellom nord- og sørksponte dalsider

Skoggrensens og tregrensens varierer med eksposisjonen (tabell 3). Allerede Shreve (1924) understreker at regioner med variert topografi har ulik vegetasjon og påvirkning av ulik eksposisjon er mest synlig mellom nordøst og sørvest eksposisjon i områder med store sesongmessige klimatiske forskjeller. Resultater fra de undersøkte områdene samsvarer med denne hypotesen og forskjellen for tregrensens varierer fra 9 m (Lifjell) til 100 m (Sandsa) og for skoggrensens fra 26 m (Lifjell) til 97 m (Sandsa). Odland (1996) fant at forskjellen mellom

sør og nord eksposisjon har en ikke-lineær trend med minst forskjell nær kysten (20 m) og den øker med avstand fra kysten og når sitt maksimum til mellom 100 og 150 m omtrent 150 km innlands. Data fra de undersøkte områdene viser stor variasjon og statistiske tester viste signifikant forskjell mellom eksposisjoner i Lifjell og Sandsa, trolig først og fremst på grunn av forskjellige topografiske forhold. Ifølge Odland (1996) skulle variasjonen ved Sandsa være cirka 20 m, men lokal topografi lave fjell på nordlig eksposisjon fører til en høyde forskjell på 100 m for tregrense og 97 m for skoggrense. Samtidig er forskjellen på Lifjell mindre enn modellen tilsier trolig på grunn av topografiske forhold og nordvestlig eksposisjon. Den søreksponte dalsiden har en orientering mer til sørøst, brattere terreng enn nordsiden og derfor har tregrense og skoggrense mindre gunstige vokseforhold.

Gjennomsnittlig forskjell mellom sør og nord i de resterende områdene varierer mellom 42 m – 53 m for skoggrensen og mellom 40 m – 55 m for tregrensen. Disse resultatene er i samsvar med Odlands (1996) kvadratisk regresjonsmodell, men også med andre resultater. I Nord-Finland finnes det 40 m forskjellen for skoggrensen (Autio 2006) og i Nord-Norge ligger forskjellen på 58 m for skoggrensen (Umemoto 2000).

## **5.2. Planter som miljøindikatorer**

Ellenberg's indikatorverdier (Ellenberg 1979, Ellenberg et. al. 1991) og snøindikatorerne (Odland & Munkejord 2008) ble beregnet og signifikante forskjeller mellom enkelte områder, typer av vegetasjon og eksposisjon ble undersøkt. Resultatene viser at bare tre av 35 utførte tester ble signifikante indikerer at til tross for forskjellige høyde, skråning, eksposisjon og andre topografiske og edafiske faktorer miljøforholdene ved skoggrensen og tregrensen er veldig like. Forskjellen i gjennomsnittlig lystall på Lifjell kan skyldes at nordvestlig (ikke nordlig) eksposisjon og gunstige edafiske forhold i den nordeksponerte siden mens den søreksponte dalsiden indikerer mindre gunstig lysforhold på grunn av sørøstlig eksposisjon og brattere skråning som fører til mer skygge særlig om ettermiddagen og kvelden (Geiger 1966, Perttu 1972). Andre signifikante forskjeller indikerer at skoggrensen på nordsiden av alle områder er fuktigere ( $p=0,0129$ ), og snødekkets varighet er lengre ( $p=0,09$ ) enn på sør siden (tabell 4). Dette kan forklares ut fra høyere temperaturer mot sør enn mot nord (Geiger 1966, Utaaker 1993). Odland (1996) konkluderer med at nordligeksponerte dalsider kan avvike fra søreksponte i jord og luft temperaturer, jord og luft fuktighet, lys tilgjengelighet og vind hastighet.

Miljøindikatorer for skoggrensen er i liten grad undersøkt. Verdiene fra de undersøkte områdene er ganske like til estimerte miljøindikatorer i skoggrenseområdet verdier fra Aurland (Odland 2009). Forskjellen finnes i nitrogen og reaksjon verdier, men det skyldes trolig kalkrike bergarter i Aurland.

### 5.3. Floristisk variasjon og miljøvariabler

Antall arter varierte fra 39 på Lifjell til 68 på Kalhovd. Denne forskjellen kan skyldes berggrunnsgeologien. Lifjellområdet er preget av kvartsitt og skaper næringsfattige forhold for planter. Til tross for det i Kalhovd området og særlig på nord orientert bakken finnes det noe vulkanske bergarter som gir gunstigere forhold til planter.

DCA analysen fordelte arter ut fra likheter i deres forekomst i undersøkte ruter. Fig. 8 viser at i venstre delen av akse 1 ligger stor sett lavarter, mens høyre delen av akse 1 er preget av mange karplanter. Denne gradienten er kompleks og består av flere forklaringvariabler. Fig. 9 viser at reaksjonstallet har betydelig forklaring for variasjonen og det er i samsvar med arter *Cirsium heterophyllum*, *Geranium sylvaticum* og *Saussurea alpina* (kalkkrevende arter) som befinner seg det høyre øvre hjørnet av Fig. 8. Forklaringsvariablene kontinentalitet, lys og høyde øker mot det høyre øvre hjørnet hvor det finnes lavarter (*Cetraria ericetorum*, *Cetraria islandica*, *Cladonia alpestris*, *Cladonia ecmocyna*, og *Cladonia stellaris*) som vanligvis befinner seg på tørre, lysåpne steder ved den øvre tregrensen i kontinentale områder. *Sorbus aucuparia* og *Picea abies* som ble registrert på Lifjell og Urdenosi vokser særlig ved den øvreskoggrensen og derfor er disse to artene knyttet til lysere, tørre forhold også.

PCA er en indirekte analyse som sorterer ruter ifølge betydning og forklarings verdi av miljøvariablene. Rutene er vist med ulik type av bestand. Skoggrensebestander foretrekker fuktigere steder (jordfuktighet) og med lengre snødekke (fig. 10). Dette er i samsvar med funnene fra sammenligning av miljøindikatorer mellom skoggrensen og tregrensen bestander hvor fuktighet var signifikant forskjellig ( $p=0,0129$ ) og snøindikatorverdiene viste ulik tendens ( $p=0,09$ ). Flesteparten av nord tregrense bestandene viser ganske liten variasjon og indikerer at nord tregrense befinner seg på steder med liten næring (reaksjon og nitrogen variabler) og med kortere snødekke enn skoggrense. Reaksjonstallet for den nordlige tregrensen er i gjennomsnitt 2,05, mens på den sørlige tregrensen er det 2,46. Snø indikator viser at snødybde på sør tregrense (3,61) er enda mindre enn på nord tregrense (3,79). Sør tregrense viser det største variasjonen fra alle undersøkte typer av bestander og det kan

skyldes lokale topografiske og edafiske forhold som spiller en sentral rolle i beliggenhet av sør tregrensen.

#### 5.4. Lufttemperatur

Den topografiske temperaturgradienten ble beregnet for hver enkelt dag i perioden 1.1.2003 – 31.12.2012. Gjennomsnittlig TTG verdi ble brukt for interpolering for de dagene når lufttemperatur data fra begge stasjoner manglet. Gjennomsnittlig TTG verdi fra Kalhovd er positiv (0,41 °C per 100 m) og det skyldes beliggenhet og topografi av steder hvor de meteorologiske stasjonene ligger. Gjennomsnittlig TTG verdi for andre områder uten Kalhovd er -0,61 °C per 100 m som samsvarer bra med generelt «lapse-rate» 0,57°C per 100 m (Laaksonen 1976).

Analysene viser at to av tre hypoteser om korrelasjon mellom lufttemperatur ved den øvre skoggrensen ble forkastet og kun Odlands (1996) hypotese ble støttet. Köppens (1884) 10 °C isoterme for middeltemperaturen i juli samsvarer bra med skoggrensen på Haugastøl (9,8 °C; 2-tailed p= 0,2141) og i Urdenosi (9,9 °C; 2-tailed p= 0,6263). Data fra Kalhovd (11,1 °C; 2-tailed p<0,0001) er litt forvrengte trolig pga. at den meteorologiske stasjonen Møsstrand II ligger ved Møsvatn som er en stor innsjø og den akkumulerer varmeinnhold mye bedre enn tørt land. I virkeligheten er derfor temperaturen på Kalhovd trolig litt lavere enn analysen viser. Middeltemperaturen på Lifjell (11,2 °C; 2-tailed p<0,0001) og Sandsa (11,6 °C; 2-tailed p<0,0001) tyder på at skoggrensen i disse områdene ikke når sin klimatiske grense fordi fjellmassivene er for små (Dahl, 1998, Odland 2011). Denne trenden er tydelig i Sandsaområdet hvor det høyeste fjellet er bare 1039 m.o.h. og mens på Haugastøl og på Kalhovd vokser skogsbestander over 1100 m.o.h. Tuhkanen (1980) viser at i kystområder av øst-Canada korrelerer skoggrensen med en middeltemperatur for varmeste måned på 11 °C, mens i kontinentale deler av Canada er den 13 °C (Timoney et al. 1992). Disse funnene samsvarer bedre med data fra undersøkte områder (gjennomsnitt middeltemperaturen for alle områder er 10,7 °C) enn med Köppens 10 °C. Odland (1996) viser at i Norge korrelerer bjørkskoggrense med 11,2 °C, mens gjennomsnitt temperaturen av den varmeste måneden kan bli 1-2 °C lavere i områder hvor skoggrensen når høyeste nivåer enn i kystområder i lavere høyder.

Hellands (1919) 8,4 °C isotermeren for middeltemperaturen i de fire varmeste månedene korrelerer i liten grad med interpolerte klimatiske data. Forskjellen mellom Hellands hypotese og data fra Haugastøl (7,6 °C; 2-tailed  $p < 0,0001$ ) kan forklares med Massenerhebung effekt (Brockmann-Jerosch 1919) som sier at skoggrense har tendens til å vokse høyere i høye fjellkjeder. Selv om klimatiske data viser at områder er for kalde for beliggenhet av skoggrense, vil høyere fjell akkumulere varmen bedre og virker som vindbeskyttelse også. Data fra Kalhovd (9,4 °C; 2-tailed  $p < 0,0001$ ) viser stor påvirkning av varmekapasitet av Møsvatn og registrerte middeltemperaturer i høst måneder er i gjennomsnitt høyere på Møsstrand II (977 m.o.h.) enn ved Dagali lufthavn (798 m.o.h.) og det fører til positiv TTG og stor skjevhet i interpolerte klimatiske data fra Kalhovdområdet. I virkeligheten vil middeltemperaturen bli nesten den samme som den er på Haugastøl og befinner seg i nesten identisk høyde. Temperatur data fra Urdenosi (8,8 °C) ligger nær Hellands hypotese, men fortsatt viser signifikant forskjell (2-tailed  $p < 0,0001$ ). Data fra Sandsa og Lifjell tyder på at skoggrensen i disse områdene ikke kan nå sin klimatiske grense og at fjell er for små og skoggrensen når ikke sin klimatiske grense (Dahl, 1998). Det kan også skyldes at de edafiske forholdene ikke er gunstige for etablering av skog høyere i disse områdene.

Odland (1996) fant ut at bjørkskoggrensen i Norge var best korrelert med en middel-maksimumstemperaturen for juli på 15,8 °C. Hypotesen ble her støttet i tre av fem områder og var den eneste hypotesen ble den støttet (2-tailed  $p = 0,01010$ ) for alle områder. Likevel kan vi anta at middel-maksimumstemperaturen for juli på Lifjell (17,2 °C; 2-tailed  $p < 0,0001$ ) påvirkes av et lavt fjellmassiv noe som presser skoggrensen nedover og derfor er temperaturene høyere enn på andre steder. Selv om skoggrensen i Sandsa (16,2 °C; 2-tailed  $p = 0,0992$ ) ligger enda lavere enn på Lifjell, middel-maksimumstemperaturen for juli avviker med hypotesen med kun 0,4 °C. Det er på grunn av oseaniske forhold på Vestlandet vil dette også gi lavere maksimumstemperaturer. Data fra Kalhovd (16,0 °C; 2-tailed  $p = 0,4164$ ) og Urdenosi (15,1 °C; 2-tailed  $p = 0,0048$ ) er i samsvar med Odlands hypotese. Haugastøl (13,6 °C; 2-tailed  $p < 0,0001$ ) avviker med 2,2 °C og det kan skyldes at interpolerte middel-maksimumstemperaturverdier for juli ble det brukt data fra en meteorologisk stasjon som ligger ved Finsevatn (pga. data fra Geilo mangler). Finsevatn er påvirket av kulden fra Hardangerjøkulen og derfor er maksimumsmiddeltemperaturer lave.

## 5.5. Vekstsesongen

Vekstsesongen ble beregnet på bakgrunn av to ulike metoder, og disse gjør at lengden av vekstsesongen blir ulik. Ellenberg (1963) fant ut at skoggrensen samsvarte bra med en vekstsesong på 100 dager. Denne hypotesen ble testet med Student's t-test og ble støttet i Haugastøl (101 dager; 2-tailed  $p = 0,7943$ ) og i Urdenosi (111 dager; 2-tailed  $p = 0,0140$ ). I andre områder ble hypotesen forkastet. En gjennomsnittlig vekstsesong på 123 dager samsvarer mye bedre med Autios (2006) resultater fra Aakenustunturi fjell i nord Finland hvor gjennomsnittlig vekstsesong er 118 dager ved skoggrensen og 112 dager ved tregrensen. Resultater er i samsvar med generell lengde av vekstsesongen ved bjørkskoggrensen i Norge som er angitt å ligge mellom 101 og 125 dager (Skaugen & Tveito 2004). Resultater fra Finland er 110 – 120 dager (Juntenen et. al 2002) og nord Sverige 95 – 125 (Wilson & Nilsson 2009).

Det finnes ikke relevante resultater fra andre områder for å sammenligne lengde av vekstsesongen beregnet ved Odlands (2011) metode. Vekstsesongen mellom enkelte områder varierer opp til 38,6 dager og der er signifikant forskjell mellom Haugastøl vs. Lifjell, Kalhovd og Sandsa og mellom Sandsa og Urdenosi påpeker på faktum at lengde av vekstsesongen særlig i Sandsa og er ikke begrensende faktor for skoggrensen. Data fra Kalhovd (141 dager) viser stor påvirkning av varmekapasitet av Møsvatn som fører til høye middeltemperaturer i høst månedene med slutten av vekstsesongen i andre halvdel av oktober. Derfor kan vi anta at i virkeligheten blir vekstsesongen på Kalhovd kortere.

## 5.6. Effektiv temperatursum

Effektiv temperatursum definert ifølge Holdridge (1966) viser stor variasjon mellom de enkelte områdene. Dette kan skyldes at i områdene Sandsa og Lifjell når ikke skoggrensen sin klimatiske grense og på Kalhovd er klimadata påvirket av nærheten av Møsvatn. I virkeligheten blir gjennomsnitt ETS ifølge Holdridge ved skoggrensen nærmere resultatene fra Urdenosi (1114 g.d.) og Haugastøl (1064 g.d.). Sammenligning med andre områder ifølge Holdridge definisjon er ikke tilgjengelige.

ETS ifølge Tuhkanen viser den samme variasjonen som ETS beregnet etter Holdridge-metoden. Forklaringen til differanser mellom enkelte områder er den samme. Selv om

gjennomsnittlig ETS for alle områder er 1130 g.d. resultatene fra Haugastøl (876 g.d.) ligger nær resultater fra Petsikko fjell i nord Finland hvor Jontunen & Neuvonen (2006) fant at ETS ved skoggrensen er 845 g.d.



## Konklusjon

- Skoggrensen korrelerer bra med ulike interpolerte lufttemperaturdata, men en maksimum middeltemperatur rundt 15,8 °C i den varmeste måneden viste den minste variasjonen.
- Vekta middelveier for arters indikatorverdier beregnet i de ulike bestandene gir en god indikasjon på økologiske likheter og forskjeller i skoggrenseområder.
- Skoggrensens høyde er i noen områder påvirket av en Massenerhebung effekt, og grensene når de største høydene i områder med de høyeste fjellene.
- Generelt følger forskjellene mellom eksposisjonene Odlands (1996) ikke-lineær trend men varierer mye i henhold til lokale topografiske forhold.
- Forskjellene mellom beliggenhet av skoggrense og tregrense er i gjennomsnitt 23,5 m og større forskjellene kan skyldes høyere snøakkumulasjonen.
- Miljøindikatorer basert på vegetasjons komposisjon indikerer at uansett av biotiske, abiotiske og antropogene faktorene er økologiske forhold ved skoggrensen og tregrensen veldig like. Nordlig skoggrense indikerer høyere fuktighet og lengre snødekning enn nordlige bestander.
- Multivariate analyser viser at den høyeste variasjonen i miljøvariabler finnes hos sørlig tregrense og den minste variasjonen finnes hos nordlig skoggrense.
- Vekstsesongen varierer i henhold til høyde, lokale klimatiske og topografiske forhold. I gjennomsnitt er vekstsesongen i de undersøkte områdene 122,7 dager som er i samsvar med generell lengde av vekstsesongen for bjørkskoggrensen (Skaugen & Tveito 2004).

## Referanser

- Abrahamsen, J., Dahl, E., Jacobsen, N.K., Kalliola, R., Pålsson, L. & Wilborg, L. 1977. Naturgeografisk regionindelning av Norden. Nordiska utredningar 34. Nordiska ministerrådet.
- Alftine, K.J. & Malanson, G.P. 2004. Directional positive feedback and pattern at an alpine treeline. *Journal of Vegetation Science*, Vol. 15: Pp. 3-12.
- Arno, S. F. 1984. *Timberline, mountain and arctic frontiers*. Seattle.
- Autio, J. 1995. Local temperature differences and their relation to altitudinal vegetation zones and the location of the timberline: an example from the fell of Aakenustunturi in Finnish Lapland. *Nordia Geographical Publications* 24: Pp. 103–111.
- Autio, J. 2006. Environmental Factors Controlling the Position of the Actual Timberline and Treeline on the Fells of Finnish Lapland. OULU Report A452, Pp.1-61. University of Oulu, Oulu.
- Billings, W. D. 1990. The mountain forests of North America and their environments. Sider 47-86 i: C. B. Osmond, L. F. Pitelka, and G. M. Hidy, editors. *Plant biology of the Basin and Range*. Springer Verlag, New York.
- Brinkmann, W. 1979. Growing season length as an indicator of climatic variations? *Climatic Change* 2: Pp. 127–138.
- Brockmann- Jerosch, H. 1919. Baumgrenze und Klimacharakter. *Ber. Schw. Bot. Ges.* 24: Pp 1-255.
- Dahl, E. 1986. Zonation in Arctic and Alpine Tundra and Fellfield Ecobiomes. *Ecosystem theory and application. Environmental monogr. and symposia*. Pp. 35-62.
- Dahl, E. 1998. *The phytogeography of northern Europe. (British Isles, Fennoscandia and adjacent areas)*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Däniker, A. 1923. Biologische studien über baum- und waldgrenze, insbesondere über die klimatischen ursachen und deren zusammenhänge. *Vierteljahresschrift Naturforschende Gesellschaft. Zürich.* 68: Pp. 1–102.
- Ellenberg, H. 1963. *Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen. In Kausaler, dynamischer und historischer Sicht*. Stuttgart: Ulmer.
- Ellenberg, H. 1974. Zeigerwerte der Gefäßpflanzen Mitteleuropas. – *Scripta Geobotanica* 9: Pp. 1–97
- Ellenberg, H. 1986. *Vegetation ecology of Central Europe*, 4<sup>th</sup> edition. Cambridge University Press, Cambridge.
- Ellenberg H., Weber H.E., Dull R., Wirth V., Werner W. & Paulsen D. 1991. Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa (Indicator values of plants in Central Europe) *Scripta Geobotanica*. – Vol. 18. – Verlag Erich Goltze KG, Göttingen.

- Faarlund, T. & Aas, B. 1991. Behov for å sikre fjellbjørkeskogens natur- og kulturlandskap. Universitet i Trondheim, Vitenskapsmus. Rapp. Bot. Ser 1991,2: Pp. 19-26.
- Fries, T. C. E. 1913. Botanische Untersuchungen im nordlichsten Schweden. Vetenskapliga och Praktiska Undersökningar i Lappland. Uppsala, Stockholm, Pp.1-363.
- Hacquet, ?. 1779. Mineralogisch-botanische Lustreise von dem Berge Terglou in Krain zu dem Berge Glockner in Tirol. (cit. Holtmeier 2003)
- Helland, A. 1912. Trægrændser og sommervarmen. Tidsskr. Skogbr. Pp. 1-32.
- Heikkinen, O. The timber-line problem. Nordia 18: Pp. 105–114.
- Heikkinen, O., Tuovinen, M., Autio, J. 2002. What determines the timberline? Fennia 180(1–2): Pp.67–74.
- Holdridge, L.R. 1966. The Life Zone System. Adansonia 6(2): Pp. 199-203.
- Holtmeier, F. K. 1974. Geoökologische Beobachtungen und Studien an der subarktischen und alpinen Waldgrenze in vergleichender Sicht (nördliches Fennoskandien/Zentralalpen). Erdwissenschaftliche Forschung VIII, Franz Steiner Verlag, Wiesbaden.
- Holtmeier, F. K. 2003. Mountain Timberlines: Ecology, Patchiness, and Dynamics. New York, NY: Springer.
- Hoofgard, A. 1997. Inter-relationships between treeline position, species diversity, land use and climate change in the central Scandes Mountains of Norway. Global Ecology and Biogeography Letters. 6: Pp. 419-429.
- Hustich, I. 1948. The Scotch pine in northernmost Finland and its dependence on the climate in the last decades. Acta Botannica Fennica 42: Pp. 1–75.
- Hustich, I. 1952. The recent climatic fluctuation in Finland and its consequences. Fennia 75: Pp.1–128.
- Hustich, I. 1966. On the forest tundra and northern tree-lines. Reports from the Kevo Subarctic Research Station 3: Pp.1–47.
- Hustich, I. 1979. Ecological concepts and biographical zonation in the North: the need for a generally accepted terminology. Holarctic ecology 2: Pp. 208–217.
- Hämet-Ahti L 1963. Zonation of the mountain birch forests in northernmost Fennoscandia. Annales Botanici Societatis Zoologicae Botanicae Fennicae “Vanamo”34: Pp. 1–127.
- Geiger, R. 1966. The climate near the ground. 4<sup>th</sup> edition. Harvard University Press, Cambridge.
- Juntunen, V., Neuvonen, S. Norokorpi, Y. & Tasanen, T. 2002. Potential for Timberline Advance in Northern Finland as Revealed by Monitoring during 1983 – 99

- Kallio, P. & Lehtonen, J. 1973. Birch forest damage caused by *Oporinia autumnata* (Bkh.) and the problem of reforestation. – In: Wielgolaski, F. E. (ed.). *Fennoscandian Tundra Ecosystems, Part 2. Ecological Studies 17*: Pp. 174-180. Springer-Verlag, Berlin.
- Kellomäki, S., Väisänen, H. & Kolström, T. 1997. Model computations on the effects of elevating temperature and atmospheric CO<sup>2</sup> on the regeneration of Scots pine timber line in Finland. *Climatic Change 37*: Pp. 683–708.
- Kent, M. & Coker, P. 1992. Sampling methods. In: *Vegetation description and analysis*. Wiley, Chichester. Pp. 32-40.
- Kilander, S. 1955. Kärlväxternas övre gränser på fjäll i sydvästra Jämtland samt angränsande delar av Härjedalen och Norge (Upper limits of vascular plants on mountains in southwestern Jämtland and adjacent parts of Härjedalen (Sweden) and Norway). *Acta Phytogeographica Suecica 35*: Pp. 1–198.
- Kudo G. 1991. Effects of snow-free period on the phenology of alpine plants inhabiting snow patches. *Arctic and Alpine Research 23*: Pp. 436-443.
- Kudo G. 1996. Effects of snow-melt timing on reproductive phenology and pollination process of alpine plants. *Memoirs of National Institute of Polar Research, Special Issue 51*: Pp. 71-82.
- Kullman, L. 1979. Change and stability in the altitude of birch tree-limit in the southern Swedish Scandes 1915–1975. *Acta Phytogeographica Suecica 65*: Pp. 1–121.
- Kullman, L. 1983. Past and present tree-lines of different species in the Handölan Valley, Central Sweden. *Nordica 47*: Pp. 25-45.
- Kullman, L. 1990. Dynamics of altitudinal tree-limit in Sweden: A review. *Norsk Geologisk Tidsskrift, 44*, Pp. 104–116.
- Kullman, L. 1992. Climatically induced regeneration patterns of marginal populations of *Pinus sylvestris* in northern Sweden. *Oecologia Montana 1*: Pp. 5–10.
- Kullman, L. 1997. Tree-limit stress and disturbance. A 25-year survey of geocological change in the Scandes Mountains of Sweden. *Geografiska Annaler 75A*: Pp. 139–165.
- Köppen, W. 1884: Die Warmezonen der Erde, nach der Dauer der heissen, gemässigten und kalten Zeit und nach der Wirkung der Wärme auf die organische Welt betrachtet (The thermal zones of the Earth according to the duration of hot, moderate and cold periods and of the impact of heat on the organic world), *Meteorologische Zeitschrift. 1*: Pp. 215–226 (translated and edited by Volken, E. & Bronnimann S. 2011 *Meteorologische Zeitschrift. 20*: Pp.351–360.)
- Körner, C. & Paulsen, J. 2004. A world-wide study of high altitude treeline temperatures. *Journal of Biogeography 31*: Pp. 713–732.
- Laaksonen, K. 1976. The dependence of mean air temperatures upon latitude and altitude in Fennoscandia (1921-1950). *Ann. Acad. Sci. Fenn. A III 119*: Pp. 1-18.

- Larsen, J.A. 1989. The northern forest border in Canada and Alaska – biotic communities and ecological relationships. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.
- Lauer, W. & Klaus, D. 1975. Geological investigations on the timberline of Pico de Orizaba, Mexico. *Arctic and Alpine Research* 7(4): Pp. 315–330.
- Lid, J. & Lid, D.T. 2005. *Norsk flora*, 7. utg. Redaktør: Reidar Elven. Det Norske Samlaget, Oslo.
- Mook, R. & Vorren, K. D. 1996. The temperature climate at altitudinal vegetation limits in Skibotn, northern Norway. *Paleoclimate research* 20: Pp. 61-74.
- Nagy, L. & Grabherr, G. 2009. *The Biology of Alpine Habitats*. New York, Oxford University Press.
- Nikolov, V.V. & Helmisaari, H. 1992. Silvics of the circumpolar boreal forest tree species. In: Shugart H, Leemans R & Bonan G (eds) *A system analysis of the boreal forest*. Cambridge University Press, Cambridge. Pp. 13–84.
- Nordhagen, R. 1928. Die vegetation und Flora des Sylene-gebietes. I. Die Vegetation. – *Skr. Norske Vidensk.akad. Mat.-Naturvid. Kl.* 1927-1: Pp. 1-612.
- Norokorpi, Y. 1994. Havumetsänrajan määräytyminen Suomessa. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedo-nantoja* 539: Pp. 7–15.
- Odland, A., Bevanger, K., Fremstad, E., Hanssen, O., Reitan, O. & Aagaard, K. 1992. Fjellskog i Sør-Norge: biologi og forvaltning – NINA Oppdragsmelding 123: Pp. 1-90.
- Odland, A. 1996. Differences in the vertical distribution pattern of *Betula pubescens* in Norway and its ecological significance. *Palaoklimaforschung* 20: Pp. 43–59.
- Odland, A. & Munkejord, H.K. 2008. Plants as indicators of snow layer duration in southern Norwegian mountains. *Ecological Indicators*. 8: Pp. 57-68.
- Odland, A. 2009. Interpretation of altitudinal gradients in South Central Norway based on vascular plants as environmental indicators. *Ecological Indicators* 9: Pp. 409 – 421.
- Odland, A. 2011. Estimation of the growing season length in alpine areas: Effects of snow and temperatures. Chapter 3 in: Schmidt, J.G. *Alpine environment: Geology, Ecology and Conservation*. Pp. 85-134.
- Perttu, K. 1972. Dependence of the forest limit on different climatic and topographic conditions. *Rapporter och Uppsatser Skoghögskolan* 34: Pp. 1-91.
- Piussi, P. & Schneider, A. 1985. Die obere Wald- und Baumgrenze im Pfitschtal (Südtirol). *Centralbl. Gesamte Forstwes.* 102: Pp. 234-246.
- Påhlsson, L. 1995. *Vegetationstyper I Norden*. Nordiska Ministerrådet, København.
- Resvoll-Holmsen, H. 1920. Om fjeldvegetationen i det østenfjeldske Norge. - *Arch. Math. Naturv.* 27, 1: Pp. 1-266.

- Selsing, L. & Wishman, E. 1984. Mean summer temperatures and circulation in a south-west Norwegian mountain area during the Atlantic period, based upon changes of the Alpine pine-forest limit. *Annals of Glaciology*. 5: Pp. 127–132.
- Skaugen, T.E. & Tveito, O.E. 2004. Growing season and degree-days scenario in Norway for the period 2021-2050 compared to the normal period 1961-1990. *Climate Research* 26: Pp. 221-232.
- Slatyer, R.O., & Noble, L.R. 1992. Dynamics of montane treelines in: *Landscape Boundaries: Consequences for Biotic Diversity and Ecological Flows* (A.J. Hansen and F. DiCasti, editors), *Ecological Studies* 92, Springer-Verlag, New York, Pp. 347-359.
- Slettjord, S. 1993. Development of an environmental forest and arboretum on the outer coast of Finnmark county, Norway. In: Alden J, Mastrantonio JL & Ødum S (eds) *Forest Development in Cold Climates*. Plenum Press, New York. Pp. 437–461.
- Tengwall, T.Å. 1920. Die Vegetation des Sarekgebietes. -*Naturw. Untersuch. des Sarekgebirges* B. 3,4: Pp. 269-436.
- ter Braak, C.J.F. & Šmilauer, P. 2002. *CANOCO Reference Manual and CanoDraw for Windows User's Guide: Software for Canonical Community Ordination (version 4.5)*. Ithaca, New York, USA.
- Timoney, K. P., Laroi, G. H., Zoltai S. C., & Robinson, A. L., 1992. The high Sub-arctic forest-tundra of northwestern Canada: position, width, and vegetation gradients in relation to climate. *Arctic*, 45: Pp. 1–9.
- Tuhkanen, S. 1980. Climatic parameters and indices in plant geography. *Acta Phytogeographica Suecica* 67: Pp. 1–110.
- Tuhkanen, S. 1984. A circumboreal system of climatic-phytogeographical regions. *Acta Botanica Fennica* 107: Pp. 1-50.
- Tuhkanen, S. 1993. Treeline in relation to climate, with special reference to oceanic areas. In: Alden J, Mastrantonio JL & Ødum S (eds) *Forest Development in Cold Climates*. Plenum Press, New York. Pp. 115–134.
- Tuhkanen, S. 1999. The northern timberline in relation to climate. In: Kankaanpää S, Tasanen T & Sutinen M-L (eds) *Sustainable development in northern timberline forests. Proceedings of the Timberline workshop, May 10–11, 1998 in Whitehorse, Canada*. Finnish Forest Research Institute. Research Papers 734, Pp. 29–61.
- Tranquillini, W. 1979. *Physiological ecology of the Alpine timberline*. Springer Verlag, Berlin
- Umamoto, T. 2000. Map based elevation of the upper forest limits in Troms, Northwestern Norway. *Geographical Reports of Tokyo Metropolitan University*. 35: Pp. 31-39.
- Utaaker, K. 1993. *Mikro og lokalmeteorologi*. Alma mater forlag, Bergen

- Ve, S. 1940. Skog og treslag i Indre Sogn fra Lerdal til Fillefjell. Medr Vestl. forstl. ForsStn 7: 1: Pp. 1-224.
- Vejjola, P. 1998. The northern timberlines and timberline forests in Fennoscandia. The Finnish Forest Research Institute. Research Papers 672: Pp. 1–242.
- Wardle, P. 1974. Alpine timberlines. In Arctic and Alpine Environment. Meuthuen Publishers, London. Pp. 371–402.
- Wardle, P. 1993. Causes of alpine timberline: a review of the hypothesis. In: Alden J, Mastrantonio JL & Ødum S (eds) Forest Development in Cold Climates. Plenum Press, New York. Pp. 89–103.
- Wilson, S.D. & Nilsson, C. 2009. Arctic alpine vegetation change over 20 years. *Global change Biology* 15: Pp. 1674 – 1684.
- Wistrand, G. 1981. Bidrag til Pite Lappmarks kärlväxflora. *Acta phytogeogr. Växtekol. Stud.* 14: Pp. 1-99.
- Wishman, E. 1985. Topografiske temperaturforskjeller i Suldal, Nord-Rogaland, juni-september 1975-1979. *Klima* 8: Pp. 5-28
- Woodward, F. 1988. Temperature and the distribution of plant species. In: Long S. & Woodward F (eds) Plants and temperature. Symposia of the society for experimental biology, Number XXXX II. Society of Experimental Biology, Cambridge, Pp. 59–75.
- Zelený D. & Schaffers A.P. 2012. Too good to be true: pitfalls of using mean Ellenberg indicator values in vegetation analyses. *Journal of Vegetation Science*, 23: Pp. 419-431.
- Zschokke, H. 1805. Beobachtungen im Hochgebirge auf einer Alpenreise in Sommer 1803. *Isis, Wochenschrift von deutschen und schweizerischen Gelehrten BdI/II*, Zürich. (cit. Holtmeier 2003)
- Økland, R.H., Bendiksen, E., 1985. The vegetation of the forest-alpine transition in the Grunningsdalen area, Telemark, S. Norway. - *Sommerfeltia* 2: Pp. 1-224.
- Økland, R. H. 1990. Vegetation ecology: theory, methods and applications with reference to Fennoscandia. *Sommerfeltia Suppl.* 1: 1–233.
- Öberg L. 2010. Treeline dynamics in short and long term perspectives – observational and historical evidence from southern Swedish Scandes. Master oppgave. Sundsvall, Sweden.
- Aas, B. 1964. Bjørke – og barskogsgrenser in Norge: En undersökelse av de øvre klimatiske skogsgrenser. Hovedfagsoppgave i naturgeografi, University of Oslo.
- Aas, B. 1969. Climatically raised birch lines in southeastern Norway 1918-1968. *Norsk Geografisk Tidsskrift* Vol. 23. Issue 3: Pp. 119-130.
- Aas, B. & Faarlund, T. 1988. Postglasiale skogsgrenser i sentrale sørnorske fjelltrakter. 14 C-datering av subfossile furu- og bjørkerester. *Norsk Geografisk Tidsskrift*, Vol. 42: Pp. 25-61.

## **Elektroniske kilder:**

Den Norske Meteorologiske institutt. 2013. eKlima, tjeneste for innsyn og nedlasting av observasjoner og klimadata. Sist besøkt 14.05.2013. Tilgjengelig fra: [http://sharki.oslo.dnmi.no/portal/page?\\_pageid=73,39035,73\\_39049&\\_dad=portal&\\_schema=PORTAL](http://sharki.oslo.dnmi.no/portal/page?_pageid=73,39035,73_39049&_dad=portal&_schema=PORTAL)

Norsk geologisk undersøkelse. 2013. Nasjonal berggrunnsdatabase, berggrunnskart over hele Norge i målestokk 1:50.000. Sist besøk 15.04.2013. Tilgjengelig fra: <http://geo.ngu.no/kart/berggrunn/>



# Oversikt over tabeller og figurer

## Tabeller

Tabell 1: Høyde av skoggrensen i undersøkte områder (m.o.h.)

Tabell 2: Forskjeller i høyde mellom ulike eksposisjoner i undersøkte områder (m.o.h.)

Tabell 3: Forskjell mellom typer av bestander i undersøkte områder (m.o.h.)

Tabell 4: Vekta gjennomsnittsverdier for ulike miljøindikatorer fra undersøkte områder. gL – gjennomsnittlig lystall, gT – gjennomsnittlig temperatortall, gK –gjennomsnittlig kontinentalitetstall, gF- gjennomsnittlig jordfuktighetstall, gR – gjennomsnittlig reaksjonstall, gN- gjennomsnittlig nitrogentall, gSI – gjennomsnittlig snøindikatortall.

Tabell 5: Gjennomsnittlig TTG i undersøkte områder i perioden 2003 – 2012.

Tabell 6. T-test og testing av Köppens hypotese – middeltemperaturer i juli.

Tabell 7: T-test og testing av Hellands hypotese – middeltemperaturer i tetratermen.

Tabell 8: T-test og testing av Odlands hypotese – maksimum middeltemperatur i juli.

Tabell 9: T-test og testing av Ellenbergs hypotese.

Tabell 10: Enveis ANOVA og Kruskal Wallis sammenligning av vekstsesongen ifølge Odland.

Tabell 11: Enveis ANOVA og Kruskal Wallis sammenligning av ETS ifølge Holdridge.

Tabell 12: Enveis ANOVA og Kruskal Wallis sammenligning av ETS ifølge Tuhkanen.

## Figurer

Fig. 1: Forskjellige typer av tregrense og skoggrense ifølge Hustich (1966), Tuhkanen (1993), Veijola (1998), Heikkinen et. al (2002) og Autio (2006).

Fig. 2: Beliggenhet av undersøkte områder i Sør-Norge (Google 2012).

Fig. 3: Kart av Haugastøl området (Map Source 2010).

Fig. 4: Kart av Kalhovd området (Map Source 2010).

Fig. 5: Kart av Lifjell området (Map Source 2010).

Fig. 6: Kart av Sandsa området (Map Source 2010).

Fig. 8: Artens fordeling I DCA ordinasjonens akse 1 og akse 2. Artenenes fulle navn vises i vedlegg 9.

Fig. 9: Plot som viser forklaringsvariablene i relasjon til DCA akse 1 og DCA akse 2. Lengden på pilene viser den relative viktigheten av variablene.

Fig. 10: Biplot som viser rutene og forklaringsvariablene i sammenheng med PCA akse 1 og PCA akse 2. Lengden på pilene viser den relative viktigheten av forklaringsvariabler.

Fig. 11: Oversikt over juli middeltemperaturer i perioden 2003-2012.

Fig.12: Oversikt over tetratermen middeltemperaturer i perioden 2003-2012.

Fig. 13: Oversikt over middel-maksimumstemperaturer i perioden 2003-2012.

Fig. 14: Oversikt over vekstsesongens lengde ifølge Ellenberg i perioden 2003-2012.

Fig. 15: Oversikt over vekstsesongens lengde ifølge Odland i perioden 2003-2012.

Figur 16. Summer av positive døgnlige middeltemperaturer i perioden 2003-2012.

Fig. 17: Summer av døgnlige middeltemperaturer over 5 °C i perioden 2003-2012.

Vedlegg 1. Registrerte arter i rutene (tall representerer dekning i %)

Latinsk navn	U1S	U2S	U3S	U4S	U5S	U6S	U7S	U8S	U9S	U10S	U1N	U2N	U3N	U4N	U5N	U6N	U7N	U8N	U9N	U10N
Aconitum septentrionale																				
Alchemilla alpina					1															
Alchemilla glomerulans																				
Andromedia polifolia																				
Anthoxanthum odoratum	1	3		1		5														
Arctostaphylos alpina																				
Athyrium distentifolium										3										
Avenella flexuosa	10	5	10	5	3	15	15	10	15	25	5	15	10	15	40	10	40	10	25	60
Bartsia alpina																				
Betula nana											40	25			4	2		10		10
Betula pubescens ssp tortuosa	33	40	5	50	30	85	7,5	50	15	10	25	33	7	50	75	35	50	25	33	50
Bistorta vivipara																				
calamagrostis purpurea																				
Calluna vulgaris	15		15	5	5		3													2
Campanula rotundifolia																				
Carex atrata				1				1												
Carex adelostema																				
Carex bigelowii					1							1	1			1			10	1
Carex brunnescens	1																			
Carex lachenalii			1						1											
Carex saxatilis																				
Carex vaginata																				
Cicerbita alpina																				
Cirsium heterophyllum																				
Cornus suecica	30		3	10		35	10		25	25								50		
Epilobium angustifolium		1																		
Deschampsia alpina																				
Empetrum nigrum	50		10	10	20			15		5	30	5	25	10	20	50		10	5	3
Equisetum arvense																				
Eriophorum scheuchzeri																				
Festuca ovina																				
Gentiana purpurea	1		2	1	3							1				2				
Geranium sylvaticum																				
Gymnocarpium dryopteris		5				3	1		15								40		3	
Hieracium alpina				1																
Huperzia selago																				
Impatiens noli-tangere		1	1							1										
Juniperus communis ssp alpina	3	1	1		15			40	20						1					
Leontodon autumnalis																				
Luzula multiflora																				
Luzula pilosa																				
Lycopodium annotinum		1																		5
Maianthemum bifolium		1	1			1														
Nardus stricta					10															
Omalotheca norvegica																				
Omalotheca supina																				
Oreopteris limbosperma																				
Oxyria digyna																				
Pedicularis lapponica																				
Picea abies																				
Pinus montana														1						
Phleum alpinum																				
Phylodoce caerulea				1							3	3	2	5	1			3		10
Poa alpina																				
Potentilla crantzii	1				7	3														
Pyrola norvegica																				
Ranunculus acris ssp pumilus																				
Ranunculus platanifolius																				
Rhodolia rosea																				
Rubus chamaemorus												3	3			10				

Latinsk navn	U1S	U2S	U3S	U4S	U5S	U6S	U7S	U8S	U9S	U10S	U1N	U2N	U3N	U4N	U5N	U6N	U7N	U8N	U9N	U10N
Rubus saxatilis																				
Rumex acetosa	1					3			5	5		5					15			
Salix glauca			15		10												60			
Salix herbacea													5			10				
Salix lanata		12	5																	
Salix lapponum	1	12		1					1			5	10							
Saussurea alpina																				
Solidago virgaurea	1		1	1								3			3	2	3			
Sorbus aucuparia												1	1					1		
Taraxacum species																				
Thalictrum alpinum																				
Trisetum spicatum																				
Trientalis europaea	1	1	1		1			1		1		1		5	5	2	1	1	10	2
Vaccinium myrtillus	10	20	5	25	5	45	5	20	15	20	5	5	5	15	20	5	5	15	20	5
Vaccinium uliginosum	10	5	35	50	25		60	30	3	25	10	5	10	10	5	3		5	5	10
Vaccinium vitis-idaea	3	3	1	3			3	5	3	3	3		5		3					4
Vahlodea atropurpurea																				
Barbilophozia floerkii																		1		
Barbilophozia lycopodioides												1	1							1
Brachythecium salebrosum	1		1						1	1		1			1					
Brachythecium starkei		1																		
Pleurozium schreberi			1								1		1							1
Polytrichum commune												1								1
Racomitrium lanuginosum																				
Sphagnum compactum					20											1				
Cetraria ericetorum																				
Cetraria islandica																				
Cladonia alpestris																				
Cladonia digitata									1						1		1			1
Cladonia ecmocyna											1									
Cladonia stellaris	1		1								1		1							
Stereocaulon spp															1					

Latinsk navn	L1S	L2S	L3S	L4S	L5S	L6S	L7S	L8S	L9S	L10S	L1N	L2N	L3N	L4N	L5N	L6N	L7N	L8N	L9N	L10N	K1S	
Aconitum septentrionale																						
Alchemilla alpina																						
Alchemilla glomerulans																						
Andromeda polifolia											2				1							
Anthoxanthum odoratum							3															
Arctostaphylos alpina											1				5							
Athyrium distentifolium																						
Avenella flexuosa	25	66	2	30	15	20	20	5	7	30	4	5	3	25	3	3	2	15	8	35	8	
Bartsia alpina																						
Betula nana	10	5							40			5	9	20	25	50		80	55		20	
Betula pubescens ssp tortuosa				75			33	35	10	2	40	45			50	60	40	1	40		35	
Bistorta vivipara																						
calamagrostis purpurea																						
Calluna vulgaris			2		5			3	2		4											
Campanula rotundifolia																						1
Carex atrata																						
Carex adelostema		3																				
Carex bigelowii																						1
Carex brunnescens													1								1	
Carex lachenalii																						
Carex saxatilis																						1
Carex vaginata																						
Cicerbita alpina																						
Cirsium heterophyllum																						
Cornus suecica	10	3	5	3			15	7	7		1	5	5		7	7	8				2	
Epilobium angustifolium																						
Deschampsia alpina																						
Empetrum nigrum	15	2	60		15	15			10		25		5		60	20		20	45	20	5	
Equisetum arvense																						
Eriophorum scheuchzeri																			1			
Festuca ovina																						
Gentiana purpurea				1																		
Geranium sylvaticum																						3
Gymnocarpium dryopteris		7					1										15					
Hieracium alpina																						2
Huperzia selago																						
Impatiens noli-tangere					7				1													
Juniperus communis ssp alpina	5				3																	20
Leontodon autumnalis																						
Luzula multiflora																						
Luzula pilosa			1							1												
Lycopodium annotinum		7									35											
Maianthemum bifolium	1	2					1			5												
Nardus stricta													15				15					3
Omalotheca norvegica																						1
Omalotheca supina																						
Oreopteris limbosperma																						
Oxyria digyna																						
Pedicularis lapponica																						
Picea abies	50		5		5	25		10	5	5				20		1						
Pinus montana																						
Phleum alpinum																						
Phylodoce caerulea											1	2						1			3	2
Poa alpina																						
Potentilla crantzii							3															1
Pyrola norvegica																						
Ranunculus acris ssp pumilus																						
Ranunculus platanifolius																						
Rhodolia rosea																						
Rubus chamaemorus			1	5					3		4	7	7	10	5	3		4	12	1		







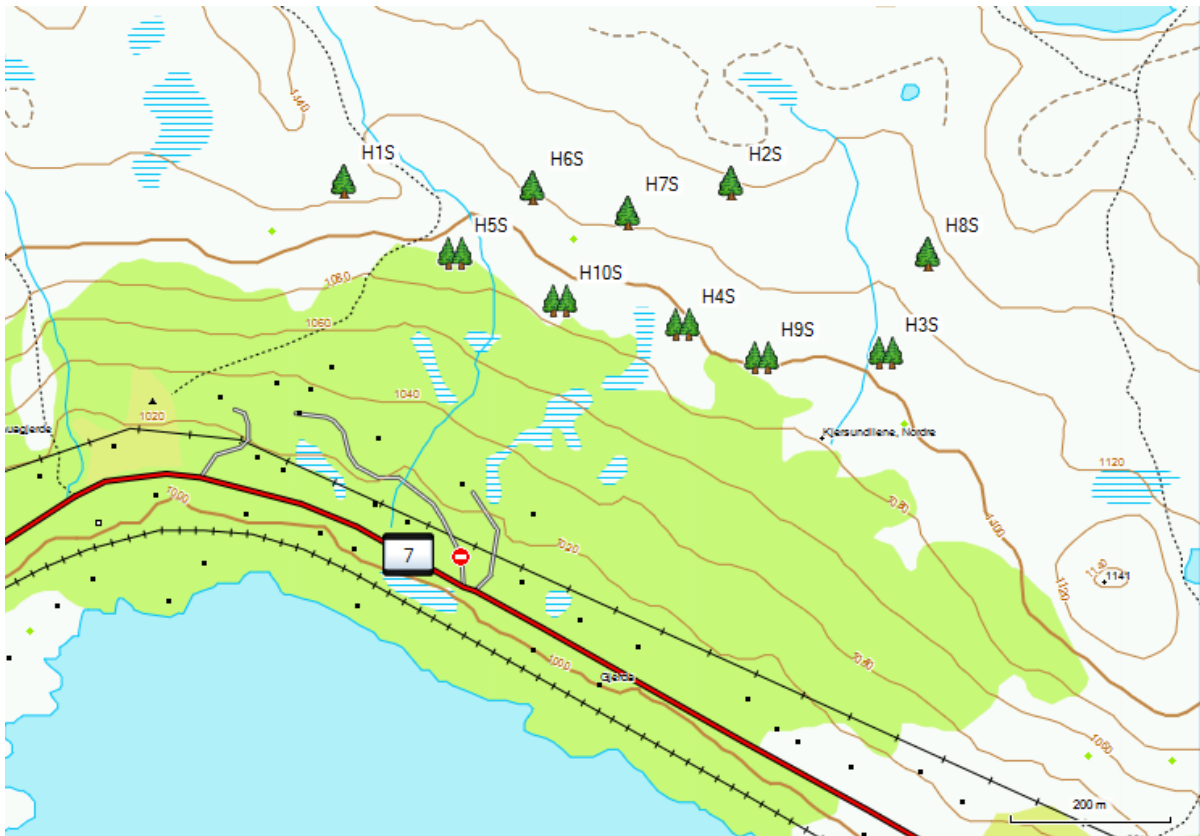




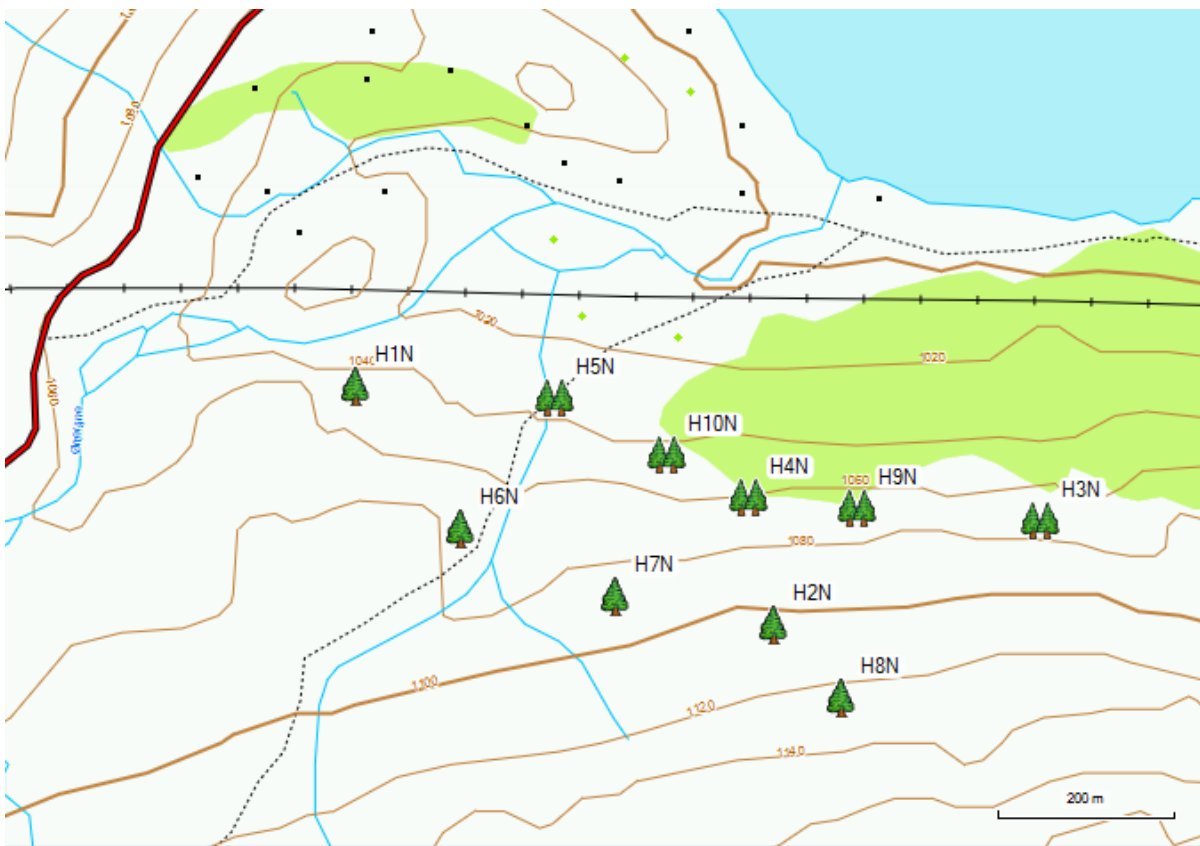


## Vedlegg 2: Kart over Haugastøl området.

### Haugastøl sør

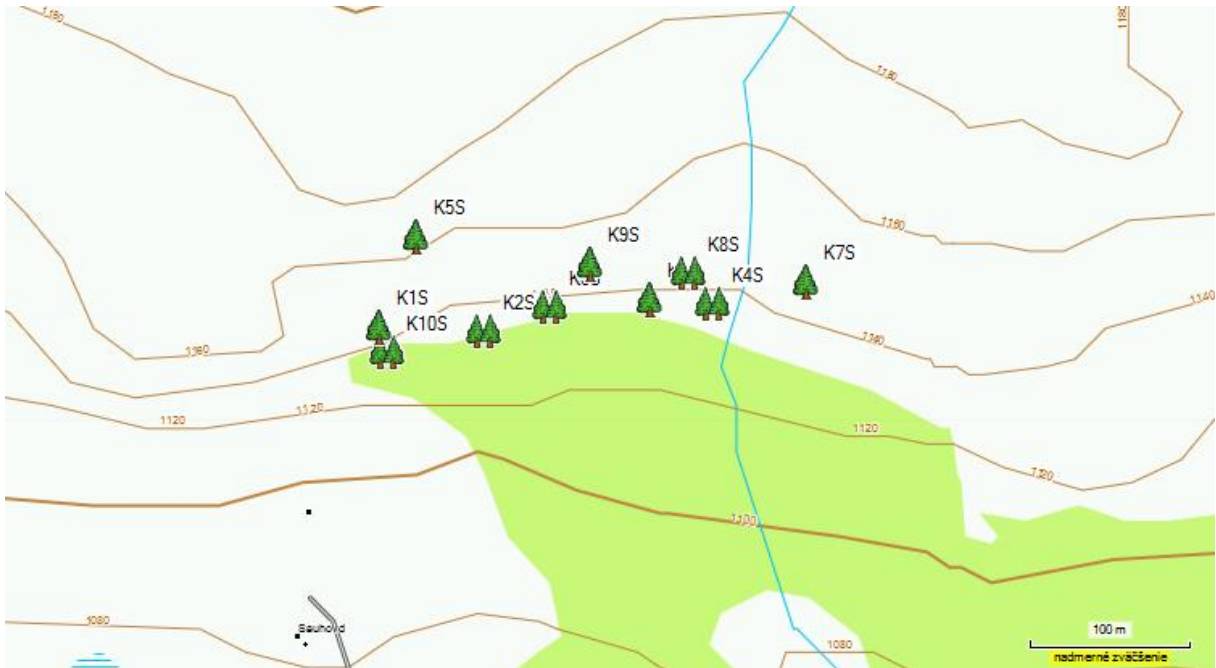


### Haugastøl nord

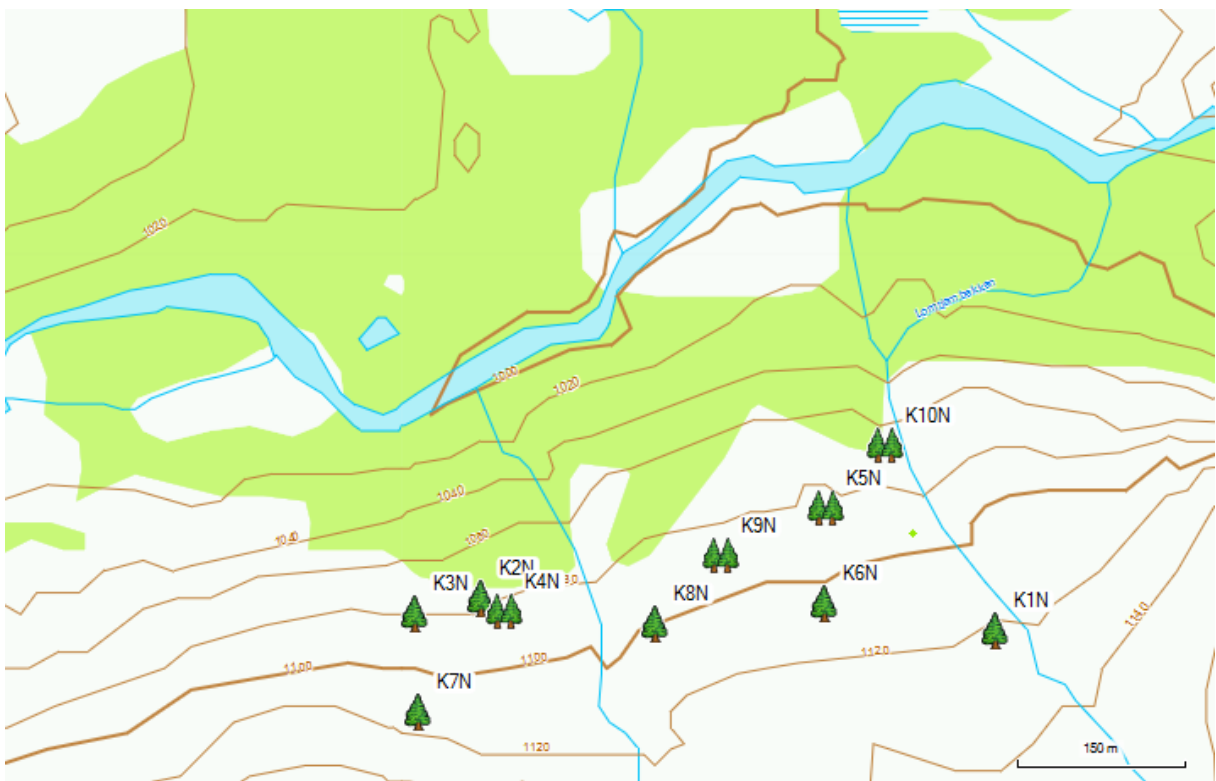


### Vedlegg 3: Kart over Kalhovd området.

#### Kalhovd sør

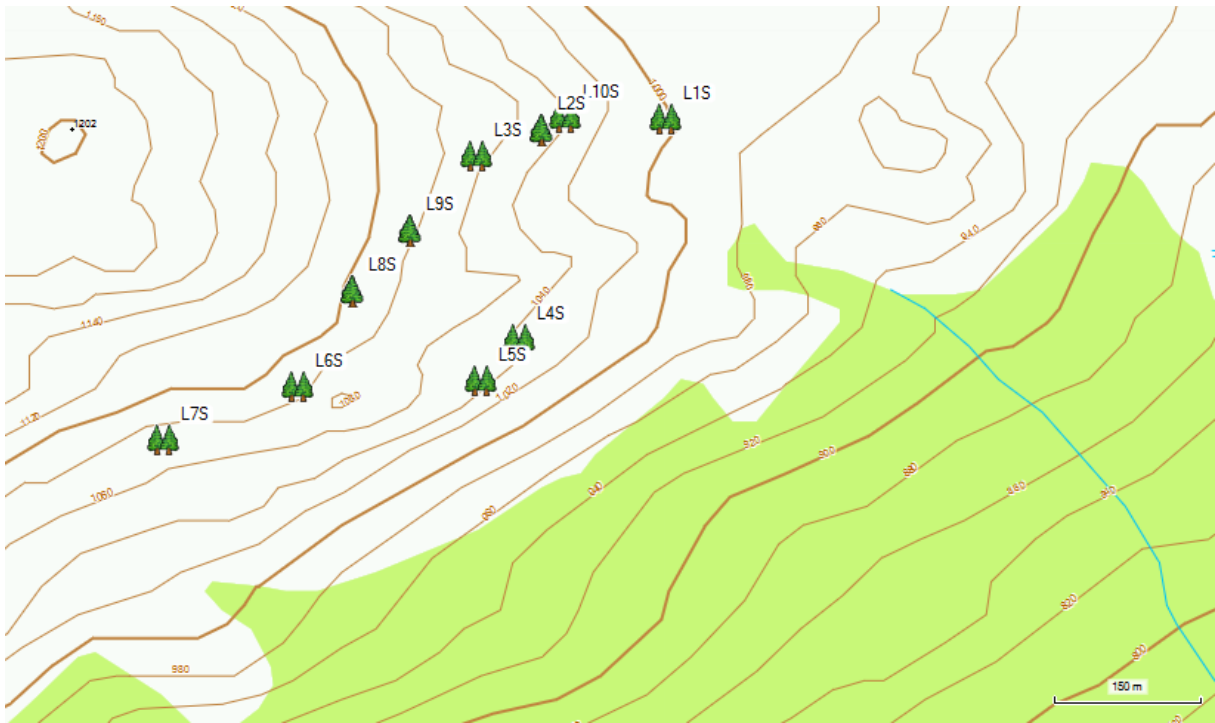


#### Kalhovd nord

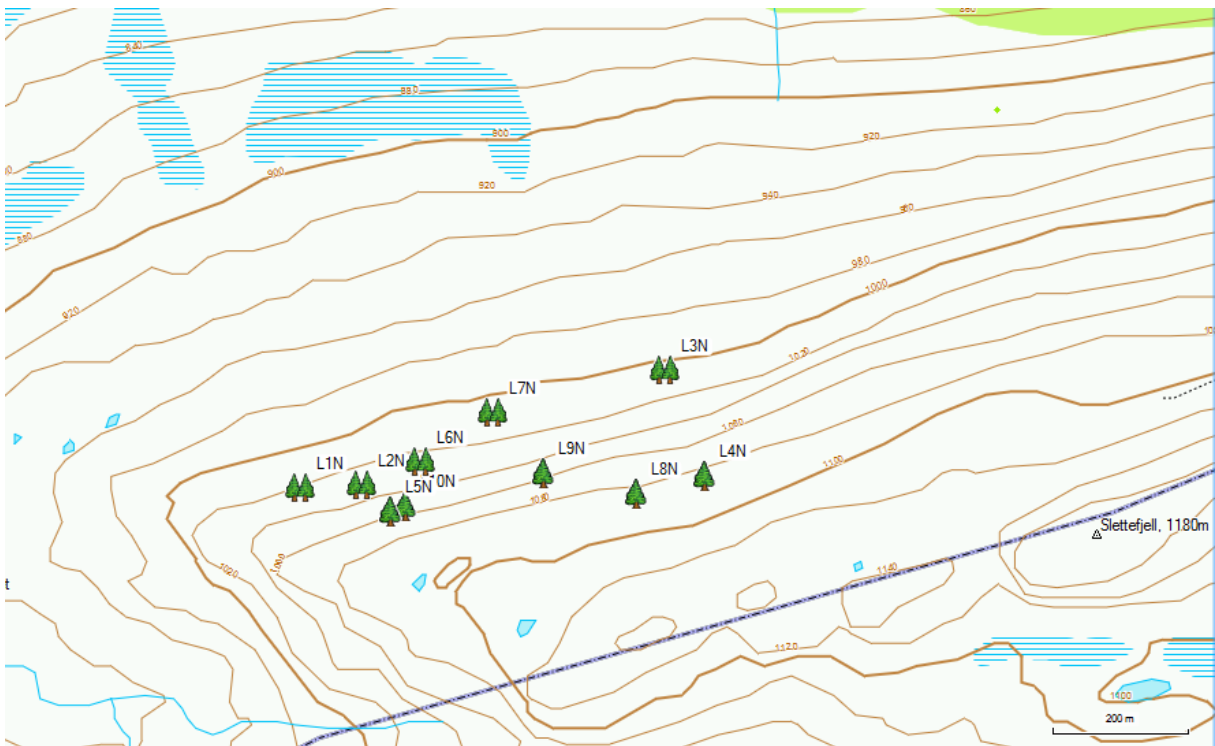


## Vedlegg 4: Kart over Lifjell området.

### Lifjell sør

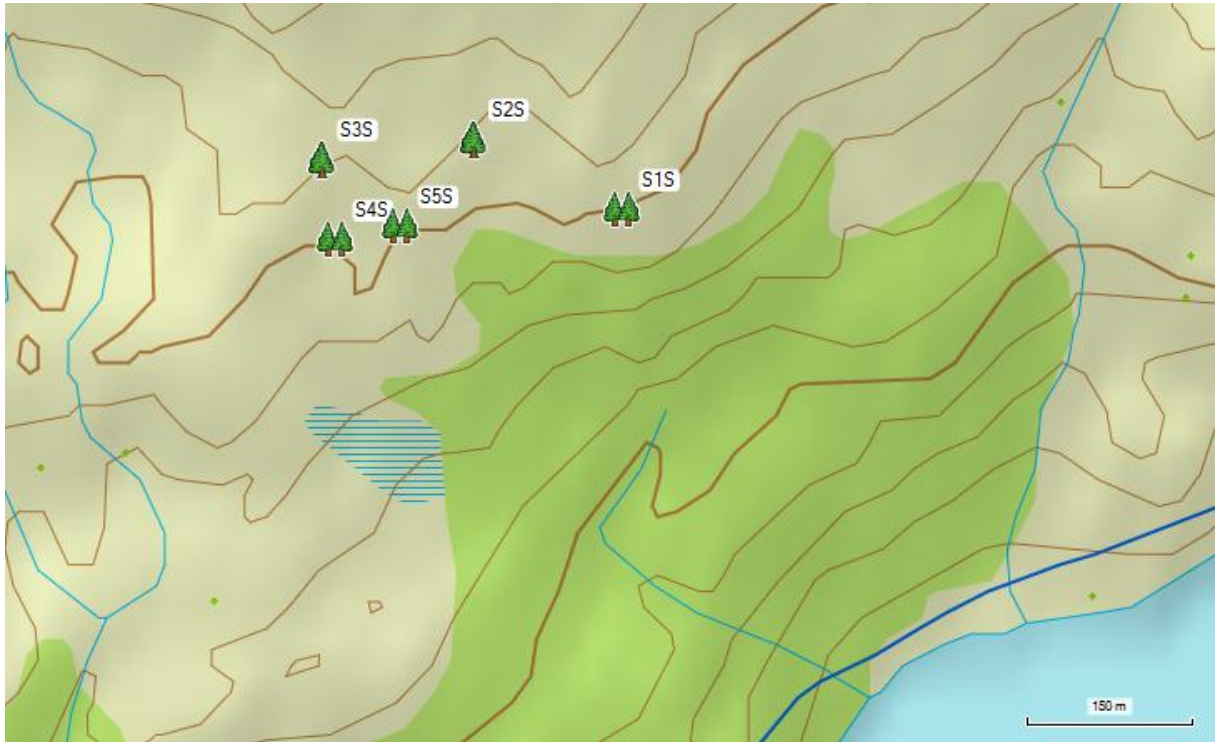


### Lifjell nord

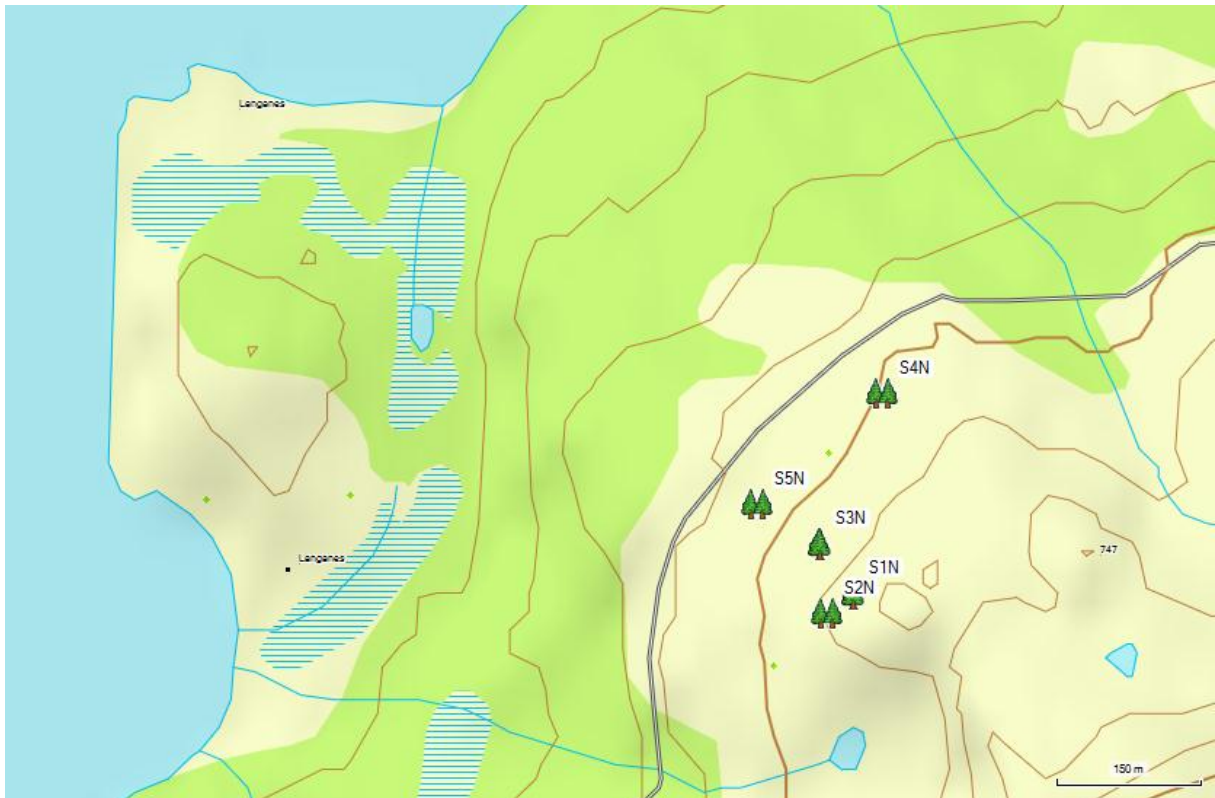


## Vedlegg 5: Kart over Sandsa området.

### Sandsa sør

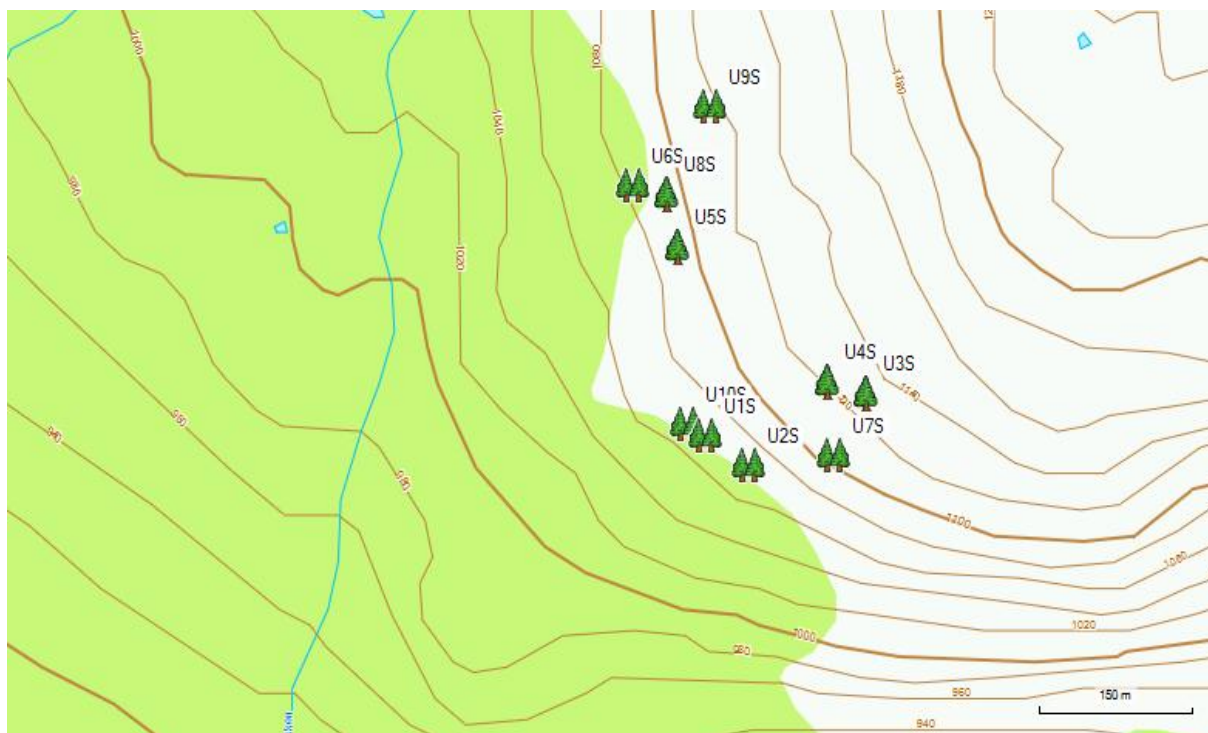


### Sandsa nord

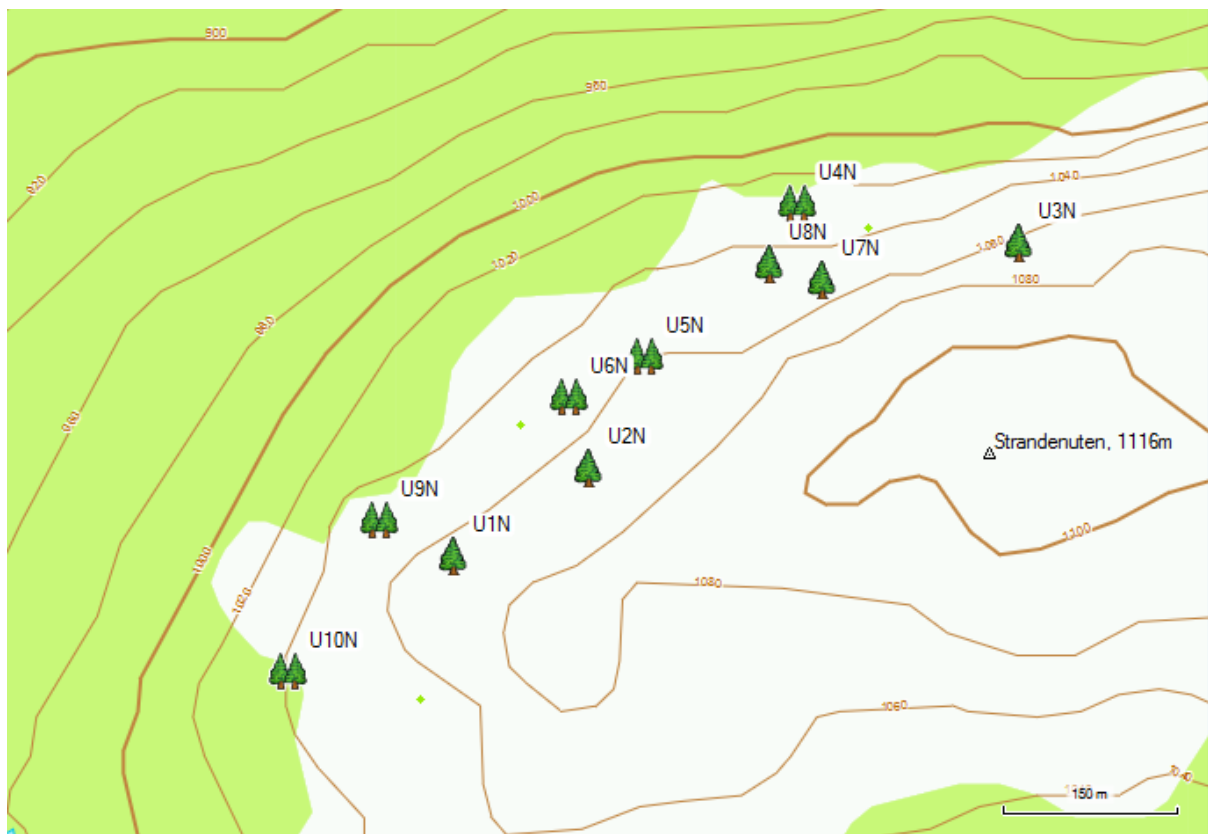


## Vedlegg 6: Kart over Urdenosi området.

### Urdenosi sør

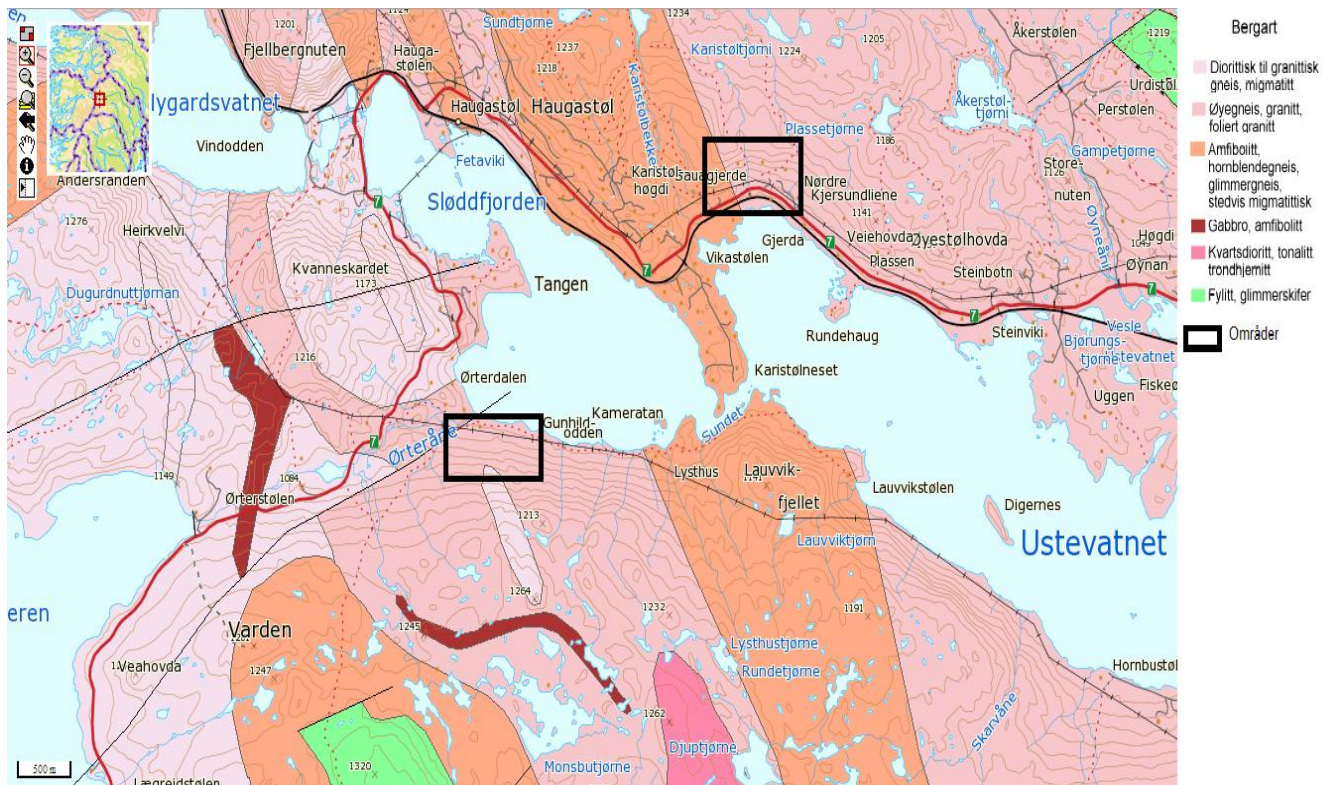


### Urdenosi nord

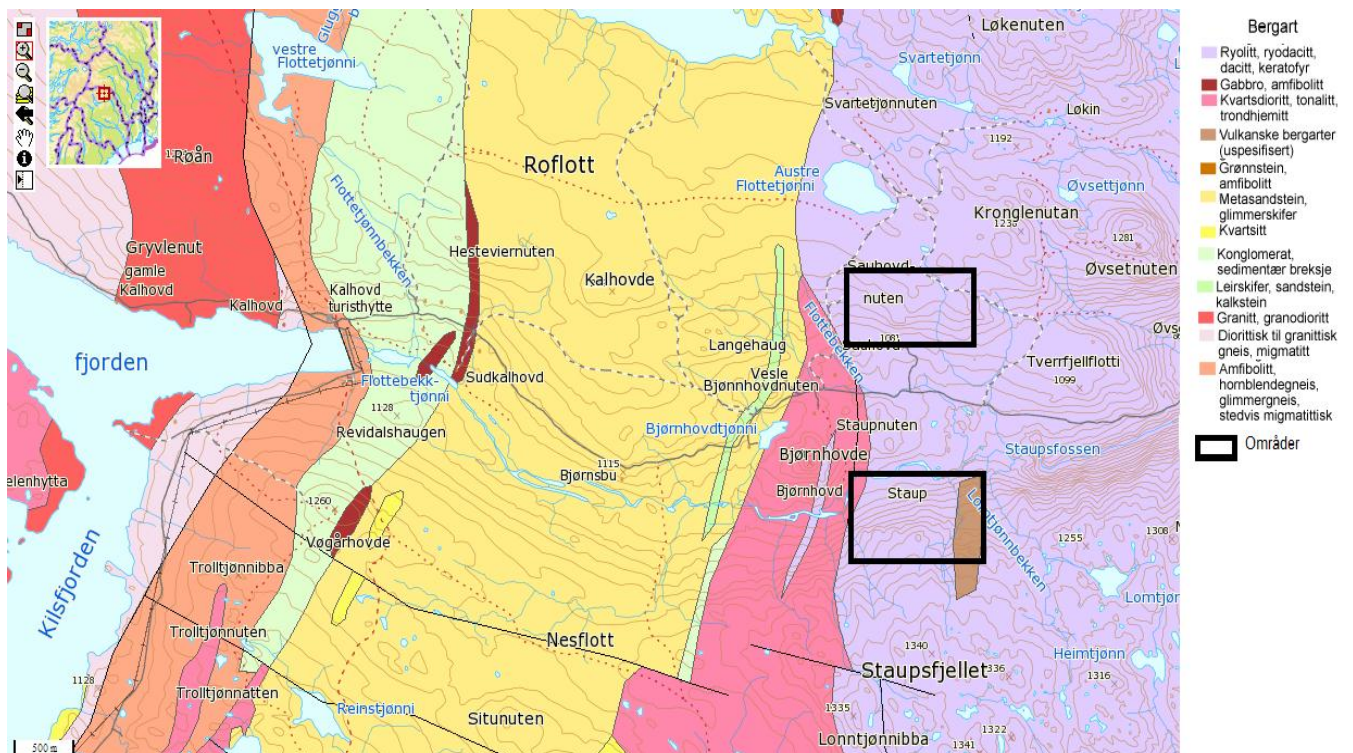


## Vedlegg 7: Geologiske forhold i de undersøkte områdene.

### Haugastøl

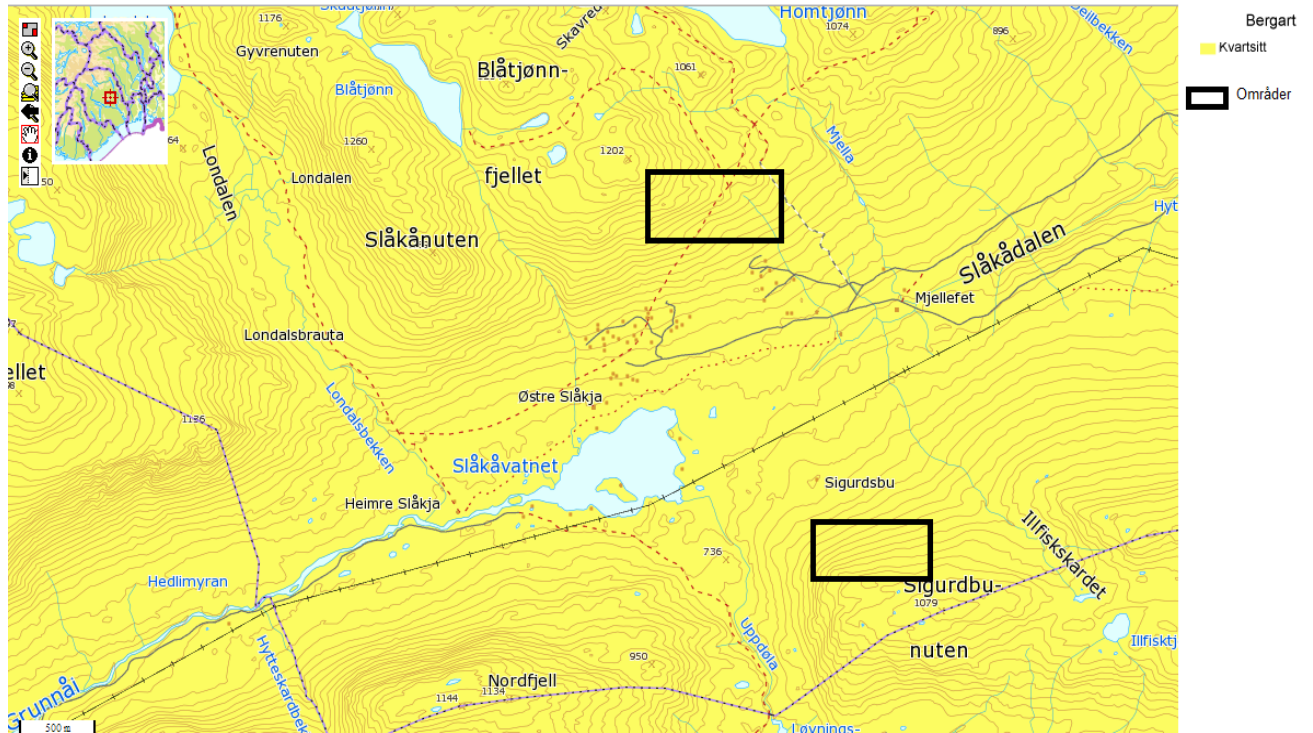


### Kalhovd

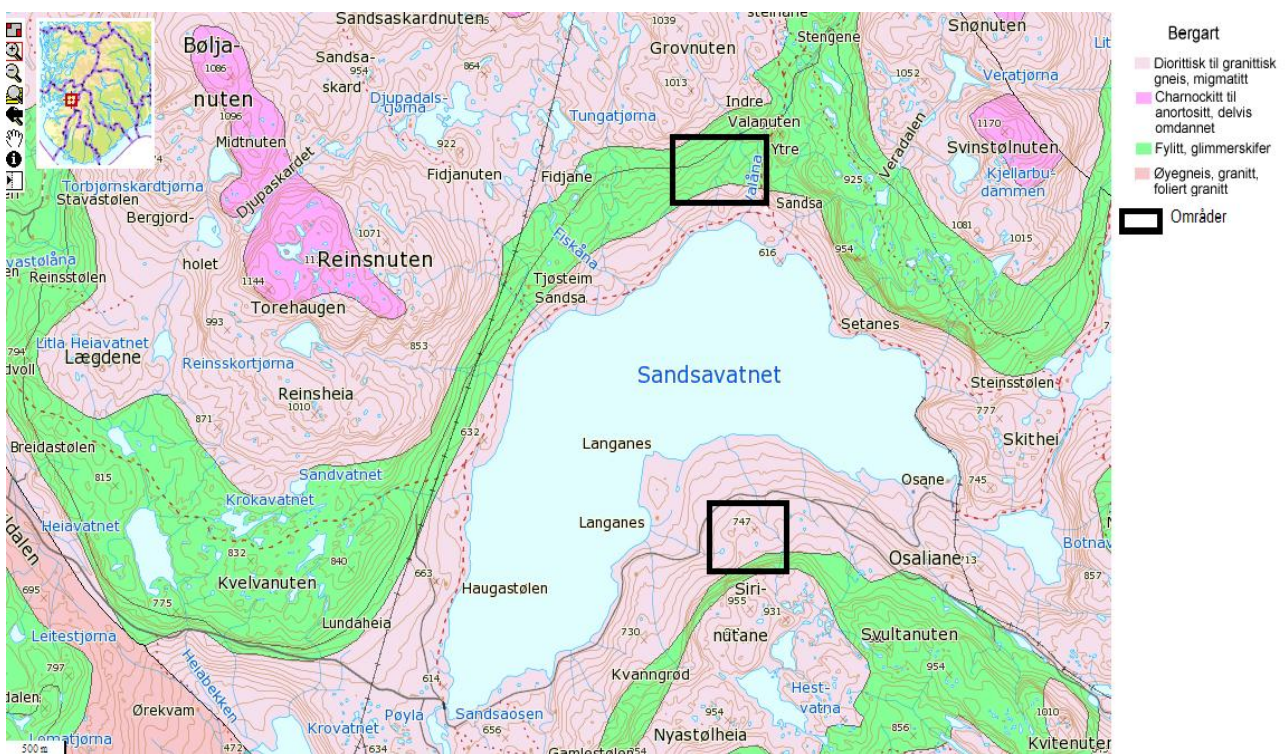




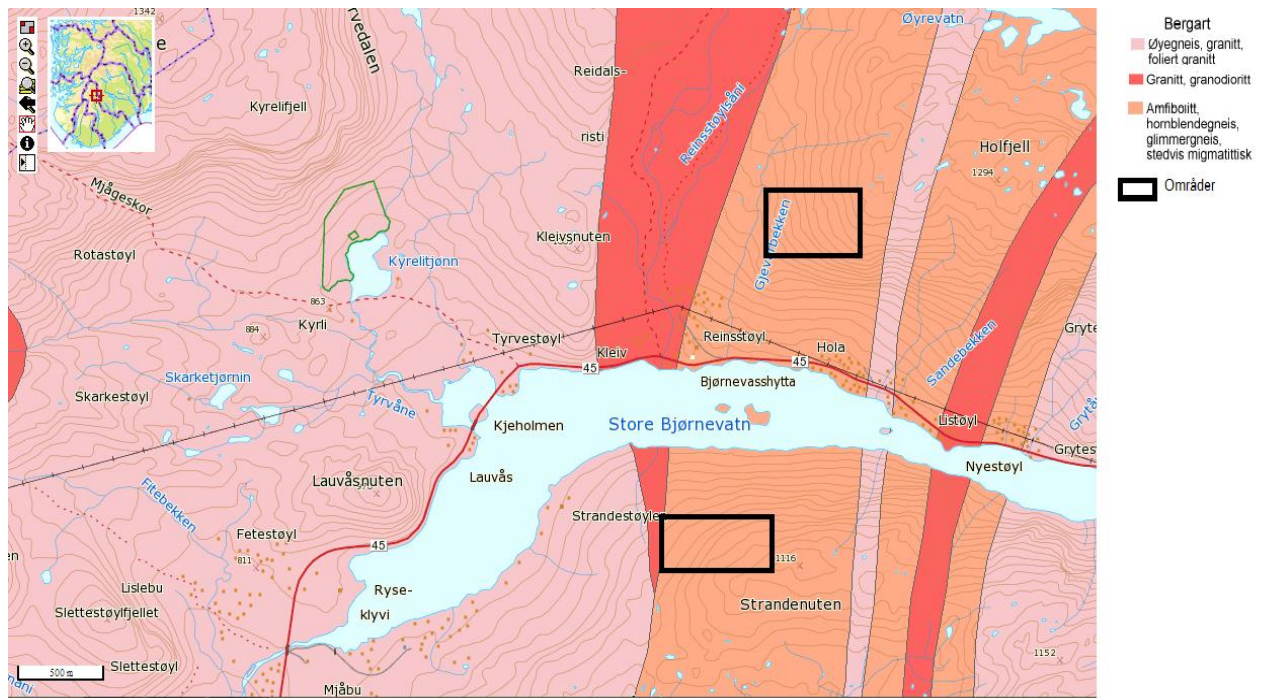
# Lifjell



# Sandsa



# Urdenosi

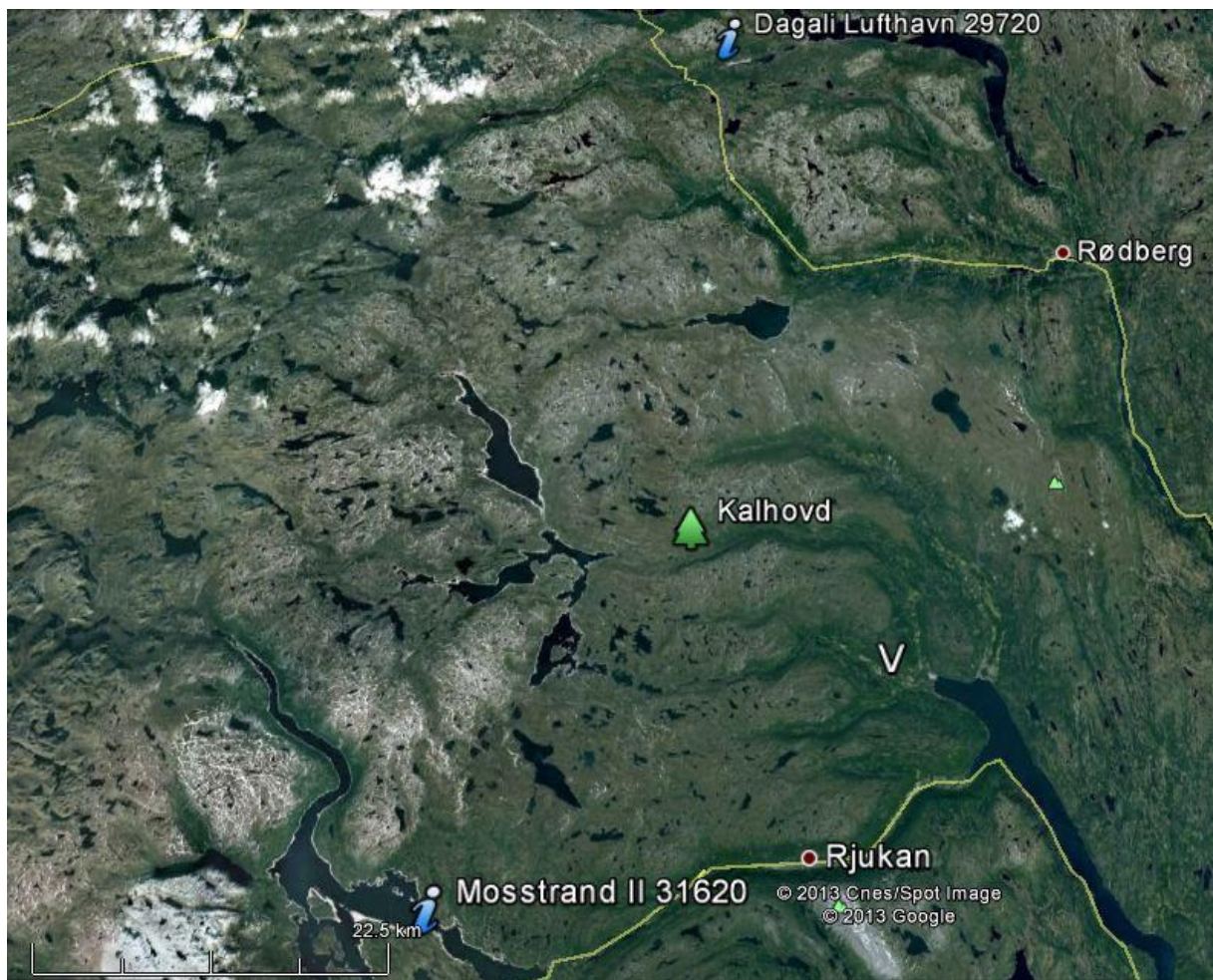


## Vedlegg 8: Beliggenhet av meteorologiske stasjoner for de undersøkte områdene.

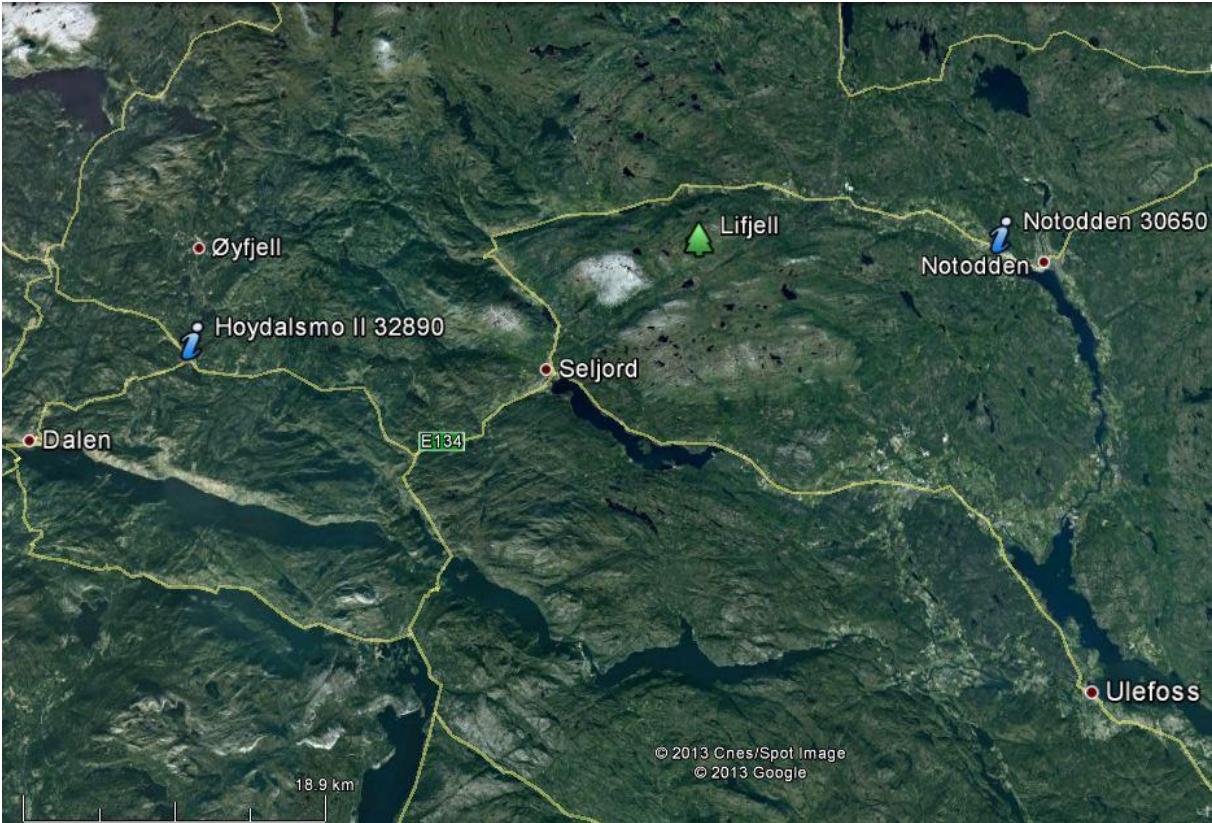
### Haugastøl



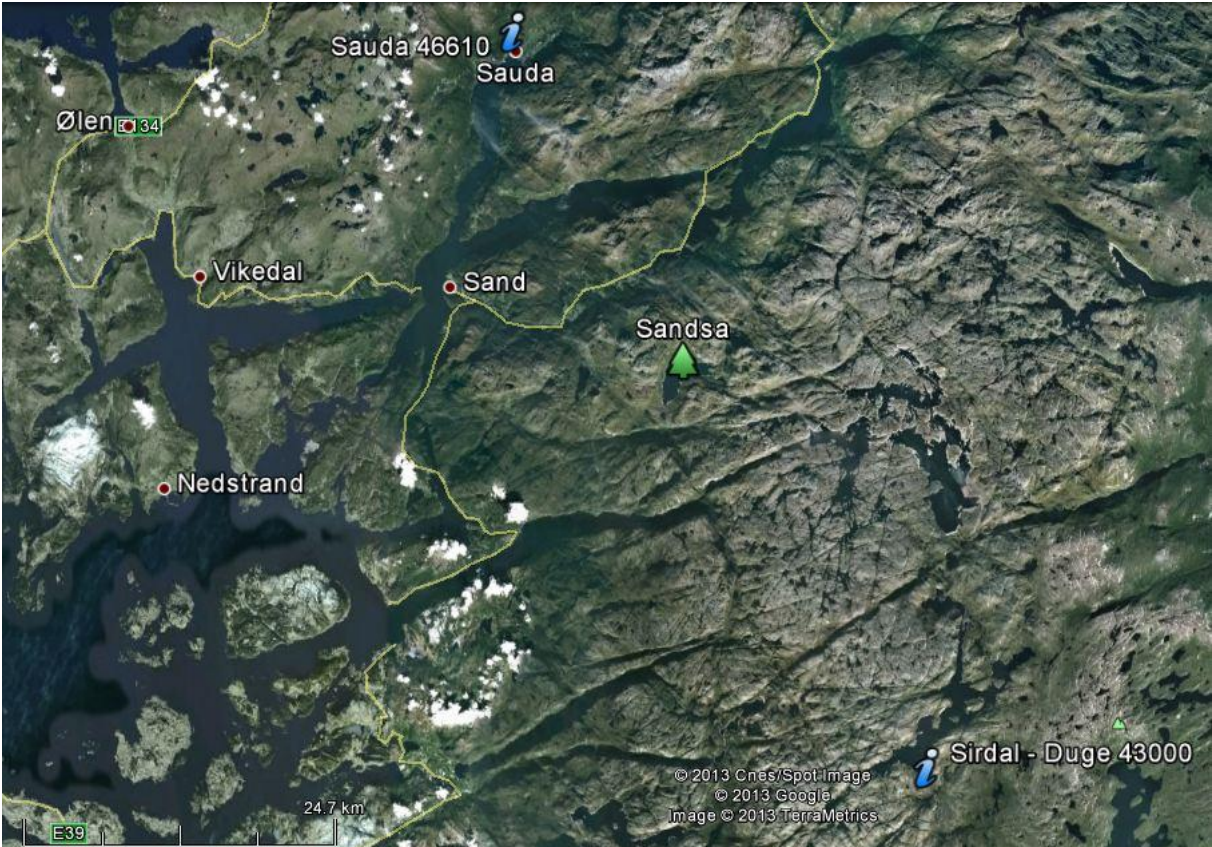
### Kalhovd



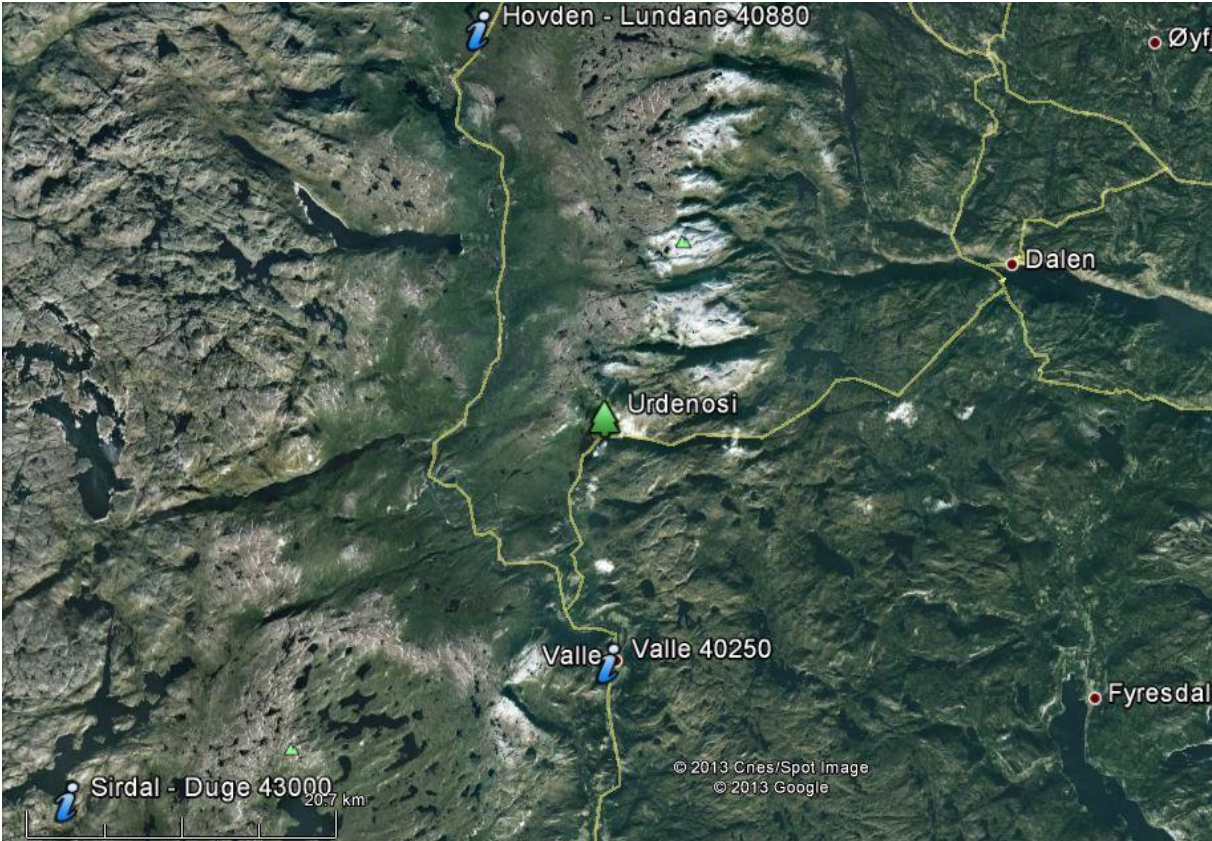
Lifjell



Sandsa



Urdenosi



**Vedlegg 9: Forkortelser av fulle latinske navn.**

<b>Forkortelse</b>	<b>Fullt latinsk navn</b>
AcoSept	Aconitum septentrionale
AgroMert	Agrostis mertensii
AjugPyra	Ajuga pyramidalis
AlchAlpi	Alchemilla alpina
AlchGlom	Alchemilla glomerulans
AlchVulg	Alchemilla vulgaris ag.
AndrPoli	Andromedia polifolia
AnthOdor	Anthoxanthum odoratum
ArabAlpi	Arabis alpina
ArctAlpi	Arctostaphylos alpina
ArctUv-u	Arctostaphylos uva-ursi
AthyDist	Athyrium distentifolium
AvenFlex	Avenella flexuosa
BartAlpi	Bartsia alpina
BetuNana	Betula nana
BetuPube	Betula pubescens ssp tortuosa
BistVivi	Bistorta vivipara
CalaPur	calamagrostis purpurea
CallVulg	Calluna vulgaris
CampRotu	Campanula rotundifolia
CxAtra	Carex atrata
CxAdel	Carex adelostema
CxBige	Carex bigelowii
CxBrun	Carex brunnescens
CxLach	Carex lachenalii
CxPani	Carex panicea
CxPilu	Carex pilulifera
CxRuf	Carex rufina
CxSaxa	Carex saxatilis
CxVagi	Carex vaginata
CeraCera	Cerastium cerastoides
CiceAlp	Cicerbita alpina
CirsHet	Cirsium heterophyllum
CornSuec	Cornus suecica
EpilAngu	Epilobium angustifolium
CrypCri	Cryptogramma crispa
DescAlpi	Deschampsia alpina
DiphAlp	Diphasiastrum alpinum
DryoExpa	Dryopteris expansa
EmpeNigr	Empetrum nigrum
EpilAnag	Epilobium anagallidiflorum
EquiArve	Equisetum arvense
ErioAngu	Eriophorum angustiflorum
ErioSche	Eriophorum scheuchzeri

EuphWett	<i>Euphrasia wettsteinii</i>
FestOvin	<i>Festuca ovina</i>
FestVivi	<i>Festuca vivipara</i>
GentPurp	<i>Gentiana purpurea</i>
GeraSylv	<i>Geranium sylvaticum</i>
GymnDryo	<i>Gymnocarpium dryopteris</i>
HarrHypn	<i>Harrimanella hypnoides</i>
HierAlpi	<i>Hieracium alpina</i>
HierSpp	<i>Hieracium species</i>
HupeSela	<i>Huperzia selago</i>
ImpaNoli	<i>Impatiens noli-tangere</i>
JuncFili	<i>Juncus filiformis</i>
JuncTrif	<i>Juncus trifidus</i>
JuniComu	<i>Juniperus communis ssp alpina</i>
LeonAutu	<i>Leontodon autumnalis</i>
LoisProc	<i>Loiseleuria procumbens</i>
LuzuConf	<i>Luzula arcuata ssp confusa</i>
LuzuMult	<i>Luzula multiflora</i>
LuzuPilo	<i>Luzula pilosa</i>
LuzuSpic	<i>Luzula spicata</i>
LuzuSude	<i>Luzula sudetica</i>
LycoAnno	<i>Lycopodium annotinum</i>
MaiaBifo	<i>Maianthemum bifolium</i>
MealPra	<i>Melampyrum pratense</i>
MelaSylv	<i>Melampyrum sylvaticum</i>
MoliCaer	<i>Molinia caerulea</i>
NardStri	<i>Nardus stricta</i>
OmalNorw	<i>Omalotheca norvegica</i>
OmalSupi	<i>Omalotheca supina</i>
OreoLimb	<i>Oreopteris limbosperma</i>
OxynDygi	<i>Oxyria digyna</i>
PediLapp	<i>Pedicularis lapponica</i>
PiceAbi	<i>Picea abies</i>
PinMon	<i>Pinus montana</i>
PhegConn	<i>Phegopteris connectilis</i>
PhleAlpi	<i>Phleum alpinum</i>
PhylCae	<i>Phyllodoce caerulea</i>
PoaAlpi	<i>Poa alpina</i>
PoteErec	<i>Potentilla erecta</i>
PoteCran	<i>Potentilla crantzii</i>
PyroMino	<i>Pyrola norvegica</i>
RanuAcri	<i>Ranunculus acris ssp pumilus</i>
RanuPlati	<i>Ranunculus platanifolius</i>
RhodRose	<i>Rhodolia rosea</i>
RubuCha	<i>Rubus chamaemorus</i>
RubuSaxa	<i>Rubus saxatilis</i>
RumeAcet	<i>Rumex acetosa</i>

SaliGlau	<i>Salix glauca</i>
SaliHerb	<i>Salix herbacea</i>
SaliLana	<i>Salix lanata</i>
SaliLapp	<i>Salix lapponum</i>
SausAlpi	<i>Saussurea alpina</i>
SaxiStel	<i>Saxifraga stellaris</i>
SibaProc	<i>Sibbaldia procumbens</i>
SoliVirg	<i>Solidago virgaurea</i>
SorbAucu	<i>Sorbus aucuparia</i>
TaraxaSp	<i>Taraxacum species</i>
ThalAlp	<i>Thalictrum alpinum</i>
TriSpic	<i>Trisetum spicatum</i>
TrieEuro	<i>Trientalis europaea</i>
VaccMyrt	<i>Vaccinium myrtillus</i>
VaccUlig	<i>Vaccinium uliginosum</i>
VaccViti	<i>Vaccinium vitis-idaea</i>
VahlAtr	<i>Vahlodea atropurpurea</i>
VeroAlpi	<i>Veronica alpina</i>
ViolPalu	<i>Viola palustris</i>
ViscAlpi	<i>Viscaria alpina</i>
BarbFloe	<i>Barbilophozia floerkii</i>
BarbLyco	<i>Barbilophozia lycopodioides</i>
BracSale	<i>Brachythecium salebrosum</i>
BracStar	<i>Brachythecium reflexum</i>
DicrScop	<i>Dicranum scoparium</i>
HyloPyre	<i>Hylocomium pyrenaicum</i>
HylSple	<i>Hylocomium splendens</i>
PleuSchr	<i>Pleurozium schreberi</i>
PolyCom	<i>Polytrichum commune</i>
RacLanu	<i>Racomitrium lanuginosum</i>
SphComp	<i>Sphagnum compactum</i>
CetrEric	<i>Cetraria ericetorum</i>
CetrIsla	<i>Cetraria islandica</i>
CetrNiva	<i>Flavocetraria nivalis</i>
Cla alp	<i>Cladonia alpestris</i>
CladArbu	<i>Cladonia arbuscula</i>
CladDigi	<i>Cladonia digitata</i>
CladEcmyo	<i>Cladonia ecmocyna</i>
CladRang	<i>Cladonia rangiferina</i>
CladStell	<i>Cladonia stellaris</i>
CladUnci	<i>Cladonia uncialis</i>
Ste spp	<i>Stereocaulon spp</i>