

TREGRENSEDYNAMIKK PÅ TO LOKALITETER I SOGN OF FJORDANE, NORGE.

TREE LINE DYNAMICS AT TWO LOCATIONS IN SOGN AND FJORDANE, NORWAY

SIGURD HOEL

UNIVERSITETET FOR MILJØ- OG BIOVITENSKAP
INSTITUTT FOR
MASTEROPPGAVE 30/60 STP. 2009



Forord

Jeg ønsket å arbeide med en hovedoppgave rettet mot problematikken global oppvarming og dennes virkninger på biologisk mangfold. Etter en konsultasjon hos professor Mikael Ohlson ved institutt for naturforvaltning fikk jeg anledning til å arbeide med en oppgave knyttet til tregrensedynamikk.

Feltarbeidet som er utført som grunnlag for denne hovedoppgaven er utført i Sogn og Fjordane på vestlandet i Norge på, og er samtidig en del av et større prosjekt som omhandler forskyvninger i tregrensn og karbondynamikk, og som er ledet av Professor Erik Næsset ved Universitetet for miljø- og biovitenskap i Ås.

Dette prosjektet er finansiert av NFR. Jeg vil vill takke for finansielle støtte fra dette prosjektet, som muliggjorde at feltarbeidet kunne utføres på en fullgod måte.

Jeg vil takke min veileder professor Mikael Ohlson for hjelp og støtte gjennom hele arbeidet med oppgaven. Jeg vil takke Honorata Gadia for stor hjelp med feltarbeid. Jeg vil også takke Barbro Dahlberg for hennes rådgivning knyttet til undersøkelse av det innsamlede materialet.

ÅS, 13. mai 2009

Sigurd Hoel

Sammendrag

Denne oppgaven er en del av et prosjekt ledet av Professor Erik Næsset ved Universitetet for miljø- og biovitenskap i Ås. Prosjektet er finansiert av NFR. Dette posjektet omhandler forskyvninger av tregrensen og karbondynamik.

Feltundersøkelsene er utført på i Norge på vestlandet. Linje 1 ligger i Flom i Aurland og linje 2 ligger i Vik i Sogn. Metodikken benyttet under innsamlingen av treprøver er basert på en metode utviklet av Annika Hofgaard.

Vestlandet har hatt en temperaturøkning på sirka 2 °C siden 1970. Undersøkelsene som er utført, viser at den øvre grensen for fjellbjørk og furu helt klart beveger seg oppover. Mitt estimat på grunnlag av mine undersøkelser viser at den øvre utbredelsen hos trærne har flyttet seg opp mot 150 høydemeter de siste 40 årene. Det er også tegn som tyder på en fortettnng av allerede eksisterende skog.

Det det kan virke som om sammensetningen av artene i skogbeltet rundt tregrensa er i forandring. Det ser ut til at gran beveger seg forbi det eksisterende bjørkebeltet og at dette treslaget er i ferd med å etablere seg over den nåværende tregrensa.

Det er også tydelig at landskapets utforming har mye å si for trærnes bevegelser oppover fjellsidene. Bratt og kupert terreng med konkav struktur ser ut til å være en positiv faktor for at trærne skal overleve i det harde klimaet over tregrensa.

Et viktig forhold som ikke må glemmes i vurdering av tregrensas bevegelser er den menneskelige bruk av landskapet. I Norge er denne bruken mest i form av beite.

Utviklingen med økende temperatur og endring av øvre grense for vekst av trær er en trend man finner igjen flere steder i Norden. Det synes således som en riktig slutning at det er en klar sammenheng mellom disse to faktorene.

Abstract

This master thesis is part of a project headed by Professor Erik Næsset, Norwegian University of Life Sciences, Ås. The project is financed by NRF. This project is studying the movement of the tree line and carbon dynamics.

Field survey is carried out Sogn and Fjordane in the western part of Norway. Line 1 is in Flom, Aurland and line 2 is in Vik, Sogn. The methodology used collecting samples is based on the method developed by Annika Hofgaard.

The western part of Norway has had a temperature increase of approximately 2 °C since 1970. The survey carried out shows that the upper limit of trees clearly is moving upwards. My estimate is that the altitude of the maximum upper limit for trees has increased with 150 meters the last 40 years. There are also signs that indicate increased density of the existing forest.

It seems like the composition of species in the forest belt at the tree limit is changing. It seems like spurs is establishing in the present tree limit without presence in the existing birch belt.

It is also clear that the landscape is influencing the movement of the trees upward the mountain side. Steep and undulating terrains with concave structure, seem to be positive for the survival of the trees in the harsh climate above the tree limit.

An important factor that must be considered is the human use of the landscape. In Norway this is mostly for grassing of livestock.

This development with increasing temperature and increasing upper limit for growth of trees is a trend that is found in several areas in the Nordic countries. The most likely conclusion is that there is a correlation between these two factors.

Innhold

Sammendrag .	2
Abstract	3
1.0 Introduksjon	5
2.0 Metode	8
2.1 Referanselinje	8
2.2 Registrering	9
2.3 Nødvendig utstyr	11
2.4 Undersøkelser i laboratoriet	12
2.5 Linje 1	13
2.6 Linje 2	13
2.7 Temperatur	16
3.0 Resultat	17
3.1 Alder relatert til avsnitt linje1	17
3.2 Gjennomsnittlig alder relatert til flater linje1	19
3.3 Alder relatert til flate for størrelsesklasse 2 og 3 linje 1	19
3.4 Gjennomsnittlig alder relatert til flate for størrelsesklasse 2 og 3 linje 1	21
3.5 Andel skog relatert til flate for størrelsesklasse 2 og 3 linje 1	21
3.6 Alder relatert til avsnitt linje 2	22
3.7 Gjennomsnittlig alder relatert til flater linje2	24
3.8 Alder relatert til flate for størrelsesklasse 2 og 3 linje 2	24
3.9 Gjennomsnittlig alder relatert til flate for størrelsesklasse 2 og 3 linje 2	26
3.10 Andel skog relatert til flate for størrelsesklasse 2 og 3 linje2	26
3.11 Trærnes forflytning oppover langs linje1 og linje 2	27
4.0 Diskusjon	29
5.0 Litteratur	33

1 Introduksjon

I århundrer har høyden til trelinjer og deres dynamikk fasinert og forundret naturalister og forskere innen de vide fagfeltene planteøkologi, fysisk geografi, økofysiologi og kvartærbiologi (Kullman & Öberg 2009).

Dette skyldes at tregrensas posisjon er en nøkkelfaktor i landskapets økologi. Trærnes tilstedeværelse påvirker vindmønstre, fordeling og varighet av snødekke, frost i gunnen, skyggeforhold, avfallsopphopning, sirkulasjon av næringsstoffer, biodiversitet, karbonsirkulasjon og en rekke andre faktorer som påvirker økosystemet (Kullman & Öberg 2009).

Siden det 19 århundre har det vært observert en utvidelse av den nordlige og høyderelaterte grensen for utbredelsen av den boreale skogen (Vittoz et al. 2008). Denne utvidelsen er forklart med økende temperatur i tiden etter den lille istiden. Denne effekten ser man derimot ikke alle steder. Her kommer den økte rekrutteringen til uttrykk ved en fortetning av den allerede eksisterende skogvegetasjonen (Vittoz et al. 2008).

Interessen for trelinjeøkologi har i de siste tiårene økt kraftig på bakgrunn av bekymringer om landskaps og biodiversitetsforandringer i et høydeperspektiv som konsekvens av mulige fremtidige klimaforandringer (Kullman & Öberg 2009). Det er en klar sammenheng mellom klimaparametere og tregrensenes posisjon (Dalen & Hofgaard 2005). Trelinjenes posisjon er sensitive til temperaturendringene, og endringer i trelinjenes posisjon vill således være en indikator på klimatiske forandringer (Dalen & Hofgaard 2005).

Resultater av feltundersøkelser som har blitt sammenlignet med historisk data viser for noen områder i Sverige at tregrensen i perioden fra 1915 til 2007, har hatt en vertikal bevegelse på inntil 220 m. I andre områder har den hatt moderat til ingen økning.

Registrering av temperaturendringer i det samme tidsrommet viser en gjennomsnittlig temperaturøkning på 1,4 °C. Videre vurderinger i denne undersøkelsen konkluderer med at det i enkelte områder er en nesten direkte sammenheng mellom variasjon i middeltemperatur og endringer av tregrensen (Kullman & Öberg 2009).

Andre studier viser også at responsen med hensyn på endringer i tregrensen som funksjon av klimaoppvarming varierer. Faktorer som fysiske effekter av vind og snø, fysiologiske effekter som karbonmangel og næringsstoffmangel, videre aspekter som hellning,

mikrotopografi, mektighet av snødekke, fuktighet, jordkvalitet, konkurranse og menneskenes bruk av området må medregnes når klimaendringenes effekt på tregrensen skal vurderes (Dalen & Hofgaard 2005).

For vertikal bevegelse av tregrensen trengs frøetablering, god frøspredning, og forhold som gir mulighet for at trevegetasjonen kan etablere seg og tre overlevelse i flere tiår over den etablerte tregrensen. Disse faktorene er muligens forbundet med vanntigljengelighet, stabilt snødekke og få forstyrrelser (Vittoz et al. 2008).

Ser man på vegetasjonsforhold i de europeiske Alpene, finner man at menneskelig aktivitet som kontrollert brenning, skogbruk, og utnyttelse av arealene til beite for storfe har innvirkning på endringer av tregrensen som følge av klimatiske forandringer. (Vittoz et al. 2008). Disse forholdene må det tas hensyn til når forventet endring av tregrensen som følge av klimatiske endringer skal vurderes.

En lignende effekt vil vi også se i Norge hvor arealene nyttes til beite..

Det er så langt ikke utviklet tilfredsstillende modeller som ut fra gitte forutsetninger kan nyttes til å beregne framtidig høyde og struktur for tregrensen. Som en rekke undersøkelser har vist, gir ikke de forskjellige mekanismene som påvirker endringer i tregrensen samme effekt fra område til område. En global "tregrenseteori" er kanskje ikke mulig å utvikle (Kullman & Öberg 2009).

Fra en praktisk og realistisk synsvinkel kan det være mer tjenlig å sette fokus på lokale og regionale utviklingstrekk. Flere studier viser at vekst og overlevelse av trær i tregrenseområder ikke utelukkende er påvirket av sommertemperatur, men at vintertemperaturen også har betydning. Dette forholdet er spesielt relevant, da forventet oppvarming i tiårene framover i hovedsak vil påvirke vintertemperaturen (Kullman & Öberg 2009). Det synes behov for at det gjennomføres mer omfattende undersøkelser av forutsetninger for og konsekvenser av ulik utvikling av sommer og vintertemperatur. Den herværende studien undersøker fjellskogens faktiske vertikale forflytning i den senere tid i to konkrete områder i Sogn og Fjordane på Vestlandet. Grunnlaget for vurderingene er en registrering av skogens alderssammensetning som gir grunnlag for å estimere skogens forflytning over tid.

Feltundersøkelsene og laboratoriearbeidet som er utført i studien er også en del av et større prosjekt som ledes av Professor Erik Næsset ved Universitetet for miljø- og biovitenskap i

Ås. Prosjekter er finansiert av NFR og det omhandler forskyvninger i tregrensen og karbondynamikk.

Det gjennomføres på samme tid et prosjekt som omhandler fjellplanters forhold til klimaendringer. Dette siste prosjektet utføres ved Universitetet i Bergen. Studieområdene som jeg benyttet er de samme for disse to prosjektene.

2. Metode

2.1 Referanselinje.

Som geografisk referanselinje for en lokal undersøkelse fastla jeg en linje i terrenget.

Linjen løper fra et punkt to hundre meter nede i skogen, passerer tregrensen og stoppes så høyt over havet at det ikke lenger forefinnes trær i noen form.

Linjen deles inn i tre avsnitt fra laveste til høyeste punkt i terrenget: Skogdelen, mellomskogdelen og fjelldelen. Skogdelen slutter når jeg befinner meg så høyt at det ikke lenger kan sies å være sammenhengende skogvegetasjon. Herfra starter mellomskogdelen. Denne fortsetter opp til det punkt hvor det ikke lenger finnes trær med høyde over 2 meter. Herfra starter fjelldelen videre oppover.

For å avgjøre linjens posisjon valgte jeg å bevege meg til et høyt punkt med god oversikt over landskapet nedenfor. En er avhengig av å finne en lokalisering hvor det er tydelige skiller mellom skog, mellomskog og fjell. Disse skillene er enklest å se når man har godt utsyn over det nedenforliggende landskapet.

Når linjens ønskede lokalisering var avgjort, bestemte jeg linjens øverste punkt og markerte dette i terrenget. Punktets koordinater bestemmes ved hjelp av GPS. Deretter fastla jeg linjens kompasskurs nedover i terrenget. Denne kursen fulgte jeg så nedover fjellsiden. Linjens beliggenhet registreres etterhver med GPS. Spesielt markerte og registrerte jeg punktene hvor fjell går over i mellomskog, mellomskog går over i skog og startpunktet for linjen 200 meter ned i skogen. Ideelt sett skal hvert avsnitt (skog, mellomskog, fjell) være om lag 200 meter langt.

Innenfor hvert avsnitt skal det ideelt sett markeres 3 "flater" med avstand på 62,5 m fra senter til senter. Hver flate skal være 48x48 meter, og sentrum i den første flaten blir da liggende 37,5 meter fra startpunktet på linjen. Ideelt sett skal det således langs en slik linje være ni flater som skal undersøkes. Disse ni flatene fordeles med tre flater per avsnitt. Tre i skog, tre i mellomskog og tre i fjelldelen (Fig. 1).

Det var ikke plass til tre flater i hvert avsnitt i mine undersøkelser. Antall flater måtte da reduseres i de avsnittene hvor det ikke var tilstrekkelig plass til tre flater.

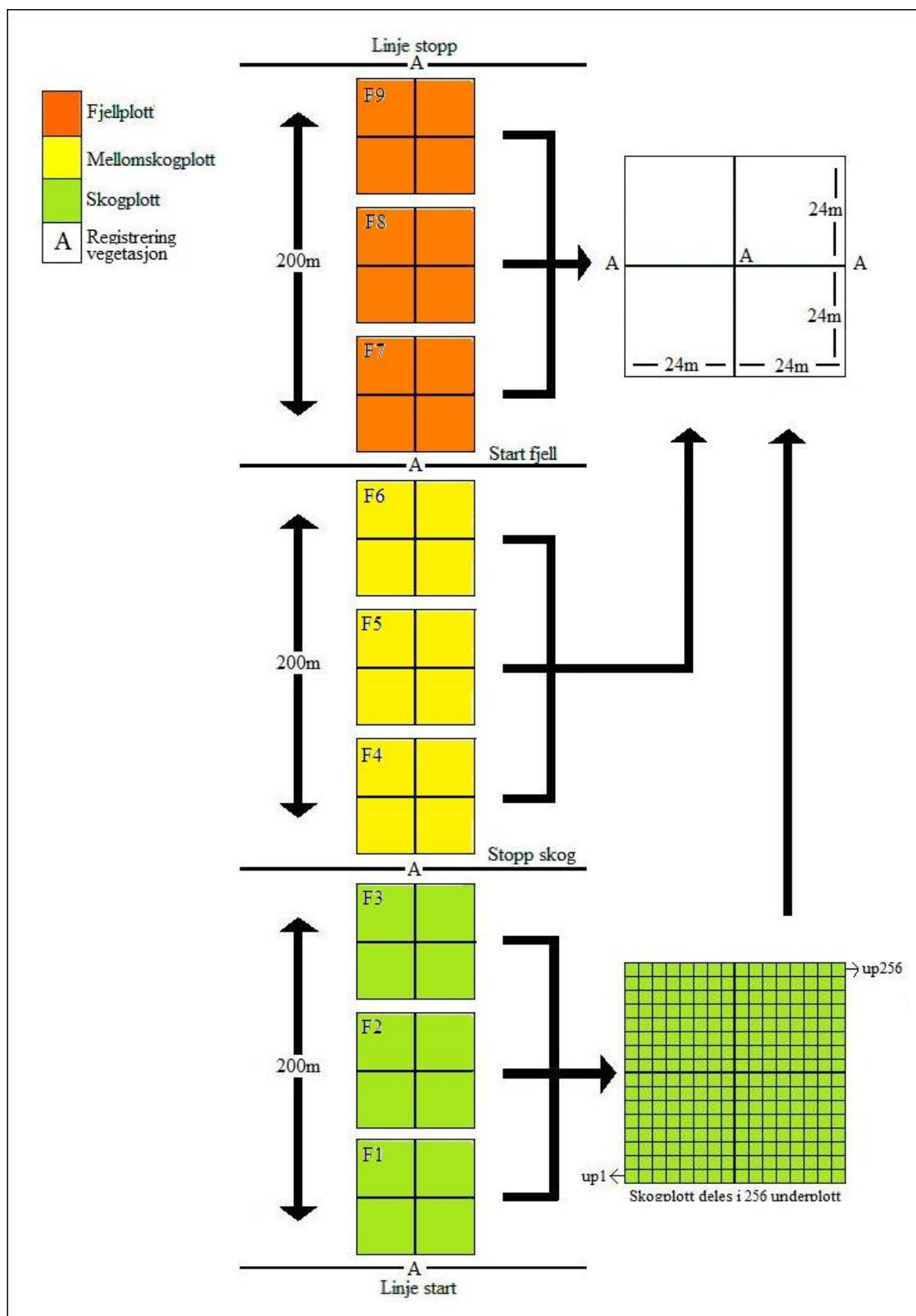
Hvis tettheten av trær innenfor en flate var uhåndterbart høy (Langs linje 1 var det sirka 3000 trær per flate), benyttet jeg mindre underflater. Disse underflatene spredte jeg tilfeldig utover flaten, og de skulle ha et antall trær og en størrelse som medførte registrering av om lag 200 trær per flate (Fig. 1).

Flatenes lokalisering langs linja registreres (GPS) og markeres i terrenget. Med dette hadde jeg bestemt referanselinjen og flatenes lokalisering i terrenget, og registreringene kunne ta til.

Denne metodikken er basert på en metode utviklet av Annika Hofgaard (Hofgaard & Rees 2008) og har blitt brukt ved flere internasjonale arbeider i Russland, Finland og Sverige. Det punktet hvor min metodikk fraviker fra (Hofgaard & Rees 2008) er ved at jeg ikke har utført registreringer av vegetasjonen i skogbunnen.

2.2 Registrering.

Registreringene startet jeg ved først å foreta vegetasjonsregistreringer i sentrum av hver flate, i høyre og venstre ytterkant av hver flate, i punktene hvor linjen starter, hvor vegetasjonen veksler langs linjen fra skog til mellomskog, fra mellomskog til fjell og der hvor linjen stopper (fig1). Deretter bevegde jeg meg i kompassretning nord, øst, vest og sør fra disse punktene i en lengde på inntil 30 meter, og registrerte avstanden til nærmeste tre, småtre og frøplante. Retning og avstand ble notert.



Figur 1. Skjematisk forklaring av linjeoppdelig, flatefordeling og fordeling av punkter for vegetasjonsregistreringer

Definisjonene av tre, småtre og frøplante er gitt ufra vekstens høyde, hvor størrelsesklasse 1, er tre som er høyere enn 2.0 m, størrelsesklasse 2 er småtre som har en høyde fra 0.15 – 2.0 m og størrelsesklasse 3 er frøplante som er lavere enn 0.15 m.

Deretter utførte jeg hovedmålingene. Innenfor hver flate skal det tas prøve av 50 trær og alle småtrær og frøplanter. Av praktiske grunner deles hver flate in i 4 underdeler.

For trærne gjorde jeg prøvetakingen ved hjelp av et tilvekstbor eller ved at jeg skar en skive av treet. Disse prøvene skal tas så lavt som mulig.

Hver av prøvene la jeg i papirpose disse markerte jeg med linjenummer, flatenummer, underflatenummer og art. Prøvene blir nummerert fortløpende. I registreringsskjemaet noterte jeg også alle prøver og registreringer med linjenummer, flatenummer, underflatenummer, prøvenummer og art.

I tillegg registrerte jeg høyden på treet, treet diameter ved rot og treet diameter 1,3 m over bakken.

Småtre og frøplanter lagret jeg i poser/sekker som ble merket med linjenummer flatenummer og underflatenummer. Prøvene bringes til laboratoriet for måling og registrering. Hvis en flate inneholder mer enn 50 trær, måler og registrerer jeg alle disse på samme måte som ved trær det tas prøver av. Disse trærne er ikke gjenstand for prøvetaking.

2.3 Nødvendig utstyr.

Nødvendig utstyr for å kunne utføre målearbeidet, registrering og undersøkelser er:

- Målebånd, kompass, GPS og markeringspinner som anvendes til å sette ut linja og til å måle inn punkter for vegetasjonsregistrering, til opmåling av avstander og kontrollmåling av skrittete avstander. Plastpinnene brukes til å markere plott, linje start, linje stopp og andre innmålte punkter i terrenget.
- Tilvekstbor, buesag, grenklipper med haukenebb som anvendes til prøvetakingen.
- Diametermål og målebåndet benyttes i vegetasjonsregistreringen.

- Vannfaste tusjer, blyanter og vannfast skrivepapir anvendes til å merke prøver og til å notere registrerte måleverdier.
- Maskeringsteip, papirposer og søppelsekker brukes til å oppbevare og frakte prøvene i. Man må være ekstra forsiktig med kjærneprøver da disse fort kan knekke. Den enkleste måten å sikre disse på er å tape dem in med maskeringstape.

2.4 Undersøkelser i laboratoriet.

I første del av undersøkelsen registrerte jeg høyden av alle innsamlede småtre/frøplante og jeg tok prøver av disse. Hver prøve pakket jeg i maskeringsteip og merket med prøvenummer og art. Prøvene pakket jeg så i papirposer og disse blir merket med linjenummer, flatenummer, underplottnummer og art. Alle data registreres i datamaskinen.

Igjen anvendte jeg grenklipper med haukenebb, måleband, maskeringsteip, vannfaste tusjer, og papirposer.

Neste del av laboratoriearbeidet er å lese alderen på alle treprøver. For å gjøre dette arbeidet trenger jeg lupe, skallpell, vann, sinksalve og maskeringsteip.

Prøvene legger jeg først i vann slik at de myknes opp. Dette gjør at de blir lettere å skjære i. Skalpellen bruker jeg så til å skjære et helt jevnt snitt i prøven slik at årringene kommer tydelig frem. Sinksalven brukes som kontrastmiddel for å fremheve årringene enda mer. På en perfekt prøve vil man da få helt tydelige mørke og hvite soner. En mørk og en hvit sone viser et års vekst. Alderen kan telles ved å telle enten de mørke eller de hvite sonene. Jeg foretrekker selv å telle de hvite sonene og tilråder dette

Jeg fikk opplæring og hjelp til telling av årringer av Barbro Dahlberg, som er en anerkjent kapasitet på dette feltet.

2.5 Linje 1.

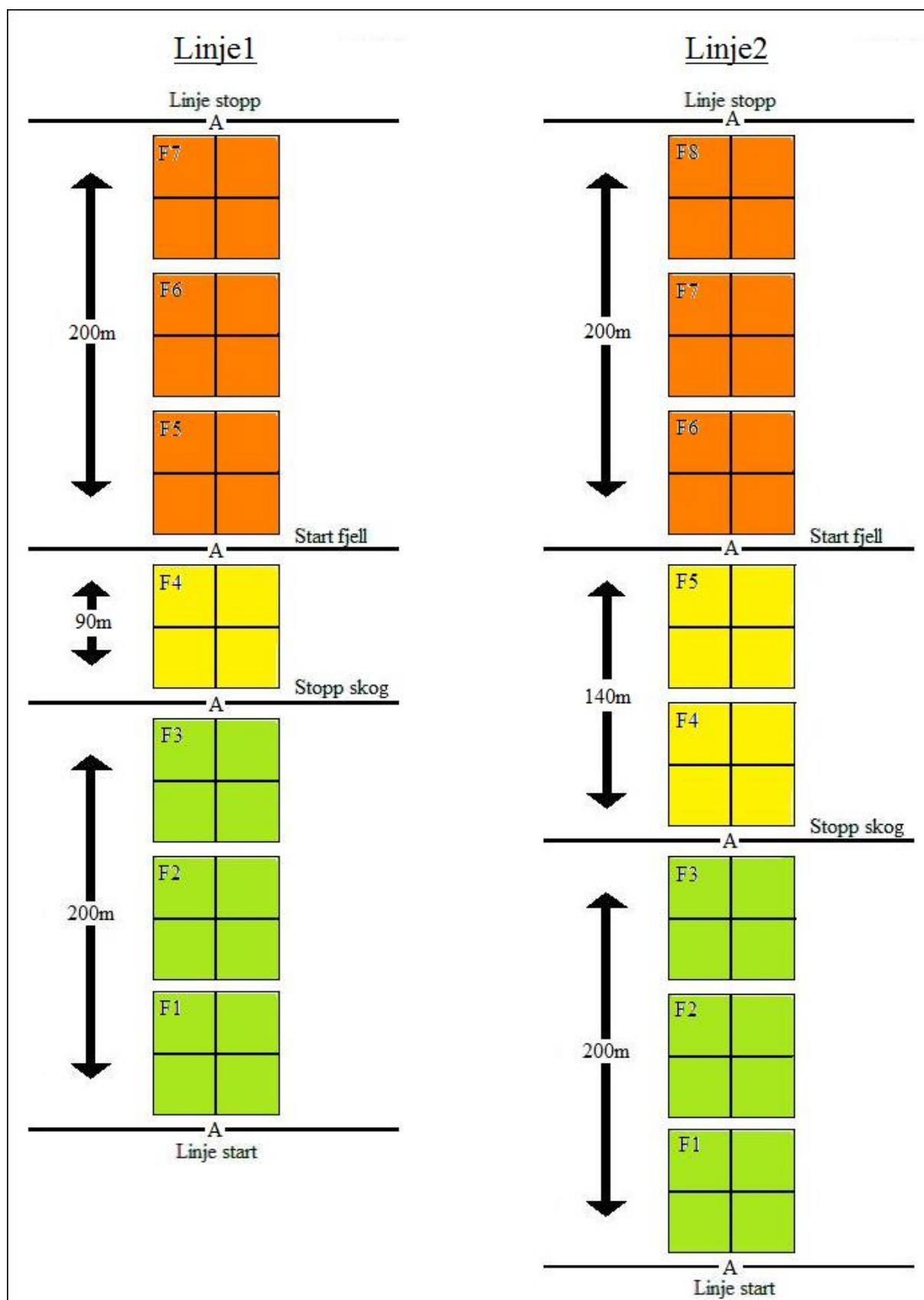
Linje 1 befinner seg i fjellet i Sogn og Fjordane på Vestlandet ovenfor Flåm i Aurland. Startkoordinatene for linja er 32399746Ø og 6744621N. Dette punktet ligger 943 meter over havet. Sluttkoordinatene for linja er 32399753Ø og 6744144N. Dette punktet ligger 1123 meter over havet. Linja er cirka 490 meter lang og stiger 180 meter. Innenfor denne distansen var det plass til 7 flater

(Fig. 2). Skogdelen for linja har en ganske jevn stigning. Det samme gjelder for fjelldelen. Mellomskogdelen er derimot kort og ligger i meget bratt stigning. Vegetasjonen av trær langs linja består utelukkende av bjørk (*Betula pubescens*). Området er prega av saue- og geitebeiting. Skråningen som linjen ligger i er avdelt fra det øvrige området av en kløft med en meget stri elv i bunnen. Dette fører til at de beitende sauene og geitene ikke har tilgang til det avgrensede området hvor linjen ligger. Her er det således ikke betydlige skader på vegetasjonen fra beiting. For eksempel på skogvegetasjon se bilder (Fig. 3).

2.6 Linje 2.

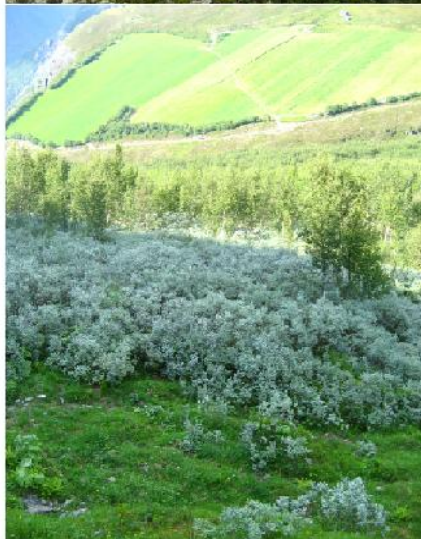
Linje 2 befinner seg i fjellet i Sogn og Fjordane på Vestlandet ovenfor Vik i Sogn. Startkoordinatene for linja er 32372682Ø og 6773779N. Dette punktet ligger 801 meter over havet. Sluttkoordinatene for linja er 32373233Ø og 6773719N. Dette punktet ligger 1049 meter over havet. Linja er cirka 540 meter lang og stiger 248 meter. Innenfor denne distansen var det plass til 8 flater (Fig. 2). Skogdelen av linja har en ganske mye brattere stigning enn skogdelen i linje 1 og den stiger mer ujevnt. Mellomskogdelen starter med et meget flatt og vått område og avsluttes med en meget bratt skråning. Fjelldelen ligger i en bratt stigning som blir enda brattere høyest oppe. Ved sluttpunktet er det så bratt at det ikke var sikkerhetsmessig forsvarlig å fortsette høyere. Vegetasjonen av trær i skogdelen består utelukkende av bjørk.

I mellomskogdelen og fjelldelen fant jeg også noen eksemplarer av gran (*Picea abies*), og noen ganske få eksemplarer av rogn (*Sorbus aucuparia*). Området brukes aktivt som sauebeite. Det har også inntil nylig vært storfe på beite i området. Man kan derfor regne med at vegetasjonen er, og har vært under stort beitetrykk fra husdyr. For eksempler på skogvegetasjon se bilder (Fig. 3)



Figur 2. Avstander for linjeoppdeling og flatefordeling linje 1(Flåm) og linje 2(Vik)

Linje1 (flom)



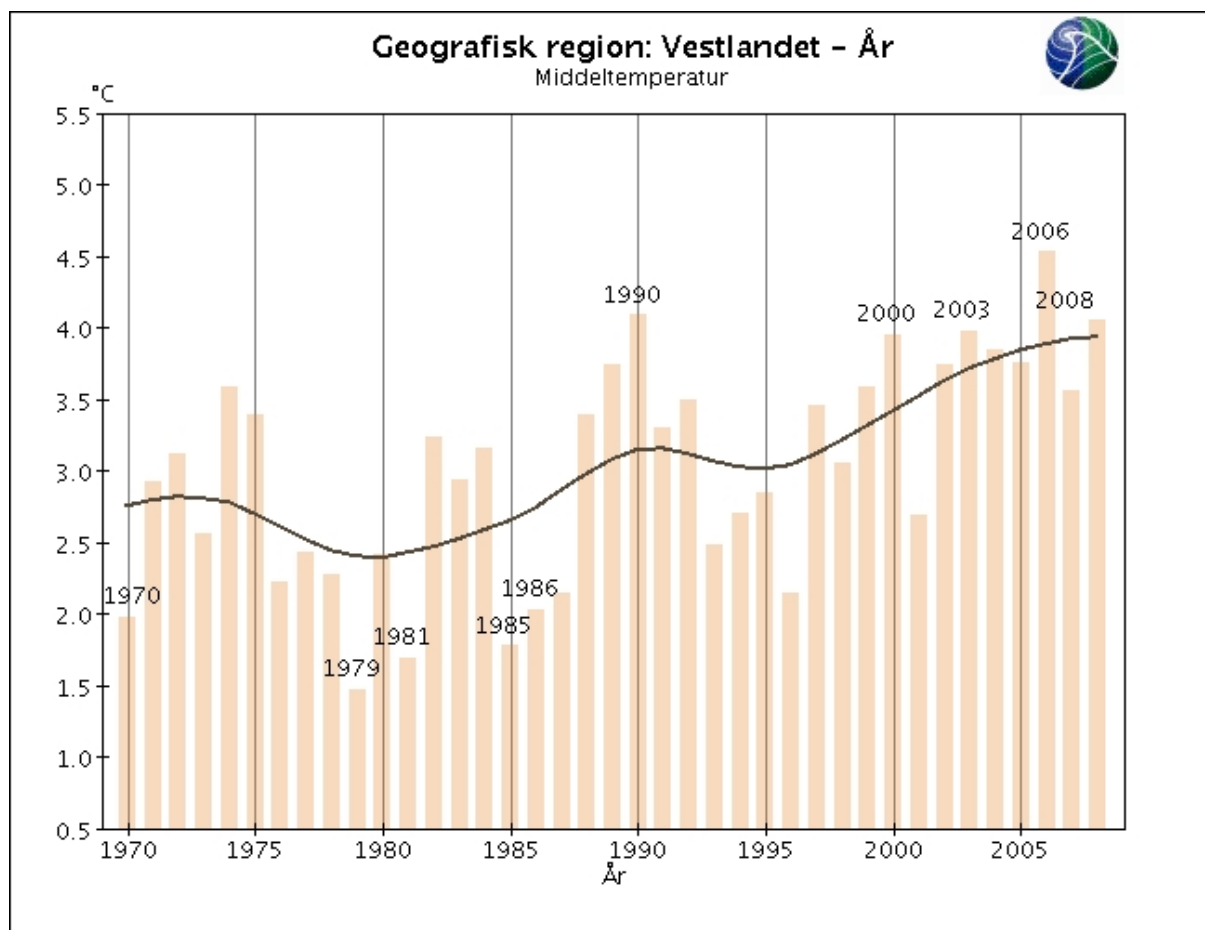
Linje2 (vik)



Figur 3. Bilder av de tre delene av hver linje Fjelldel (øverst), Mellomdel (i midten) og Skogdel (nederst)

2.7 Temperatur.

Det har vært en klar temperaturstigning i det geografiske område hvor mine linjer ligger. I perioden 1970-2008 er det registrert en økning av middeltemperaturen på sirka 2 °C (eklima.met.no) (Fig. 4)



Figur4. Årlig middeltemperatur på vestlandet 1970 til 2008.

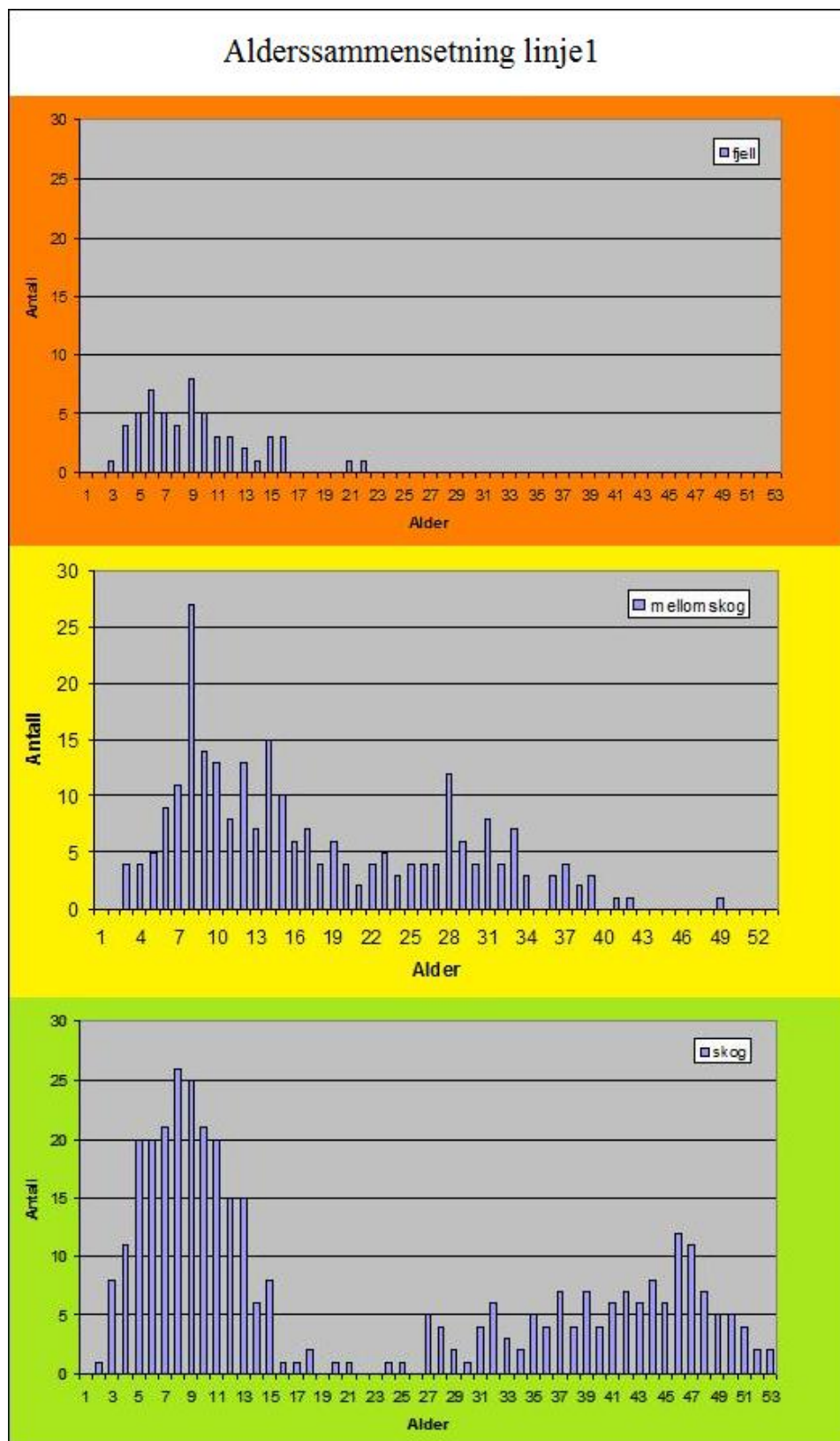
3. Resultater

3.1 Alder relatert til avsnitt linje 1.

I linje 1 ble det utført totalt 904 registreringer. Ved 675 av registreringene ble det tatt treprøver for å bestemme størrelse og alder. Av disse 673 prøvene var 163 av størrelsesklasse 1 (tre), 459 av størrelsesklasse 2 (småtre) og 53 av størrelsesklasse 3 (frøplante).

Undersøkelsen i laboratoriet viste en variasjon i alder for prøvene tatt langs linje 1 fra 2 til 53 år. For størrelsesklasse 1 varierte alderen fra 14 til 53 år, for størrelsesklasse 2 fra 2 til 53 år og for størrelsesklasse 3 fra 3 til 21 år. Det er 5 trær i en alder av 91 til 156 som ikke er med i figuren. Jeg har utelukket disse trærne fordi de kommer fra et område som ikke er representativt for linjen (lysåpen skog med noen få og store gamle bjerker).

Alderssammensetningen for prøvene i henholdsvis fjelldelen, mellomskogdelen og skogdelen i linje 1 er vist i figuren under (Fig. 5)

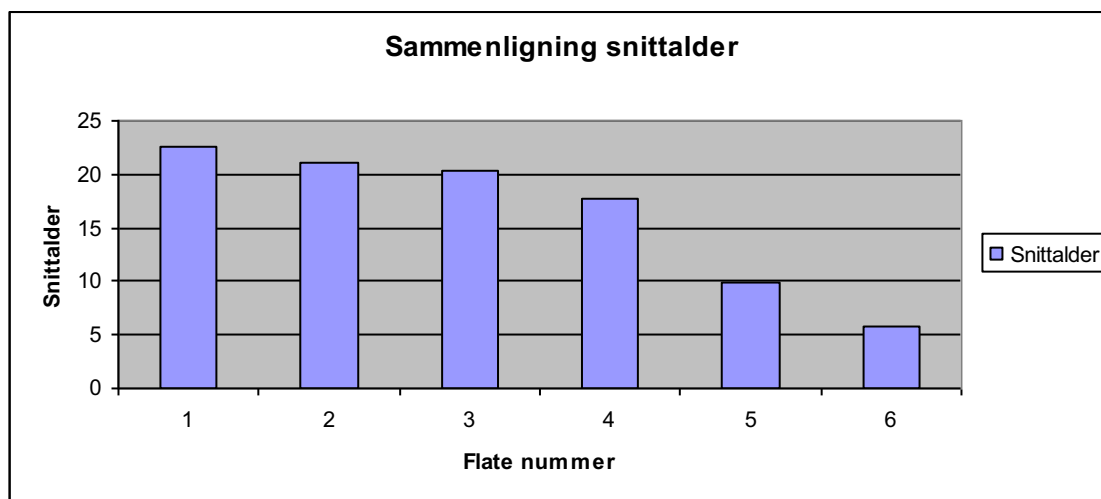


Figur 5. Alderssammensetningen av prøvene tatt i skogdelen, Mellomskogdelen og fjelldelen linje 1

3.2 Gjennomsnittlig alder relatert til flater linje 1.

Beregning av gjennomsnittlig alder for trærne i hver flate viser en bevegelse fra 22,5 år i flate 1 til 5,7 år i flate 6. Gjennomsnittlig alder for trærne i flate 1 til 6 er vist i figuren under (Fig. 6). I flate 7 ble det ikke registrert trær.

Når resultatene vurderes er det viktig å merke seg at det ikke er tatt prøver av samtlige trær i størrelsesklasse 1. Dette betyr at den beregnede snittalderen for flater med stor andel trær i størrelsesklasse 1 (gjennomgående eldre trær) viser en lavere gjennomsnittsalder enn den faktiske. Det er således gjennomsnittsalderen av de trærne det er tatt prøve av i en flate, og ikke gjennomsnittsalder for skogen som beregnes.



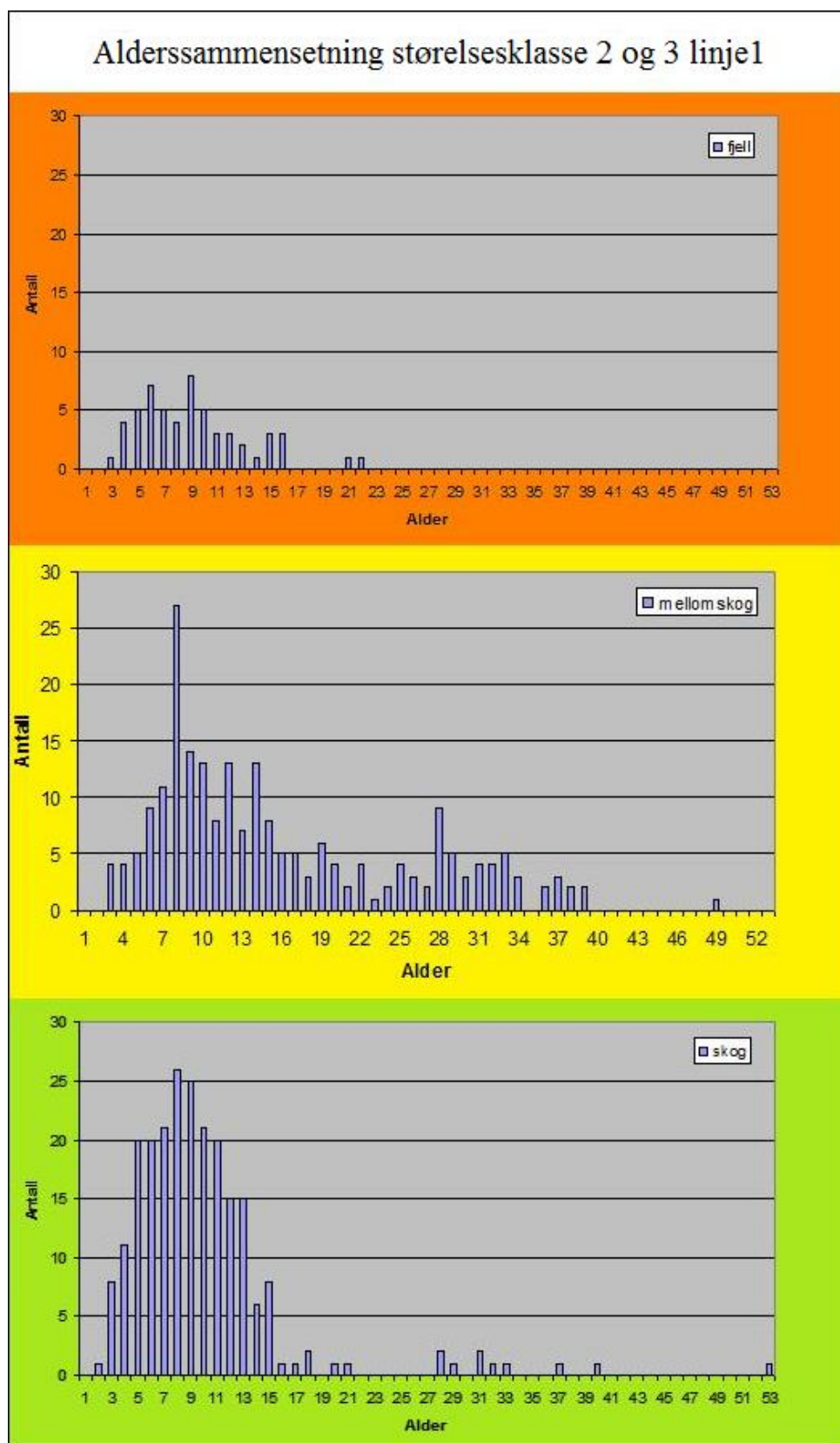
Figur 6. Beregnet gjennomsnittsalder for prøvene tatt fra flate 1 til flate 6 langs linje 1

3.3 Alder relatert til flate for størrelsesklasse 2 og 3 linje 1.

Beregning av aldersvariasjonen innenfor hver flate relatert til størrelsesklasse 2 og 3 viser variasjon i gjennomsnittlig alder fra 2 til 14 år i flate 1, fra 3 til 40 år i flate 2, fra 3 til 53 år i flate 3, fra 3 til 49 år i flate 4, fra 4 til 22 år i flate 5 og fra 3 til 11 år i flate 6.

Med unntak av flate 4 er det en lav andel av trær (klasse 2 og 3) som har alder over 19 år. Andelen trær med alder over 19 år er fraværende i flate 1, er økende i flate 2, 3 og 4, og avtar igjen i flate 5 for så å være fraværende igjen i flate 6.

Aldersvariasjonen for skog relatert til henholdsvis fjelldelen, mellomskogdelen og skogdelen for størrelsesklasse 2 og 3 er vist i figuren under (Fig. 7)

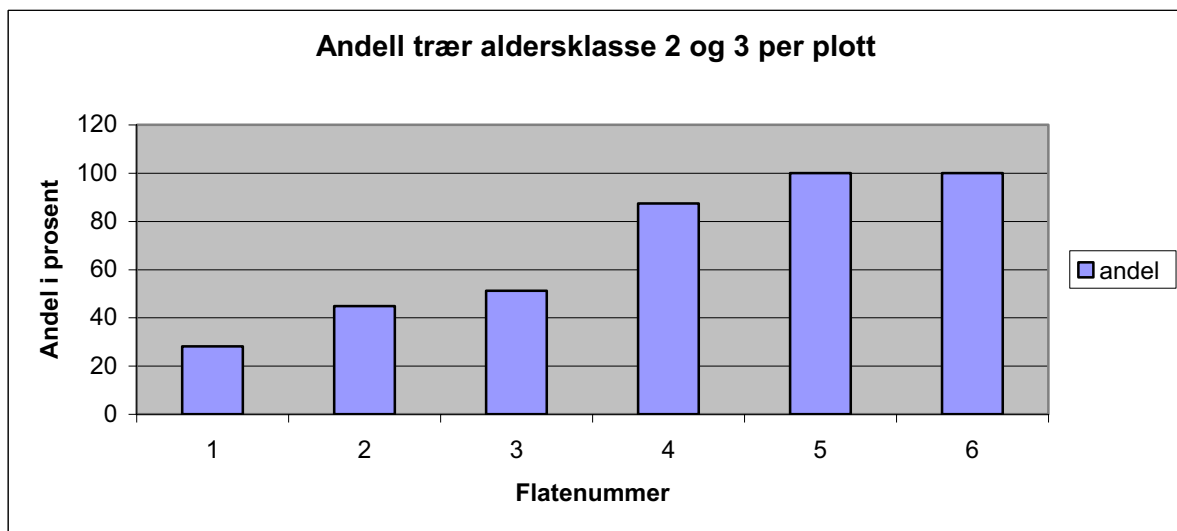


Figur 7. Alderssammensetningen av trær størelsesklasse 2 og 3 for henholdsvis i skogdelen, mellomskogdelen og fjelldelen linje 1

3.4 Gjennomsnittlig alder relatert til flate for størrelsesklasse 2 og 3 linje 1.

Den gjennomsnittlige alderen for trærne i størrelsesklasse 2 og 3 varierer fra 7,72 år i flate 1 til 15,98 år i flate 4 for så å synke til 5,71 år i flate 6.

Den gjennomsnittlige alder relatert til flate for størrelsesklasse 2 og 3 er vist i figuren under (Fig. 8)



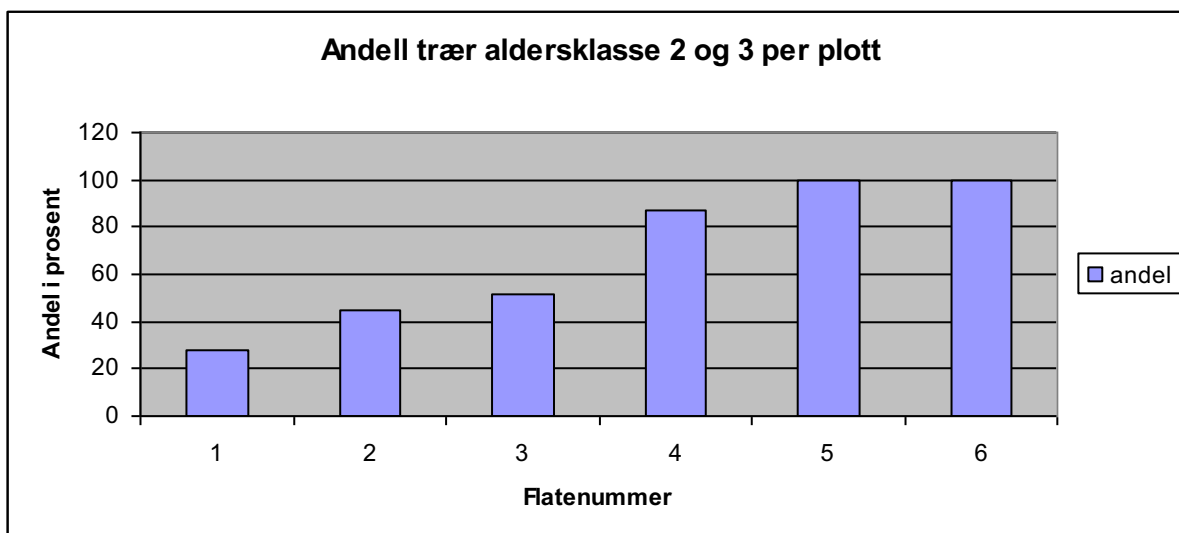
Figur 8. Gjennomsnittlig alder for trær i aldersgruppe 2 og 3 relatert til flate langs linje 1

3.5 Andel skog relatert til flate for størrelsesklasse 2 og 3 linje 1.

Andelen av skog av aldersklasse 2 og 3 varierer fra 28 % i flate1 til 100 % i flate 5 og flate 6.

Det er forventet at andelen skog av størrelsesklasse 2 og 3 er sterkt økende når en beveger seg inn i mellomskogdelen og videre opp i fjelldelen.

Andelen skog av størrelsesklasse 2 og 3 er vist i figuren under (Fig. 9)



Figur 9. Prosentvis andel av trær i aldersklasse 2 og 3 relatert til flate langs linje 1

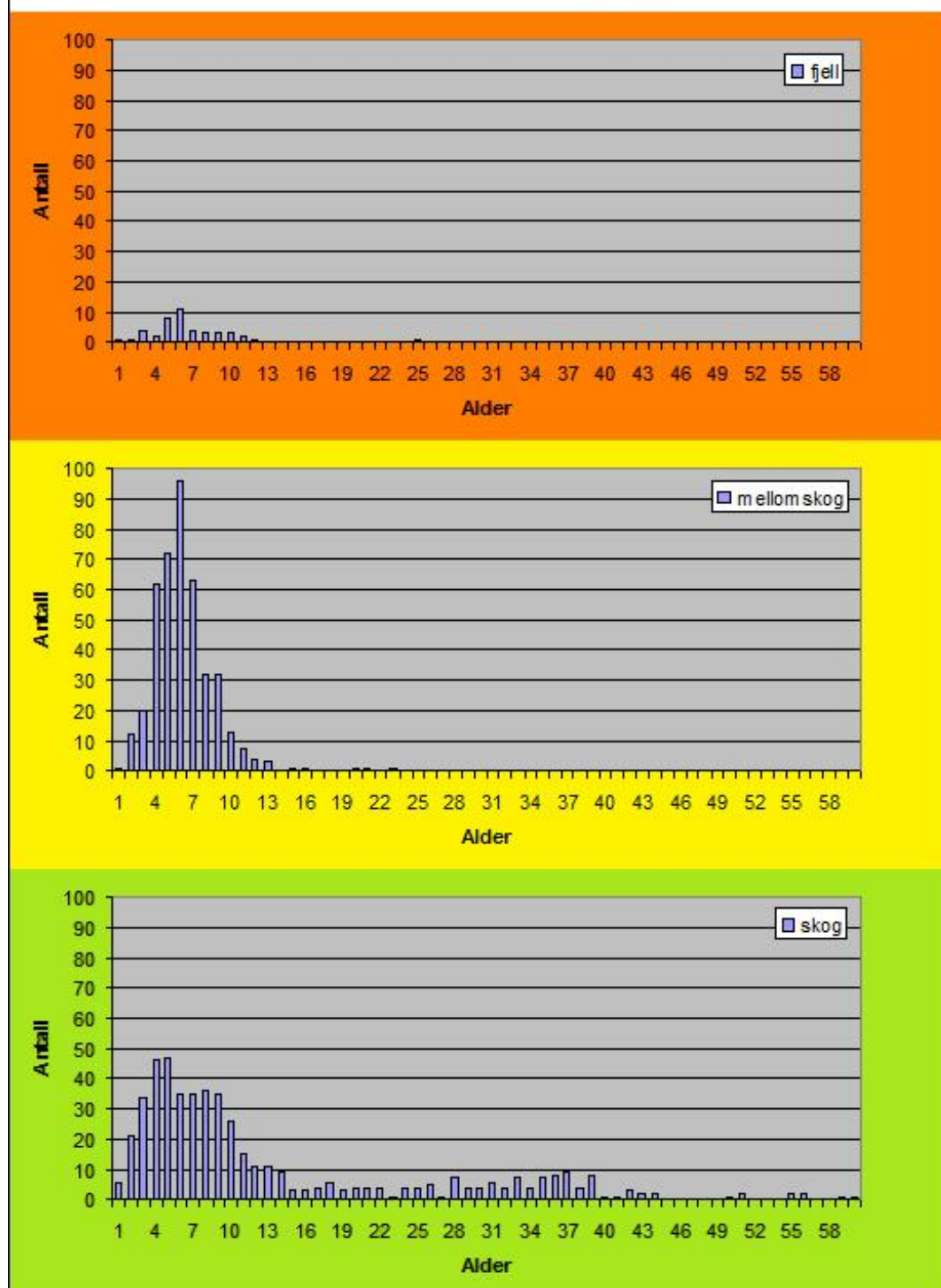
3.6 Alder relatert til avsnitt linje 2.

I linje 2 ble det utført totalt 1040 registreringer. Ved 975 av registreringene ble det tatt vegetasjonsprøver. Av disse 975 prøvene var 94 av størrelsesklasse 1 (tre), 787 av størrelsesklasse 2 (småtre) og 94 av størrelsesklasse 3 (frøplante).

Undersøkelsen i laboratoriet viste en variasjon i alder for prøvene tatt langs linje 2 fra 1 til 152 år. For størrelsesklasse 1 varierte alderen fra 20 til 152 år, for størrelsesklasse 2 fra 1 til 39 år og for størrelsesklasse 3 fra 1 til 10 år.

Alderssammensetningen for prøvene i henholdsvis fjelldelen, mellomskogdelen og skogdelen i linje 2 er vist i figuren under (Fig. 10).

Alderssammensetning linje2

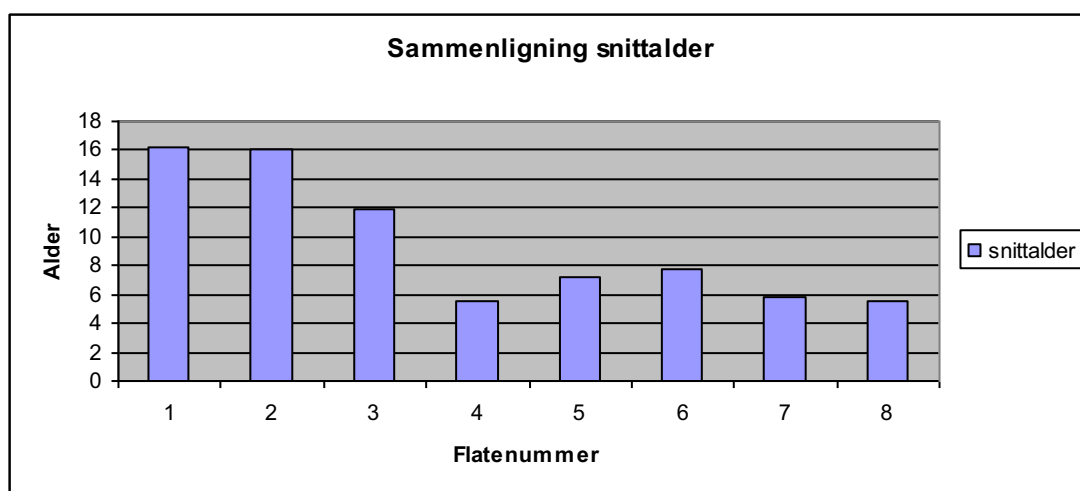


Figur 10. Alderssammensetningen av prøvene tatt i skogdelen, mellomskogdelen og fjelldelen linje 2

3.7 Gjennomsnittlig alder relatert til flater linje 2.

Beregning av gjennomsnittlig alder for trærne i hver flate viser en bevegelse fra 16,2 år i flate 1 til 5,59 år i flate 8. Den laveste snittalderen opptrer i flate 4 og er 5,56 år. Gjennomsnittlig alder for trærne i flate 1 til 8 er vist i figuren under (Fig. 11).

Langs denne linjen er det heller ikke tatt prøve av alle trær størrelsesklasse 1. Derfor er det også i dette tilfellet gjennomsnittsalderen på prøvene og ikke gjennomsnittsalderen på skogen som beregnes.



Figur 11. Beregnet gjennomsnittsalder for prøvene tatt fra flate 1 til flate 8 langs linje 2

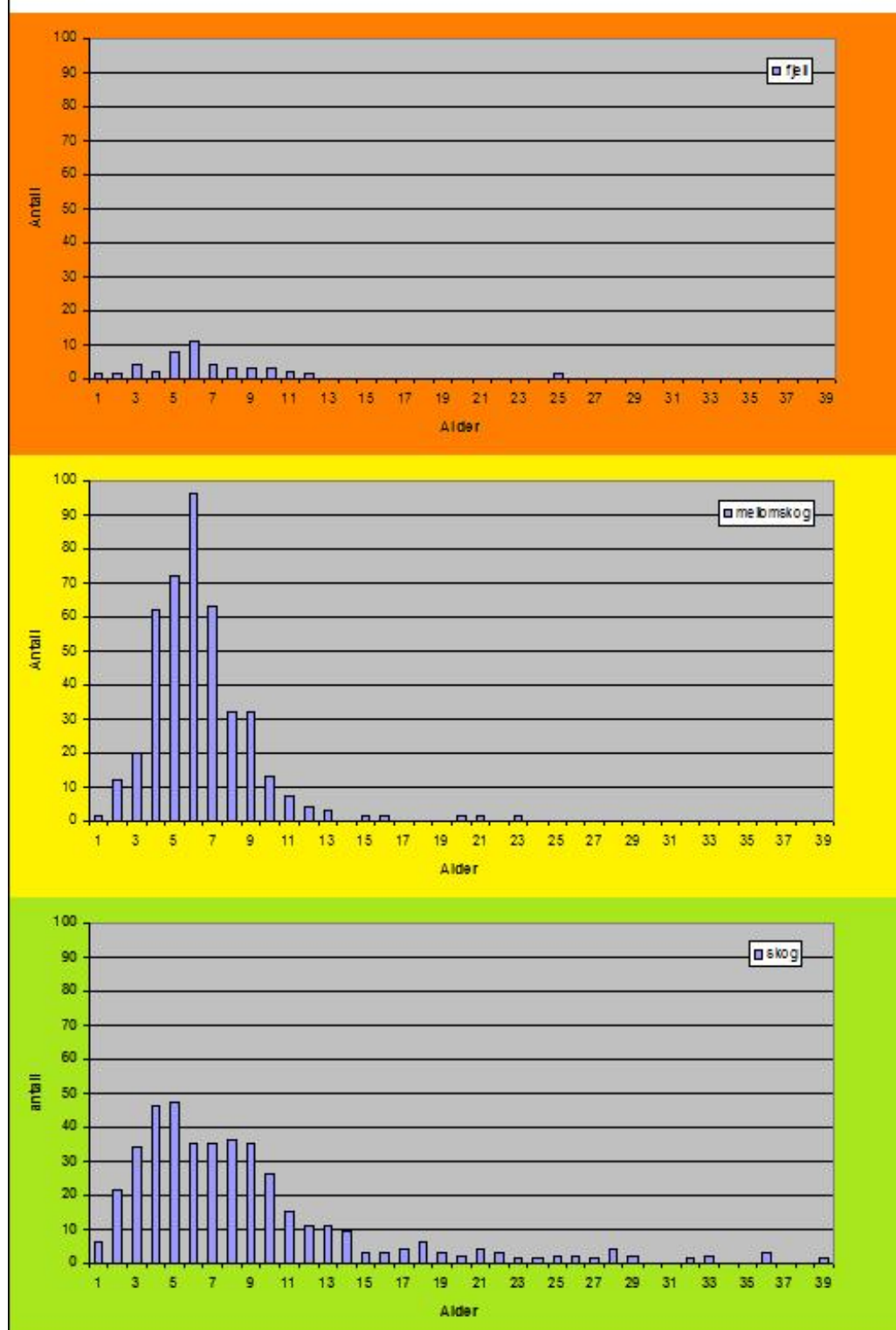
3.8 Alder relatert til flate for størrelsesklasse 2 og 3 linje 2.

Beregning av aldersvariasjonen innenfor hver flate relatert til størrelsesklasse 2 og 3 viser variasjon i gjennomsnittlig alder fra 1 til 36 år i flate 1, fra 1 til 28 år i flate 2, fra 1 til 39 år i flate 3, fra 1 til 11 år i flate 4, fra 1 til 23 år i flate 5, fra 3 til 25 år i flate 6, fra 5 til 7 flate 7 og fra 1 til 10 flate 8.

Langs linje 2 er det en lav andel av trær (klasse 2 og 3) som har alder over 15 år. Andelen trær med alder over 15 år er fraværende i flate 1, Andelen trær (klasse 2 og 3) øker fra flate 1 til flate 3 for så å bli nesten ikke eksisterende i flate 4, 5 og 6. Denne andelen helt borte i fjellplottene 7 og 8

Aldersvariasjonen relatert til henholdsvis fjelldelen, mellomskogdelen og skogdelen for størrelsesklasse 2 og 3 er vist i figuren under (Fig. 12)

Alderssammensetning størelsesklasse 2 og 3 linje2

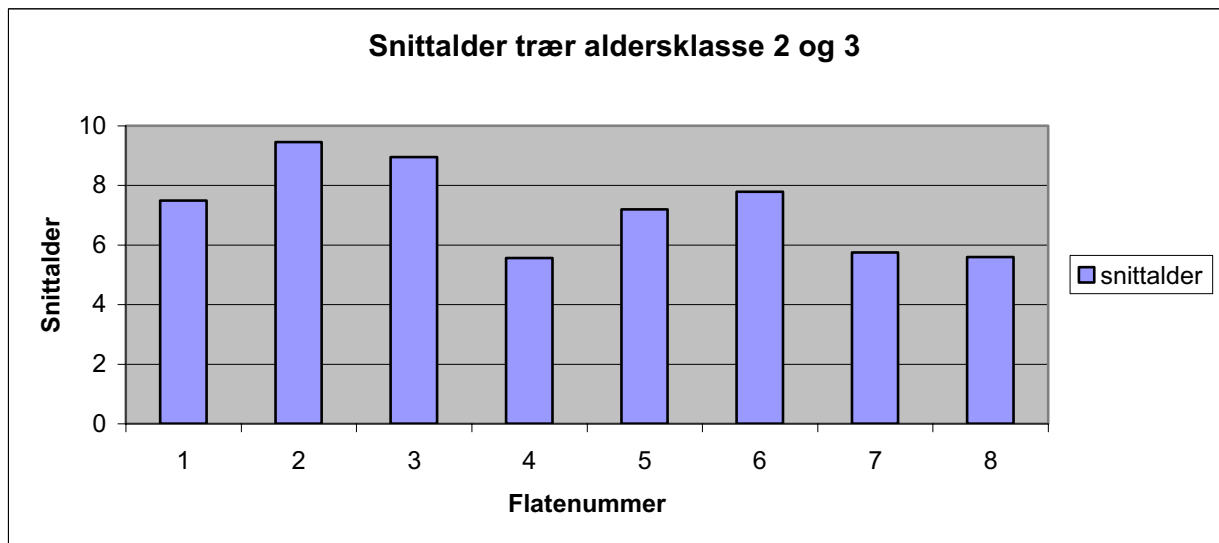


Figur 12. Alderssammensetning av trær størelsesklasse 2 og 3 for henholdsvis fjelldelen, mellomskogdelen og skogdelen linje 2

3.9 Gjennomsnittlig alder relatert til flate for størrelsesklasse 2 og 3 linje 2.

Den gjennomsnittlige alderen for trærne i størrelsesklasse 2 og 3 er høyest i flate 2 med 9,45 år og lavest i flate 4 med 5,56 år.

Den gjennomsnittlige alder relatert til flate for størrelsesklasse 2 og 3 er vist i figuren under (Fig. 13)



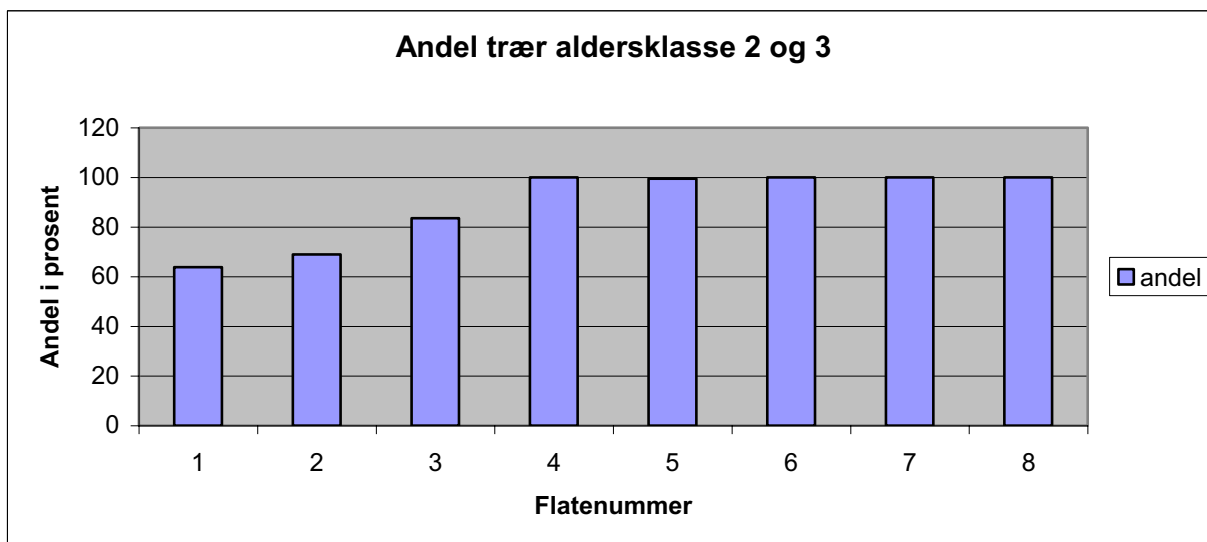
Figur 13. Gjennomsnittlig alder for trær i aldersgruppe 2 og 3 relatert til flate langs linje 2

3.10 Andel skog relatert til flate for størrelsesklasse 2 og 3 linje 2.

Andelen av skog av størrelsesklasse 2 og 3 varierer fra 64 % i flate 1 til 100 % i flate 4, 6, 7 og 8. I flate 5 er andelen 99 %

Det er også her forventet at andelen skog av størrelsesklasse 2 og 3 er sterkt økende når en beveger seg inn i mellomskogdelen og videre opp i fjelldelen.

Andelen skog av størrelsesklasse 2 og 3 er vist i figuren under (Fig. 14)



Figur 14. Prosentvis andel av trær i aldersklasse 2 og 3 relatert til flate langs linje 2

3.11 Trærnes forflytning oppover langs linje 1 og linje 2.

For linje 1 var det et skille på 38 år mellom det elste treet i den øverste mellomskogsflaten og det eldste treet i den øverste fjellflaten. Mellom disse to trærne skiller det cirka 207 lengdemeter og 148 høydemeter.

For linje 2 skiller det 11 år mellom eldste tre i øverste mellomskogflate og eldste tre i øverste fjellflate. Her var det cirka 207 lengdemeter og 127 høydemeter mellom trærne (tabell1).

Tabell1. Aldersforskjell mellom eldste trær i mellomskogflate og fjellflate samt høydedifferanse og avstand mellom disse.

Linje 1	Alder	Høydedifferanse flate 4 - flate 6	Avstand Flate 4 – flate 6
Eldste tre i flate 4	49 år	148 meter	207.5 meter
Eldste tre i flate 6	11 år		
Yngste tre i flate 6	3 år		

Linje 2	Alder	Høydedifferanse flate 5 til flate 8	Avstand flate 5 – flate 8
Eldste tre i flate 5	21 år	127 meter	207.5 meter
Eldste tre i flate 8	10 år		
Yngste tre i flate 8	1 år		

4. Diskusjon

I begge linjene som ble undersøkt i denne oppgaven registrerte jeg mange nylig etablerte trær i fjelldelen. De eldste trærne finner man i skogdelen mens trærnes alder synker når en beveger seg oppover i linjen. Ved å betrakte aldersdifferensen mellom de eldste trærne i forskjellige flater er det mulig å gjøre et estimat av skogens vertikale bevegelse de siste årene. Aldersdifferansen samholdes med flatenes ulike høyde over havet.

For linje 1 har trærne beveget seg 148 høydemeter og 207,5 lengdemeter høyere i løpet av de siste 38 år. For linje 2 er endringene enda større, da trærne her har beveget seg 127 høydemeter og 207,5 lengdemeter høyere på 11 år. Siden 1970 har snitttemperaturen steget med 2 °C

En feilkilde som kan ha påvirket nøyaktigheten av dette resultatet, er at trær i disse flatene kan ha dødd ved lav alder, og således ikke har blitt en del av grunnlaget for estimatet.

En studie utført i Sverige som betraktet tregrensens vertikale bevegelse i perioden 1915 til 2007 gir et lignende resultat. I perioden registrerte denne studien en vertikal forflytning av tregrensen på 220 meter (Kullman & Öberg 2009). Studien så på tregrensens bevegelse som funksjon av endringene i temperatur og det ble lagt til grunn en generell temperaturøkning i tidsperioden på 1,4 grader, samt en reduksjon i temperatur på 0,6 grader per 100 høydemeter. Dette hadde samtidig god sammenheng med det generelle syn på temperaturendringenes effekt på endringer av tregrensens beliggenhet.

Resultatene fra denne svenske undersøkelsen som viser en vertikal bevegelse av tregrensen på 220 meter i bestemte svenske områder, støtter for at mine beregninger er riktige og at trærne i de områdene jeg har undersøkt har flyttet seg omlag 150 meter de siste 40 årene.

Den største tettheten av trær per flate fant jeg i mellomskogen i begge linjene. Trærne bestod i all hovedsak av trær med høyde lavere enn 2 meter. For linje 1 opptrådte den største tettheten i flate 4 og for linje 2 var tettheten størst i flate 4 og flate 5. I tillegg til å inneha den største konsentrasjonen av trær for sine respektive linjer hadde disse flatene to andre fellestrekk. De var alle lokalisert tett opp mot tregrensen (tregrensen defineres der det ikke lenger vokser trær med høyde over 2 meter). De aktuelle flatene var også lokalisert i sterkt kupert terreng med til dels bratte skråninger.

Det er for det meste ugunstige vindforhold og ugunstig snødekkefordeling som har svekket trærnes mulighet til å nå sin maksimale utbredelse i relasjon til stigende temperatur (Kullman & Öberg 2009).

I fjellområder med harde "nærarktiske" forhold er den lokal topografien en avgjørende faktor for mulig skogetablering i nye, høyereliggende eller marginale områder. Områder med konkav utforming vil gi beskyttelse mot vind, høyere dagtemperatur og mer stabile fuktighetsforhold. Slike områder vil også være snørike om vinteren og slike topografiske forhold vil således bedre mulighetene for at små trær kan etablere seg (Dalen & Hofgaard 2005).

Det kuperte terrenget i de aktuelle mellomskogflatene i mine undersøkelser inneholder slike konkave områder og de mange bratte skråningene vil gjøre sitt til å gi beskyttelse mot vind. I fjellområdene som ble undersøkt ser man en mye mer åpen topografi som innebærer flater med tynnere snødekke om vinteren og som gjennomgående er mye mer utsatt for vind. Mine undersøkelser viser en svært stor forskjell på antall tre-etableringer i fjellflatene sett i forhold til flatene som er beliggende tett opp mot tregrensen. Forskjellen gjør seg sterkt gjeldende over en distanse på 10 - 20 meter.

Det er allikevel lite grunnlag for å betvile at vekstsessongens temperatur og vekstsessongens varighet er de faktorene som er mest avgjørende for tregrensens variasjonener i gjennom den holocene tidsalder (Kullman & Kjällgren 2006).

I studier gjennomført i de Svetsiske alpene ble det sannsynliggjort at hovedfaktoren som begrenser vekst hos trær er kulde. Alle perioder med vekstdepresjon kan forbindes med en kald periode (Vittoz et al. 2008).

Langs mine linjer er det ingen tvil om at skogen har flyttet seg oppover i terrenget. I tiden framover er det ventet videre temperaturstigning.

For bjørk (som er det så si eneste treslaget som opptrer i det områdene jeg undersøkte) vil dette ikke nødvendigvis innebære at skogen i disse fjellområdene vil fortsette å øke på bred front. Ser man på fossile trær fra den holocene tiden, da trærne hadde en øvre utbredelsesgrense som er 400-600 meter høyere enn i dag, finner man at skogen ikke var utbredt på en bred front (Kullman & Öberg 2009). De områdene som er rike på fossiler er områder som har lik oppbygning som de områdene hvor trærne etablerer seg i dag, kuperte

områder med konkav struktur (Kullman & Öberg 2009). Ser man på områder som domineres av myrer og sjøsedimenter som er flatere og mer vindutsatt finner man minimalt med fosiler (Kullman & Öberg 2009). Dette skyldes, som tidligere nevnt, alle andre faktorer enn temperaturen alene som spiller inn på trærnes evne til å overleve. For at trærne skal bevege seg oppover i terrenget er det flere prosesser som må fungere. Frø må produseres, spredning må skje, område for vekst må være tilgjengelig, frøplanten må overleve og overleve videre til å bli et voksent tre. En økt temperatur vil ha en positiv effekt på noen av disse prosessene og en negativ på andre (Wang et al. 2006).

For furu (*Pinus sylvestris*) er situasjonen noe annerledes. I den tidlige holocene tidsalder var sammensetningen av artene i tregrenseområdene annerledes enn den er i dag. Det var furu som var den dominerende arten høyest opp (Kullman & Öberg 2009). I dag er det bjørk som dominerer i de høyeste områdene. Det man ser i en del lokaliteter er at furua har beveget seg over dette bjørkebeltet, og etablert seg i enda høyere liggende områder (Kullman & Öberg 2009). Dette skyldes trolig furua sin forflytning ved etablering av nye individer samt at furua er mer motstandsdyktig mot tørke enn bjørka. Når temperaturen øker reduseres mengden fuktighet i bakken (Kullman & Öberg 2009). Treringanalyser viser at bjørka har hatt problemer med tørke i de varmeste sommerene det siste hundreåret. Dette tørkestresset støtter en teori om at furua kommer til å ta over som øverste tre art i fjellområder. Det er også trolig at furua vil vise vertikal spredning på en bredere front enn bjørk (Kullman & Öberg 2009).

Langs linje 2 fant jeg en del eksemplarer av gran i både mellomskogdelen og i fjelldelen. Det var ingen grantrær å finne i skogdelen. Det er muligens en lignende effekt for gran langs linje 2 i mine undersøkelser som er funnet for furu i Sverige (Kullman & Öberg 2009). Dette kan derfor være et mulig begynnende tegn på en situasjon hvor det vil være gran som er det mest høytliggende treslaget.

Langs begge linjene er det ikke bare store mengder yngre trær i mellomskogdelen og i fjelldelen. Det er også mange småtrær i skogdelen, noe som kan tyde på at den stigende temperaturen ikke bare gir seg utslag i at tregrensa heves, men også i at det skjer en fortetning av allerede eksisterende høyfjellsskog. Denne effekten er funnet i Sveits, i Canada og i Russland. Alle disse stedene viser undersøkelser at en stor andel av den økende skogmassen kommer som fortetning av allerede eksisterende skogområder (Gehrig-Fasel 2007).

Sammenligner man andelen trær i størrelsesklasse 2 og 3 i skogdelen for de to linjene i min undersøkelse, ser man at det er en mye større andel av disse størrelsesklassene langs linje 2 enn langs linje 1.

Av antall trær over 40 år er det registrert 88 trær innen denne gruppen langs linje 1, mens det bare er registrert 18 av disse langs linje 2. Snittalderen er også mye lavere langs linje 2. Dette viser at skogen langs linje 1 er mer stabil og bedre etablert enn skogen langs linje 2.

Det som svekker denne påstanden er tilstedeværelsen av en del trær på opp til 60 år langs linje 2.

Langs begge linjene jeg har undersøkt har det vært en stigning en av trærnes maksimale utbredelse opp mot fjellet. Det har i de siste årene vært en middeltemperaturøkning på 2 °C i dette geografiske området. Undersøkelser som har vært gjort i andre høytliggende i norden, har vist en økt vertikal utbredelse av trærne som et resultat av temperaturøkning.

Jeg har observert den samme tendensen i mine undersøkelsesområder. Det er nærliggende å gå ut i fra at det er en effekt av økende temperatur jeg har observert.

5. Litteratur

Dalen, L. & Hofgaard, A. (2005) Differential regional treeline dynamics in the Scandes Mountains. *Arctic Antarctic and alpine research*, **37**, 284-296

Gehrig-Fasel, J. Guisan, A. & Zimmermann, N.E. (2007) Tree line shifts in the Swiss Alps: Climate change or land abandonment?. *Journal of vegetation science*, **18**, 571-582

Hofgaard, A. & Rees, G. (2008) PPS Arctic Manual: Common protocols for field measurements and handling of collected material

Kullman, L. & Öberg, L. (2009) Post-Little Ice Age tree line rise and climate warming in the Swedish Scandes: a landscape ecological perspective. *Journal of Ecology*, **97**, 415-429

Kullman, L. & Kjallgren, L. (2006) Holocene pine tree-line evolution in the Swedish Scandes: Recent tree line rise and climate change in a long term perspective. *Boreas*, **35**, 159-168

Vittoz, P., Rulence, B., Largey, T., et al. (2008) Effects of climate and land-use change on the establishment and growth of cembran pine (*Pinus cembra* L.) over the altitudinal treeline ecotone in the Central Swiss Alps. *Arctic Antarctic and alpine research*, **40**, 225-232

Wang, T., Zhang, Q.B. & Ma, K.P. (2006) Treeline dynamics in relation to climatic variability in the central Tianshan Mountains northwestern China. *Global ecology and biogeography*, **15**, 406-415

<http://klima.met.no>