

Trævækst i Det Grønlandske Arboret

En arts- og provenienssammenligning

Bachelorprojektrapport
Juni 2002



Ida Marie Andersen s 2098
&
Lisbeth Sevel s 2081

Faglige vejledere
Professor Erik Dahl Kjær
&
Lektor Ph.d Jerry Leverenz

Metodevejleder
Amanuensis Tina Hansen

Arboretet
Institut for Økonomi, Skov og Landskab
Den Kongelige Veterinær- og Landbohøjskole

Resume

Der er introduceret en række træarter til Det Grønlandske Arboret i Narsarsuaq primært fra Alaska i USA. Narsarsuaq ligger lige omkring trægrænsen. Det betyder, at klimaet i Narsarsuaq er karakteriseret ved lave sommertemperaturer. Derudover er der hyppige føhnvinde. Det stiller store krav til de indførte træer, de skal være tilpasset til lignende forhold.

Målet med denne opgave er at undersøge om, der er en sammenhæng mellem klimafaktorerne på oprindelsesstederne og træernes fitness i Narsarsuaq. Ved fitness forstås et træes evne til at vokse optimalt uden tegn på skader. Det ønskes ligeledes undersøgt om, det er muligt på baggrund af dette at udtale sig om hvilken proveniens, der har klaret sig bedst.

På baggrund af feltarbejde, hvor fitness relaterede egenskaber målt på træerne, blev der foretaget både en arts- og en proveniens sammenligning. De involverede arter var *P. glauca*, *P. engelmannii*, *P. x lutzii* samt *P. engelmannii* x *P. glauca*. Artsammenligningen blev foretaget ved sammenligning af middelværdier og proveniencssammenligningen ved ensidet variansanalyse. Der blev ikke påvist store forskelle på arterne.

Proveniencsanalysen omfattede udelukkende *P. glauca* og her fandtes stærkt signifikante forskelle for de fleste af egenskaberne. Da der blev observeret forskelle, blev LS-meansværdierne for disse egenskaber testet mod klimafaktorerne ligeledes ved ensidet variansanalyse. Der viste sig, at proveniencsforskellen delvist kunne beskrives ved hjælp af klimafaktorerne.

Der blev fundet flest signifikante virkninger i relation til varmesummen om sommeren, denne kunne dog ikke beskrives entydigt. Derimod viste der sig en tydelig sammenhæng imellem forskellen på sommer- og vintertemperatur og trivsel. Den proveniens med temperatur forløb nærmest på det i Narsarsuaq, havde den højeste fitness. Proveniensen Highwood fra Montana på 47° nordlig bredde og 1600 moh og anses som den mest veltilpassede.

Resume

A number of tree species have been introduced to the Greenland Arboretum in Narsarsuaq primarily from Alaska in the USA. Narsarsuaq lies near the northern tree limit. This means that the climate in Narsarsuaq is characterised by low summer temperatures. Furthermore there are strong, foehn winds. These create strict requirements for introduced trees, in that they should be adapted to similar environments.

The goal with this project is to study if there is a relationship between climate factors at the site where the trees (or seed) have been collected and the tree's fitness in Narsarsuaq. Here fitness is defined as the ability to grow optimally without signs of damage. It has also been studied if these collected data can be used to point out which provenance has been the best.

Species and provenances were compared based on fieldwork, where fitness related traits were measured on the trees. The species studied were: *Picea glauca*, *P. engelmannii*, *P. x lutzii* and *P. engelmannii* x *P. glauca*. Species were compared by using average values of different traits, while provenances were compared using one sided analysis of variance. Large differences between the species were not found.

Picea glauca was used alone for the analysis of variation among provenances. Strong significant differences were found for most traits. When differences were found, least significance values for these traits were tested against climate factors also using one-sided analysis of variance. It is shown that differences between provenances could be partly explained by the differences in climate at the collection sites.

In general, the heat sum during the summer was the most significant factor however, this was not always the case. However, there was a clear relationship between the difference between summer and winter temperature on vigour. The provenance with a temperature climate most similar to that of Narsarsuaq, had the highest fitness. The provenance "Highwood", Montana at 47° N latitude and 1600 M altitude was found to be the best adapted.

Forord

Hensigten med denne rapport er at lave en proveniens sammenligning af provenienser plantet i Det Grønlandske Arboret i Sydgrønland. En sådan opgørelse kan på længere sigt bruges til at vurdere, hvilke provenienser, der er velegnet til plantninger i Sydgrønland. Rapporten kan ligeledes indgå i en evt. større opgørelse af de plantede træer, som vil kunne give et fuldendt billede af de træers vækst forhold på Grønland.

Den primære målgruppe for rapporten er folk med en vis forstlig baggrund, samt forståelse for træer og planters vækstvilkår i arktiske egne. Rapporten kan dog også læses af andre, der har en speciel interesse i Grønland og arktiske egne.

En systematisk træplantning har foregået i Sydgrønland siden starten af 50'erne. Egentlige opgørelser baseret på målinger har ikke været foretaget hidtidigt. Derfor kunne det være interessant at få sammenhængene belyst på grundlag af egentlige målinger.

Vi vil gerne takke Fonden for Træer og Miljø der muliggjorde projektet, ved at yde økonomisk støtte til det udførte feltarbejdet.

Desuden vil vi gerne takke Kenneth Høegh for hans velvillighed til at hjælpe og for vores inspirerende samtaler på vores tur igennem arboretet. Hans lokalkendskab til området har flere gange hjulpet os godt på vej.

Til sidst vil vi gerne takke Lektor Eva Danielsen Institut for matematik og fysik, for behjælpelighed med at skaffe de relevante klimafaktorer og metoder til beregninger af korrektioner.

Torsdag den 13. juni 2002

Indholdsfortegnelse

1. Indledning	3
1.1 Baggrund for problemformuleringen	3
1.1.2 Jordbrugets historie på Grønland	3
1.1.4 Grunde til manglende trævækst på Grønland	5
1.1.5 Træplantninger op igennem 1900-tallet	6
1.1.6 Træplantningens relevans før og nu	7
1.2 Problemformulering	8
1.3 Projektafgrænsning	8
1.3 Metodevalg	9
1.3.1 Litteraturstudie	9
1.3.2 Feltarbejde	9
1.3.3 Beregninger og opgørelsesfase	10
2. Klimaet på nordlige breddegrader	10
2.1 Definition af subarktisk	10
2.2 Det Grønlandske Arboret - Udplantningsstedet	11
2.3 Oprindelsesstederne	12
3. Træernes overlevelsesmekanismer	13
3.1 Tilpasning til et givet miljø	14
3.2 Vækstryk	14
3.3 Faktorer der kan skade træerne	16
3.3.1 Føhnskader	16
3.3.2 Sne og is	17
3.3.3 Fotoinhibition	17
3.3.4 Udvalgte faktorer og parametre	19
4. Beskrivelse af Det Grønlandske Arboret	19
4.2 Udseende	19
4.3 Plantningerne	20
4.3.1 Afd. A8	21
4.3.2 Afd. B1,C2,C3,C5,C6	22
4.3.3 Afd. D2,D3,D6	22
5. Materialer og metoder	23
5.1 Materialer	23
5.2 Metode	23
5.2.1 Feltarbejde	23
5.2.2 Opgørelse og analyse	25
6. Resultater	33
6.1 Trin 1: Artsvis sammenligning af middelværdier	33
6.3 Trin 3: Sammenhæng mellem klima faktorer og egenskaber. Belyst ved ensidet variansanalyse.	36
6.4 Generelle observationer fra feltarbejdet	41
7.1 Trin 1: Artsvis sammenligning af middelværdier	43
7.2 Trin 2: Provenienssammenligning for <i>P. glauca</i>	43
7.3 Trin 3: Sammenhæng mellem klimafaktorer og egenskaber. Belyst ved ensidet variansanalyse	44

7.3.1 Sammenfatning af resultaterne	45
7.3.2 Generel diskussion.....	47
7.3.3 Vurdering af den brugte metode	47
7.3.4 Vurdering af afgrænsningen.....	48
8. Konklusion	48
9.Perspektivering.....	49
Litteraturliste:	50
Bilagsliste.....	55

1. Indledning

Denne rapport tager udgangspunkt i Det Grønlandske Arboret, der er anlagt ved Narsarsuaq i Sydgrønland.

Proveniensforskningen har i mange år beskæftiget sig med at finde de bedst egnede provenienser til givne lokaliteter. Ved proveniens forstås det geografiske område, som frøet stammer fra (Henriksen 1988). For at vurdere de forskellige provenienser indenfor en art, bliver der anlagt proveniensforsøg. Der er opstillet internationale krav til sådanne forsøg. Der skal indgå afkom fra mindst 20 modertræer og gerne flere. Provenienserne skal indgå i en proveniensforsøgsserie, hvor forsøgene bliver anlagt på forskellige forsøgslokaliteter, så evt. miljøvariation kan observeres. Ved hjælp af disse proveniensforsøg kan ”gode provenienser” identificeres. Ligeledes bruges forskningen også til at undersøge de ydre faktorer, der gør sig gældende ved tilpasning til et bestemt miljø (Eriksen & Ekberg 1997).

I mange lande har man igennem mange år anlagt botaniske og dendrologiske haver ved at introducere mere eller mindre eksotiske arter. Disse har i mange tilfælde givet værdifulde informationer omkring arter og proveniencers tilpasningsmuligheder. Specielt hvor materialet bygger på en samling af plantninger og ikke bare på enkelte træer. Et eks. er Musitla Arboret i Finland (Hagman 1993).

Det Grønlandske Arboret er ikke anlagt som et proveniensforsøg, det er mere anlagt efter de principper, der bruges i et arboret. Der er plantet et stort antal arter og provenienser fra mange forskellige steder.

Hovedvægten i denne rapport er lagt på at lave en proveniensopgørelse efter ovenstående principper. Den brugte metode er den typiske indenfor proveniensforskningen, den er dog her tilpasset efter forholdene i Det Grønlandske Arboret. Det er gjort i erkendelsen af, at der ikke kan opnås bedre resultater, end det foreliggende materiale ligger op til.

1.1 Baggrund for problemformuleringen

1.1.2 Jordbrugets historie på Grønland

Sne, is og kulde med livsformer der er ekstremt tilpasset til disse vilkår, er nok det de fleste forbinder med Grønland og arktisk egne generelt. Jordbrugsmæssig anvendelse som landbrug, fåreavl og plantning af træer er ikke noget Grønland er kendt for, men alle 3 elementer findes og de to førstnævnte er i dag et vigtigt livsgrundlag for befolkningen i Sydgrønland.

I det sydligste Grønland som ligger omkring 61° nordlig bredde er klimaforholdene mere gunstige for jordbrug end i resten af Grønland. Her ligger

gennemsnitssommertemperaturen på lige under 10°C og nedbørsmængden er stor nok til ikke at være en begrænsende faktor for plantevæksten (Rasmussen 2000). Siden år 982, hvor Erik den Røde gjorde landnam her, har jordbrug været en vigtig del af livsgrundlaget for de mennesker, der har boet og bor i dette område. Nordboerne havde forskellige husdyr og prøvede at dyrke jorden med de afgrøder, som de kendte fra Island.

Flere steder i bunden af fjordene udvikler birketræerne sig til forholdsvis store træer med diametre på 20-30 cm. For de nordboer der bosatte sig i de Sydgrønlandske fjorde har birkebrændsel været en vigtig kilde til overlevelse (Fredskild 1978, 1988, cf. Fredskild & Ødum 1990). Senere har det været den lokale befolkning der, ellers primært var bosat ude ved kysterne, der sejlede ind i fjordene for at hente brænde (Oldendow 1935, cf. Fredskild & Ødum 1990).

Jordbrugsudnyttelsen stopper med Nordboernes forsvinden i 1400-tallet, og denne tages først op igen i starten af 1900-tallet, hvor en stigende interesse for erhvervsudvikling i Grønland starter (Rasmussen 2000).

Sideløbende med denne erhvervsmæssige udvikling, har Grønland siden kolonitidens begyndelse virket som en magnet for danske forskere. Mange har fundet det interessant at undersøge de meget anderledes forhold, der gør sig gældende i dette land. Specielt har mange botanikere rejst rundt og studeret plantesamfund. En af disse var Professor L. Kolderup Rosenvinge, der var interesseret i at se, om det var muligt at få træer til at gro i det sydlige Grønland. I 1892 plantede han nogle skovfyr fra Tromsø, i bunden af Tunulliarfik fjorden tæt ved Narsarsuaq. Det viste sig at være en succes, idet en del af disse stadig lever og er i dag mellem 6 og 8 meter høj (se figur 1.1).

Interessen for at plante træer der ikke er hjemmehørende skyldes, at der kun findes meget få hjemmehørende arter, der kan udvikle sig til egentlig træer. Der findes 5 hjemmehørende træslægter, *Alnus*, *Betula*, *Salix*, *Sorbus* og *Juniperus*. *Betula* og *Salix* er repræsenteret af flere arter, mens der af de 3 andre slægter kun findes 1 art. Det er kun i den subarktiske zone, i bunden af fjordene i Sydgrønland, at disse kan optræde som lav trævækst, andre steder optræder de som krat. Det er hovedsageligt arterne *Betula pubescens*, *Sorbus groenlandica*, *Salix glauca* og *Alnus crispa*, der optræder som trævækst (Fredskild og Ødum 1990 & Ødum 1990). Den eneste hjemmehørende nåletræssart der findes på Grønland, er *Juniperus communis* ssp. *Nana* (Ødum 1990).



Figur 1.1 Rosenvinges fyrretræer (foto Søren Ødum)

1.1.4 Grunde til manglende trævækst på Grønland

Isolering:

Under sidste istid var næsten hele Grønland dækket af is og hovedparten af de nuværende plantearter er indvandret efter isens tilbagesmeltning. Grønlands placering gør det vanskeligt for arter med tunge frø at indvandre pga. de store afstande. Den nærmeste nåleskov ligger ca. 1000 km WSW for Sydgrønland i det nordlige Labrador (Ødum 1990).

Klima:

For lav sommertemperatur er den mest begrænsende faktor for trævækst i arktiske egne. En gennemsnitssommertemperatur på over 10°C er nødvendig for skudstrækning, derfor er 10° C isoterme ofte sammenfaldende med trægrænsen (Hansen 1999).

Plantegeografisk kaldes zonen med denne temperatur subarktisk og findes kun få steder i Grønland, nemlig i bunden af fjordene i Sydgrønland. Dette skyldes primært, at klimaet

her er kontinentalt præget i modsætning til kysterne, der er mere oceanisk præget, med lavere sommertemperaturer til følge.

Hvad der præcist menes med trægrænse eller for dens sags skyld skovgrænse er ikke entydigt defineret i litteraturen. Tuhkanen (1993) anfører, at der er tale om en række forskellige grænser. Fælles for dem er, at de beskæftiger sig med overgangszonen mellem kontinuert skovdække og den træløse tundra. I det efterfølgende vil ordet "trægrænse" blive brugt i denne forstand. Der refereres altså ikke til en bestemt dækningsgrad eller en bestemt træhøjde.

De ovenstående forhold har gjort det ekstra vanskeligt for evt. vindspredte træfrø at overleve og sprede sig, idet kysterne har virket som en barriere for den videre spredning ind i fjordene, hvor temperaturerne er gunstige for trævækst.

1.1.5 Træplantninger op igennem 1900-tallet

De hjemmehørende arters øvrige udbredelsesområde, specielt i det nordlige Skandinavien, Alaska og det nordlige Canada, tyder på en potentiel nåletræstrægrænse i Sydgrønland. Ødum (1990) begrundet dette med, at arterne ofte vokser på nordligere breddegrader eller i større højder på lokaliteter i Skandinavien og Canada/Alaska end de tilstedeværende nåletræer. Dette er en af de vigtigste observationer, der ligger til grund for plantningsforsøgene.

Det følgende bygger på Jensen (1994) og Ødum (1990). Efter at professor Rosenvinge havde bevist, at trævækst var mulig, bliver der i den første del af århundrede gjort enkelte forsøg med plantning, de fleste af disse mislykkedes dog.

I 1947 var Professor C.A. Jørgensen fra Landbohøjskolen i Sydgrønland og han fattede interesse for træplantningsforsøgene. I samråd med Syrach-Larsen, arboretforstander i Hørsholm og C. H. Bornebusch, Det Forstlige Forsøgsvæsen, blev et mere systematisk arbejde startet for at finde passende arter til træplantninger i Grønland. I starten blev et bredt udvalg af materiale fra skovgrænselokaliteter, der var tilgængeligt på markedet, forsøgt. Grundet lang tid imellem frøårene på disse lokaliteter er mængden af frø ret begrænset. Desuden viste det sig med tiden, at dette materiale ikke var egnet, idet det meste døde hurtigt, pga. dårlig tilpasning til klimaforholdene på Grønland.

Tidligere Arboretforstander Dr.agro. Søren Ødum var drivkraften bag den første indsamlingsekspedition til Rocky Mts. i USA. i 1971. Han mente, at dette var den bedste måde at få tilpasset materiale på og plantemateriale herfra viste også at det klarede sig betydeligt bedre end det tidligere tilfældigt udvalgte materiale. Siden er der blevet foretaget flere indsamlingsekspeditioner primært til Canada og Alaska men også til Sibirien.

Indtil begyndelsen af 80'erne var der blevet plantet på flere forskellige lokaliteter. Den nordligste var øst for lufthavnen i Kangerlussuaq – Sdr. Strømfjord . Længere syd på inde i Godthåbsfjorden ved Nuuk, yderligere plantninger ved Rosenvinges fyrretræer i bunden af Tunulliarfik fjorden tæt ved Narsarsuaq, samt ved Upernaviarssuk tæt ved Qaqortoq – Julianehåb. Upernaviarssuk er forsøgsstation for fåreavl, hvor der foregår uddannelse af fåreholderne samt forsøg med forskellige afgrøder til brug for

fåreholderne. Helt i syd er der anlagt en stor plantage i Tasermiut fjorden. De ovenstående plantninger viste, at det var områderne i syd, dvs. ved Narsarsuaq og Tasermiut, der var mest velegnede til yderligere plantninger.

I begyndelsen af 80'erne blev plantningerne koncentreret til et ca. 200 ha. stort område, der ligger meget tæt på Narsarsuaq lufthavn. Placeringen gjorde transporten af planterne nem. Desuden er her ingen får, så en omkostningstung hegning var ikke påbudt. Dette område kaldes i dag Det Grønlandske Arboret.

Der er udplantet ca. 100.000 træer (langt fra alle har dog overlevet) fordelt på ca. 105 arter og 400 provenienser. Eksistensen af denne enestående samling af skovgrænsetræarter kan hovedsageligt tilskrives Søren Ødums arbejdsindsats.

1.1.6 Træplantningens relevans før og nu

I starten har plantningerne mest været enkeltpersoner, der skulle have stillet deres nysgerrighed, om hvorvidt træer kunne gro eller ej i dette "barske" land. Siden er formålet blevet mere alsidigt, idet det jo viste sig, at træer rent faktisk kunne gro. Den helt store tømmerproduktion bliver det nok aldrig til. Men produktion af brænde, hegnspæle, pyntegrønt/juletræer og som læbeplantning for at hindre erosion, hvor fårene har græsset er mulige anvendelser.

Den unikke værdi af en træsamling som Det Grønlandske Arboret er væsentlig, både for den grønlandske befolkning, den rejsende og for forskningen. Under feltarbejdet blev der oplevet en stor interesse og glæde over træplantninger fra lokalbefolkningen side. Ligeledes blev det erfaret, at den rejsende, typisk danskeren, var mere forbeholden. Dette skal ses i sammenhæng med den livlige diskussion, der har været i Danmark om floraforurening af den danske natur. Forskningsmæssigt kan arboretet bruges til at vurdere de forskellige arter og proveniencers fitness samt til at observere evt. klimaændringer, som vil afspejles i træernes vækst.

Muligheden for yderligere træplantninger skal ses i tæt sammenhæng med fåreholdererhvervet. Idet disse jordbrugere er meget interesseret i nye muligheder for udvikling og ekstra indtægtskilder. Flere fåreholdere har også plantet rundt omkring i fjordene. Befolkningen i Narsaq og Qaqortoq er ligeledes meget interesseret i mulige planter til deres haver. I begge byer ses en del træer, der er plantet rundt omkring i haverne (Høegh 2002). Det er Konsulenttjenesten for landbrug i Qaqortoq – Julianehåb ved planteavlskonsulent Kenneth Høegh, der rådgiver fåreholderne og befolkningen om evt. beplantninger. Kenneth Høegh er desuden den ansvarlige for arboretet ved Narsarsuaq efter Søren Ødum, der døde i 1999.

Søren Ødum var drivkraften bag anlæggelsen af Det Grønlandske Arboret. Han havde en stor forståelse for samspillet imellem alle de faktorer, der påvirker plantevæksten under arktiske forhold. Det var denne forståelse han i høj grad brugte til udvælgelse af nye arter og til vurderingen af de plantede. Han var meget anerkendt og respekteret for sine arbejdsmetoder og sin store forståelse.

1.2 Problemformulering

I Det Grønlandske Arboret er der, som før nævnt blevet introduceret mange forskellige træarter og -provenienser. Hovedvægten er langt på nåletræer fra lokaliteter primært i Canada og Alaska.

Systematiske opgørelser på arts- og proveniensniveau har ikke været foretaget tidligere, og derfor er sammenhængen mellem de introducerede træers fitness og klimafaktorerne på deres oprindelsessted ikke blevet belyst. Dette er problematisk set i forhold til den fremtidig beplantningen både i Sydgrønland men også på andre lignende lokaliteter rundt om i verden. Resultater fra en sådan opgørelse kan bruges til at vurdere hvilke arter/provenienser, der skal sættes på i fremtiden.

Ved fitness forstås her og i det følgende, hvor godt træerne er tilpasset til de vækstforhold, der gør sig gældende på plantningslokaliteten. Dvs. om væksten er god og antallet af klimaskader er lavt. Den normale definition på fitness (Eriksen og Ekberg 1997), er et individs evne til at reproducere sig selv, dvs. evnen til at videregive sine gener til sit afkom. Denne giver ingen mening her, da det er de færreste træer, der formår at formere sig.

Målet med projektet er at undersøge, om der er en sammenhæng imellem oprindelsesstedernes klima og træernes fitness. Dette undersøges på baggrund af målinger foretaget i Det Grønlandske Arboret. Såfremt en sammenhæng påvises, skal denne beskrives.

Ligeledes ønskes det besvaret, om det på baggrund af målingerne kan vurderes hvilke arter og provenienser, der er bedst tilpasset til klimaforholdene i Narsarsuaq.

1.3 Projektafgrænsning

En opgørelse af hele arboretet kunne være interessant, men pga. flere forskellige faktorer er projektet afgrænset til at omhandle *Picea glauca* (Moench) Voss, *Picea engelmannii* (Parry) Engelm, *Picea x lutzii* (Little), *P. glauca* x *P. engelmannii* samt *Abies lasiocarpa* (Hook.). Navnene stammer fra Mitchell (1974). Hovedvægten blev lagt på *P. glauca*.

Det blev fra starten besluttet, at projektet skulle være færdiggjort inden 1. juli 2002, da en tidsramme på 6 måned for et bachelorprojekt fandtes rimelig. På grund af denne beslutning har tid været en vigtig afgrænsende faktor, idet en opgørelse af hele arboretet ville tage væsentlig længere tid end den, der var til rådighed.

Årstiden har også sat sine begrænsninger set i forhold til projektets tidsramme. Hele vinteren ligger der 1-2 meter sne afhængig af topografi og lokalitetens placering i Grønland. Sneen begynder for Sydgrønlands vedkommende først at smelte væk i april måned. Hastigheden for afsmeltningen afhænger meget af lokale forhold. Således er der områder med sene snefaner helt ind i juni måned. Feltarbejdet blev udført i april/maj måned, da dette var det seneste mulige tidspunkt, hvis tidsrammen skulle overholdes.

De udvalgte arter er udvalgt på grundlag af Søren Ødums erfaringer samt en vurdering af hvilke arter, der var repræsenteret med flest provenienser indenfor sammen litra. Der skete en yderligere udvælgelse ved påbegyndelsen af feltarbejdet, idet enkelte litra stadig var dækket af sne. Her blev de ellers planlagte målinger på *A. lasiocarpa* valgt fra og erstattet med målinger på *P. engelmannii*.

De brugte klimafaktorer blev udvalgt på grundlag af et litteraturstudie. Efterfølgende blev klimaoplysninger fundet på Internettet. Her blev der foretaget endnu en afgrænsning, idet ikke alle de ønskede klimaoplysninger var tilgængelige. Bl.a. måtte vindforhold og luftfugtighed her fravælges.

Hele problematikken om træplantninger på Grønland har også en etisk side. Man kan spørge sig selv om rimeligheden i at indføre fremmede genmateriale til en ellers uforstyrret genpulje. Andre overvejelser kunne være, hvilke konsekvenser en evt. formering og spredning vil have for de eksisterende økosystemer? Der er mange aspekter i denne problematik, men disse vil ikke blive inddraget i dette projekt.

1.3 Metodevalg

Til at svare på problemformuleringen blev der brugt en kombination af litteraturstudie, feltarbejde og en opgørelsesfase, hvor feltarbejdet blev sammenholdt med litteraturstudiet.

1.3.1 Litteraturstudie

Forud for litteraturstudiet blev der studeret gamle arkiver på arboretet i Hørsholm, for at få et samlet overblik og introduktion til problematikken. Litteraturstudiet har bygget både på generel litteratur hovedsageligt fagbøger og en mere specifik i form af artikler.

Den generelle litteratur har typisk omhandlet arktiske klimaforhold og planters overlevelse og tilpasning til denne. Den mere specifikke litteratur har omhandlet lignende forsøg, hvor nogle af de samme faktorer, som bruges i dette projekt er blevet behandlet. De ønskede klimadata blev fundet på Internettet.

1.3.2 Feltarbejde

En lignende opgørelse har ikke tidligere været lavet på træerne i Grønland, derfor fandtes der ikke noget talmateriale. Dette materiale ville være nødvendigt for at svare på problemformuleringen. På grundlag af dette blev det besluttet at udføre feltarbejde, hvor det nødvendige materiale blev indhentet.

Inden feltarbejdets begyndelse blev de eksisterende detailkort og database over Det Grønlandske Arboret nøje studeret. I denne fase blev Kenneth Høegh også kontaktet, for at få hans vurdering af et vellykket feltarbejde, med udgangspunkt i de udvalgte arter. Et af de store spørgsmål var om det udvalgte materiale stadig var i live, dette kunne Kenneth Høegh bekræfte. Desuden var en faktor, der gav grund til bekymring, om hele området ville være dækket af sne. Dette viste sig heldigvis ikke at være tilfældet. Feltarbejdet blev udført ved et 2 ugers ophold i Narsarsuaq, hvor de udvalgte arter og provenienser blev målt.

1.3.3 Beregninger og opgørelsesfase

Efter et vellykket feltarbejde blev de indsamlede data analyseret statistisk, hvori de ved litteraturstudiet fundet klimafaktorer blev inddraget. På denne måde søgtes de opstillede mål i problemformuleringen besvaret.

De statistiske analyser er valgt, fordi det er den gængse måde at opgøre sådanne "forsøg" på, samtidig giver de mulighed for, at der kan tages højde for træernes placering i litraen.

Metoden til at fremskaffe de ønskede klimadata blev valgt ud fra, hvad der tidsmæssigt var muligt. En mere præcis men også mere tidskrævende og dyr metode havde været at kontakte de respektive klimacentre i Canada og Alaska og fået dem til at fremskaffe det ønskede materiale. På den måde havde en afgrænsning pga. manglende klimadata ikke været nødvendig.

De 2 følgende kapitler giver en teoretisk indføring til problematikken. I kapitel 2 beskrives de specielle klimaforhold, der gør sig gældende både i Det Grønlandske Arboret og på oprindelsesstederne. Kapitel 3 beskriver hvilke mekanismer træerne må bruge for at kunne overleve under disse ekstreme vilkår.

2. Klimaet på nordlige breddegrader

Afsnittet beskæftiger sig med klimaet i grænseområdet mellem den arktiske og den boreale klimazone.

Efter det indledende afsnit vil der blive fokuseret på de specielle forhold i Det Grønlandske Arboret og på oprindelsesstederne i Alaska og Montana, som relaterer sig til vækstvilkårene for træerne. Målet med afsnittet er at beskrive hvordan klimaet er, men ikke at forklare det. Enkelte elementer, som bliver anvendt senere i rapporten, vil dog blive forklaret.

2.1 Definition af subarktisk

Det Grønlandske Arboret ligger på 61 ° 11` N, 45° 25` W (DMI 2000) (se bilag 1). Den høje breddegrad betyder, at der er en stor årstidsvariation både hvad angår temperatur og daglængde.

Subarktisk er en overgangszone mellem den arktiske og den boreale zone. Arktisk er defineret ved at have sommertemperaturer under 10 °C (Hansen 1998). Det der adskiller subarktisk fra den nærliggende arktiske zone er, at sommertemperaturen får sneget sig op over 10 °C (Hansen 1999).

10 °C- isotermerne for sommertemperatur er set med plantegeografiske øjne en skelsættende temperatur, fordi den er sammenfaldende med trægrænsen.

Perioden hvor temperaturen er over 10 °C er kort i subarktisk. Det samlede udtryk for sommervarme, kan fås ved at udregne growing degree days. Dette er et udtryk for længden af perioden med høj temperatur og værdien af denne temperatur (Lundmark 1986).

Udover sommertemperaturen er subarktisk karakteriseret ved en lang og kold vinter, hvor frost hersker en stor del af året. Vintertemperaturen er under 0 °C og antallet af frostfrie nætter er fåtallige (DMI 2000).

De af breddegraden bestemte vilkår påvirkes af lokale forhold som topografi og kontinentalitet.

2.2 Det Grønlandske Arboret - Udplantningsstedet

Det Grønlandske Arboret ligger Ca. 100 km fra kysten og 10 km fra indlandsisen i form af en gletscher. 10 °C - isotermerne går i dette område ved 150 m højde (Ødum 1990). En mere dybdegående beskrivelse af området gives i kapitel 4. Placering har stor betydning for klimaet på stedet.

Havstrømmenes indflydelse på temperaturen

Det subarktiske klima findes kun i bunden af de sydgrønlandske fjorde. Ude ved kysten er der for køligt. Hvis man sammenligner klimadata fra Qaqortoq, som ligger ude ved kysten ca. 75 km. syd for Narsarsuaq med klimadata fra Narsarsuaq, ses en væsentlig forskel. Gennemsnitssommertemperaturene er henholdsvis 6,5° C i Qaqortoq og 9,3° C i Narsarsuaq og den årlige nedbørsmængde er henholdsvis 858 mm og 615mm (DMI 2000).

Det særligt kølige og fugtige vejr ved kysterne skyldes havstrømmene omkring Grønland. Langs Østgrønlands kyst løber den Østgrønlandske Polarstrøm, der er den største hindring for en højere temperaturudvikling. Strømmen er meget kold og transporterer store mængder is fra Polarhavet, der ligger nord for Grønland og sydpå ned langs østkysten. Isen kaldes Storisen og når i perioden fra januar til juli måned ofte hele vejen ned til Sydgrønlands spids Kap Farvel (Buch 1995). Det er denne strøm, der hovedsageligt er årsagen til, at klimaet er køligere ude ved kysterne i Sydgrønland. Dette forklarer også hvorfor, der er så koldt i Sydgrønland, sammenlignet med andre steder, der ligger på samme breddegrad.

I bunden af fjordene er klimaet mere kontinentalt, den fugtige luft ude ved kysten afgiver sin fugt som regn i fjeldene nær kysten (Ødum 1991).

Vind

Den forholdsvis høje sommertemperatur er ikke det eneste, der karakteriserer klimaet i Det Grønlandske Arboret. Som resultat af isens nærhed opstår der tit føhnvinde.

Føhnvinde er varme og tørre vinde, der blæser inde fra isen. Vindene opstår, fordi der ligger et permanent højtryk over Indlandsisen. Isskjoldet er hvælvet, det betyder, at den kolde tunge luft vil bevæge sig ud mod randen. Under dette nedfald vil luften blive opvarmet tøradiabatisk dvs. med en grad pr. 100 meter og samtidig kan den opnå meget store hastigheder (Nielsen & Rasmussen 1995).

Disse kraftige og tørre vinde vil om vinteren føre til utidig snesmeltning og temperaturer over frysepunktet. Om sommeren vil de have en stærk udtørrende effekt både på jorden og vegetationen (Hansen 1999).

Til daglig er det fjordvinden, der præger vindbilledet, den vil om dagen blæse en kølig brise ind over land. Om aftenen når havet er varmt i forhold til landjorden, vil den blæse fra landjorden mod fjorden (Nielsen & Rasmussen 1995).

Sne

Der falder sne fra oktober til april. I juni, juli og august er der stort set snefrit (DMI 2000). Mængden af sne vil afhænge af topografien og vil variere fra få cm til flere meter. Under feltarbejdet blev det erfaret, at der selv i slutning af april lå flere meter sne på udsatte steder.

Topografi

Endelig er der områdets topografi. I forbindelse med denne rapport er det eksponering i forhold til solen og læ i forhold til føhnvinden, der er af afgørende betydning.

I Arboretet findes et karakteristisk fjeld, der hedder Signalhøjen. Placering i forhold til denne er af stor betydning for læforhold. Føhnvinden kommer fra Nordøst og det vil derfor være på den sydvestvendte side af højen, der er mest læ. Bag Signalhøjen er der også enkelte høje, men de når ikke op i samme størrelsesorden.

Indstrålingen fra solen er størst når denne står i en ret vinkel i forhold til jorden (Hansen 2000). Solens vinkel i Narsarsuaq er lav og derfor vil den største mulig indstråling ske på de sydvestvendte skråninger. Dette blev i høj grad synliggjort under feltarbejdet, hvor der på sydvestsiden af Signalhøjen var langt den frodigste vegetation. Læeffekten og den øgede indstrålingseffekt kan dog ikke skelnes.

Ødum (1990) anfører desuden, at jordens dræningsforhold samt opsamlingssteder for isformationer efter føhnvindssmeltinger har indflydelse på områdets egnethed til træplantninger.

2.3 Oprindelsesstederne

Et af de store problemer med denne opgave har været at finde klimabeskrivelser for oprindelsesstederne, der er desværre ikke placeret klimastationer på de eksakte oprindelsessteder. Endvidere er der i forbindelse med indsamlingsrejserne ikke blevet lavet sammenhængende beskrivelser af indsamlingsstederne. Dette medfører at lokale forhold, som f. eks er bestemt af områdets topografi ikke kan identificeres. Dette afsnit

vil derfor ikke blive detaljeret på sammen i samme grad som beskrivelsen af Narsarsuaq.

Alaska er den nordvestligste stat i USA, i denne del af USA er 10° C - isotermerne en sammenhængende linie, der løber omkring 68° - 69° nordlig bredde (Hare & Hay 1974). De anvendte provenienser stammer for størstedelens vedkommende fra mellem 60° - 64° nordlig bredde og mellem 139° - 148° vestlig længde, det er sammenfaldende med det østligste område omkring Alaska Range (Meinhardt & Schäfer 1996). Alaska Range er en del af Cordilleraerne, ligesom bla. Rocky Mountains. Cordilleraerne er en Nord-Syd gående bjergmassiv, der løber langs hele USA's vestkyst (Bryson & Hare 1974). Denne del af bjergmassivet er dog nærmest Vest-Nordøstgående (Meinhardt & Schäfer 1996).

Vindmæssigt ligger Alaska i et vestenvindbælte, der præges af Stillehavets nærhed (Bryson & Hare 1974). Oprindelsessteder vil derfor meget overordnet set være præget af vestenvindens møde med denne barriere. Vind der er blevet bøjet af sydlige liggende bjergmassiver vil have en tendens til at dreje nord over og kan også påvirke oprindelsesstederne (Bryson & Hare 1974). Dette vil give oceanisk klima for oprindelsessteder Syd/Vest for Alaska Range og mere kontinentalt klima for oprindelsessteder Øst/Nord for bjergmassivet.

Der er to af oprindelsesstederne, der afviger fra denne placering. Den første er Arctic Village, der ligeledes er fra Alaska, men fra 68° nordlig bredde. Arctic Village er altså den eneste af provenienserne, der kommer fra den breddegrad inducerede trægrænse. Den ligger nær den østlige del af Brooks Range (Meinhardt & Schäfer 1996), der adskiller det indre boreale Alaska fra det nordlige arktiske Alaska (Western Regional Climate Center (u.å,b)).

Den anden proveniens stammer fra Highwood i Montana på 47° nordlig bredde, fra 1600 m højde. Highwood ligger øst for Rocky Mountains i det højdedrag, der dominerer den vestlige del af staten. Højdedraget har afgørende betydning for klimaet. Vest for er det oceanisk præget med milde vintre, kølige somre, en kortere vækstsæson og nedbør der er regelmæssigt fordelt på året, dermed flere skyer og en højere luftfugtighed. På østsiden er det, det kontinentale klima, der dominerer. I de sædvanlig vis kolde vintre er der, blæsende perioder med mildt vejr langs hele østsiden af højdedraget. Oplysningerne stammer fra Western Regional Climate Center (u.å,c).

Konklusionen er, at de givne klimaforhold både på oprindelsesstederne og i Det Grønlandske Arboret stiller store tilpasningskrav til en evt. trævækst i disse områder.

3.Træernes overlevelses mekanismer

Det følgende kapitel beskriver hvordan træerne kan leve under de i foregående kapitel beskrevet klimaekstremer. Først beskrives kort baggrunden for, at træer kan flyttes fra en lokalitet til en anden. Dernæst beskrives hvordan træerne tilpasser deres vækst til de ekstreme forhold og til sidst beskrives de parametre, der kan skade træerne, her lægges speciel vægt på forholdene i Det Grønlandske Arboret.

3.1 Tilpasning til et givet miljø

Træer er under naturlige forhold genetisk tilpasset til det miljø de vokser i. Indenfor artens potentielle udbredelsesområde, vil der være et optimum, hvor arten klarer sig bedst (Hagman 1993). Tilpasning gør, at træerne er godt rustet til at leve under de givne miljøforhold. Den vigtigste form for tilpasning under subarktiske forhold er en klimatisk tilpasning – acclimation (Durzan 1993). Dvs. at træets vækst responderer på de givne klimafaktorer. Træer er godt akklimatiseret, hvis vækstsæsonen udnyttes uden, at risikoen for skader resten af året øges (Sakai & Larcher 1987).

Tilpasningen sker på flere niveauer: morfologisk, fænologisk og fysiologisk. Dette gør træer til en af de bedste indikatorer for ændringer i klimaet, idet der hurtigt vil ske en tilpasning, der vil kunne observeres i de 3 ovenstående niveauer (Tigerstedt 1993).

Når man flytter træarter fra en lokalitet til en anden, er det vigtigt at tage højde for deres tilpasning til oprindelsesstedet. En fatal fejltagelse i skovbruget kan være en breddegradsflytning, der resulterer i en for tidlig skudmodning i foråret eller en for sen skudafmodning i efteråret (Havranek & Tranquillini 1995). Begge kan medføre dødelige frostskafer. Ligeledes kan flytning af en proveniens, der vokser i et oceanisk præget klima til et mere kontinentalt præget klima være problematisk. Proveniensen vil ikke være tilpasset de store klimavariationer, specielt frostperioderne, der vil optræde her.

Under arktiske og subarktiske klimaforhold er en lang og ”varm” vækstperiode det mest betydende for, at skuddene kan nå at modne og afmodne inden vinteren og dermed at træerne kan overleve. Det betyder, at det er den morfologiske og fysiologiske udvikling, der er mest betydende for overlevelsen frem for mængden af fikseret CO₂ og tillagt biomasse (Wardle 1993). En tilpasning til nedenstående faktorer af afgørende betydning for overlevelsen (Hagman 1993).

- Sen forårsfrost
- Kort vækstperiode
- Begrænset varmemængde i vækstperioden
- Tidlig efterårsfrost
- Lave vintertemperaturer
- Ekstrem afvigelser. F. eks pludselige varme og tørre perioder om vinteren.
- Meget sollys

For at kunne tilpasse sig til disse ekstreme vilkår, kræves det af planterne, at deres mekanismer, der responderer på klimaet er meget effektive.

3.2 Vækstrytmen

Ved at regulere vækstsæsonen til kun at foregå, når klimaforholdene er gunstige, sikrer træerne sig en optimal vækst efter forholdene og forsøger derved at undgå store skader.

Evne til at gå i dvale er den vigtigste mekanisme træerne har til, at modstå de ekstreme temperaturer, der forekommer i disse områder. Om foråret sker der en modning dvs., at

de kemiske processer i cellerne, specielt i cellemembranerne begynder. Disse forbereder træerne på den kommende vækstsæson. Om efteråret sker der ligeledes processer, der afmodner træerne og forbereder dem på vinterperioden, hvor de er i dvale.

Modning om foråret

På nordlige breddegrader er modningsprocesserne styret af et sammenspil i mellem temperatur og fotoperioden (Thomas & Vince-Prue 1997). Responset på fotoperioden kan enten være en aflæsning af daglængden eller natlængden. Det er forskellig fra art til art om de gør det ene eller det andet. Gillies & Vidaver (1990) anfører at *P. glauca* responderer på daglængden.

Fotoperioden, udtrykt ved daglængden eller natlængden, er således betydende for initiering af væksten i foråret. Den daglængde der er nødvendig for, at væksten går i gang kaldes "den kritiske daglængde".

Nordlige provenienser er tilpasset en lang fotoperiode, hvorimod sydligere provenienser er styret af en kortere fotoperiode. Dette hænger sammen med, at daglængden øges med stigende breddegrad i vækstsæson.

Ved flytning af en nordlig proveniens til en sydligere breddegrad vil den nordlige proveniens begynde sin vækst senere pga., at dens kritiske daglængde er længere og optræder senere på foråret. Dette vil ofte resultere i en for lav vækst i forhold til det optimale, mens risikoen for frostskafer er minimal. Ved flytning af en sydlig proveniens til en nordligere breddegrad vil risikoen for frostskafer stige, idet væksten vil starte tidligere og afslutte senere pga. den kortere daglængde, der initierer og hæmmer væksten (Thomas & Vince-Prue 1997). Den store balance ved flytninger er at finde den bedste kombination. Dvs. den breddegrad, hvor risikoen for frostskafer minimeres og vækstperioden optimeres. De provenienser der har den bedste afvejning af ovenstående, er også dem, der vil have den højeste fitness (Erikson & Ekberg 1997).

Vækst:

På nordlige breddegrader vil daglængde dvs. mængden af sollys til at drive fotosyntesen, ikke være den begrænsende faktor for væksten, idet fotoperioden er lang i vækstsæsonen. Temperaturen vil derimod være den altovervejende begrænsende faktor. Temperaturen vil bl.a. have indflydelse på antallet og hurtigheden af celledelingerne i meristemerne. De højeste træer vil typisk være dem, hvor temperaturen er blevet udnyttet bedst af træet. Ligeledes er lange nåle et udtryk for, at perioden hvor nålestrækning foregår har gunstige temperaturer og at disse udnyttes af træet (Grace & James 1993).

Der er lavet en del forsøg, der viser forskellige arters temperaturkrav i vækstsæsonen. Skre (1972) viste at 8,8°C er minimumstemperaturen for skudstrækning hos *Picea abies* (Skre 1972, cf Junttila & Nilsen 1993). Temperaturkravet til modning af frø er væsentligt højere, idet Skre (1972) ligeledes viste, at 9,7-10,0 °C er nødvendig for at frø kan modnes. Dette medfører, at frømodning ikke sker hvert år i arktiske og subarktiske egne.

Afmodning om efteråret

Tidspunktet for vækstens afslutning om efteråret er meget vigtig. Her stoppes den apikale vækst. Her er det ligeledes daglængden i sammenspil med temperaturen, der er betydende. Faldende daglængde og faldende temperatur, er de signaler træerne opfanger. Nordlige provenienser afmodner ved en længere fotoperiode end de sydlige, dette ses som en tilpasning til tidlig frost i de nordlige egne (Erikson & Ekberg 1997).

Dvale

En måde nåltræerne kan undgå at få frostskafer, er ved at gå i dvale om vinteren. Hvis træerne forblev i deres vækstfase ville cellerne dø, idet vandet inden i cellerne ville fryse.

”Frosthardening” som kan oversættes med frosttolerance, er den proces der foregår, når træerne akklimatisere til frostgrader. Denne proces har brug for et vist tidsrum, hvor temperaturerne skal være faldende. Alt efter hvor i processen træet er jo mere eller mindre frosttolerant er det. Dvs. at om efteråret og foråret er denne tolerance mindst i modsætning til vinterhalvåret, hvor træerne kan modstå meget lave temperaturer. Pga. af den mængde af tid, der er nødvendig, før træet har opnået frosttolerance, er en pludselig kraftig frostperiode i en periode, hvor temperaturen ellers er gunstige, meget problematisk for træerne.

En af de processer hvorved cellerne undgår at få frost skader er ved at transportere vand fra cellerne og ud i intercellulærummene. Dette medfører en dehydrering af cellerne og det er denne dehydrering træet skal være tilpasset til for at kunne overleve (Wardle 1993). Iskrytaller i intercellulærummene kan en del træer tolerere (Krause et al. 1988).

En anden proces der foregår inden i cellen, er supercooling. Det er evnen til at binde de frie vandmolekyler, der har betydning. Når vandet bindes til f.eks. suktermolekylerne eller aminosyrer, kan det ikke fryse og danne krystaller (Thomas 2000).

Wardle (1993) mener, at for arktiske egne er den egenskab af størst betydning for at undgå intracellulære frysninger, at vandet transporteres ud af cellerne og den efterfølgende dehydrering.

Overordnet vil frostskafer i cellerne gå hårdest ud over cellemembranerne (Lundmark 1996).

3.3 Faktorer der kan skade træerne.

3.3.1 Føhnskader

De kraftige tørre og varme vinde der optræder på Grønland kan være fatale for træerne. Om vinteren kan de forårsage pludselig tødbrud og dage med plusgrader. Hvis træerne så småt begynder at modne pga. dette, vil frosttolerance være meget lav ved en efterfølgende kuldeperiode. Om sommeren kan en kraftig føhnvind forårsage en kraftig øget fordampning og udtørring af jorden (Hansen 1999). For træerne er føhvinde om vinteren af størst betydning. Et stort problem for de introducerede træarter er, at de ikke

er vant til dette fænomen, og derfor sker der som sagt en for tidlig modning, som ofte resulterer i planteafgang hos træerne.

Føhnvinde om sommeren vil ofte resultere i en afsvidning af nålene lokalt, dvs. for Det Grønlandske Arborets vedkommende ofte på den nordøstlige side af træerne, da føhnvindene blæser mod sydvest. Lokale misfarvninger i form af gule og røde nåle samt lokalt nåletab, vil i de fleste tilfælde skyldes udtørrende føhnvinde. Andre faktorer indflydelse, kan dog ikke udelukkes.

Manglende grene i grenkransen og aksebrud dvs., hvor topskuddet er dødt og en af sidegrenene har overtaget den apikale vækst, vil ligeledes oftest kunne tilskrives føhnskader. Det kan dog ikke udelukkes at andre faktorer kan spille ind.

Hadley et al.(1990), cf. Robertson (1993) anfører, at nogle træer der er udsat for kraftige vinde, som medfører pludselige temperaturskift og efterfølgende risiko for udtørring, reagerer ved at udvikle sig til en krummholz. Krummholz beskriver den form træerne antager. Dvs. uregelmæssig vækst, som oftest beskrives ved et busket udseende. Et af kendetegnene er forholdsvis mange nåle. På denne måde sikres en stor overflade til at absorbere solens stråler og samtidig fremmer formen af træet, at et beskyttende snedække er muligt. (Robertson1993).

3.3.2 Sne og is

En stor del af træerne er dækket af sne om vinteren. Under feltarbejdet blev det observeret, at der var store forskelle i hvor tykt snedækket var og hvor hurtigt sneen smeltede væk. Dette hænger nøje sammen med topografien.

Når nåle og grene på træerne er dækket af sne, er de beskyttet imod vinterudtørring og skader pga. lyset (Wardle 1993). Når sneen smelter væk vil nålene fremstå grønne og friske, i modsætning til de nåle, der ikke har været beskyttet af sneen, som vil være mere gule. Dette skyldes hovedsageligt fotobleaching, som er en oxidativ blegning af klorofylmolekylerne (Rosenquist 2000).

Ligeledes vil de dele af træerne, der er over sneen være mere udsat for fysiske skader forårsaget af vindbårne iskrystaller. Dette vil medføre skader på kutikula, som vil gøre træerne mere modtagelige overfor udtørring.

Et stort snetryk vil for enkelte træers vedkommende forårsage afknækkede grene. Grenene knækker typisk helt inden ved stammen, hvor fibrene er sammenløbene og derfor svage. Dette vil ligesom nåletab medføre et fald i mængden af assimileret CO₂.

3.3.3 Fotoinhibition

Når træer er stressede som f. eks. lave temperaturer nedsættes fotosynteseraten. I disse situationer vil nålene optage mere lys end, der kan anvendes i fotosyntesen. Det resterende lys kan påvirke og reducere den i forvejen lave fotosynteserate. Det er dette fænomen, der kaldes fotoinhibition.

Intensitet af indstrålingen sammen med temperaturen har stor betydning for graden af inhibition. Ögren og Sjöström (1990) cf. Lundmark (1996) fandt, at der ved 15° C var

en variation i inhibitionen, som resultat af dagens indstrålingsforskelle. Ved 25 ° C fandtes ikke denne forskel. Ligeledes blev der fundet en forskel på inhibitionen i nålenes eksponering. Skyggede blade havde en mindre inhibition end solblade.

Der findes to former for fotoinhibition en midlertidig, der forsvinder igen efter 20-60 minutter i mørke og en langvarig som varer flere dage. Den langvarige er et udtryk for et skadet fotosystem II (Lambers1998).

Et mål for hvor reduceret fotosyntesen er pga. for meget lys, er nålenes klorofylfluorescens (Rosenquist 2000).

Klorofylfluorescens

Når lys optages af planterne, er der 3 muligheder for, hvordan det bruges. En del af lyset bruges som energi til at drive fotosyntesen, men noget vil blive sendt ud igen som varme eller fluorescens (Lambers1998). De tre muligheder er afhængige af hinanden.

Fluorescens er udsendelse af lys med en længere bølgelængde end den bølgelængde, der er blevet optaget (Gillies & Vidaver 1990). Når klorofylmolekyler belyses vil fotonerne i første omgang blive optaget af et antennekompleks og herfra blive transporteret videre, forløbet er som følger:

Antennekompleks – Reaktionscenter – Elektrontransportkæde - Calvin cyklus

Mellem de to første led er det kun energien, der bliver overført, ellers er det elektroner (Raven 1999). Videre sendelse af elektronen kræver, at der er en modtager, der er i stand til at modtage den (Rosenquist 2000). Ved lav temperatur er enzymaktiviteten meget lav, hvilket betyder at Calvin Cyklus kører meget langsomt, dermed sker der også en langsom aftagning af elektroner.

I forbindelse med måling af klorofylfluorescens er der fire vigtige parametre F_m , F_o , F_v og F_v/F_m (Rosenquist 2000). F_m er den maksimale fluorescens, dvs. den fluorescens, der er, når alle reaktionscentrene er lukkede. Det betyder, at de har optaget en elektron, men ikke afgivet den endnu (reducerede). F_o er den minimale fluorescens, som er tilstede, uanset at alle reaktionscentrene er oxiderede. F_v er $F_m - F_o$ (Lambers 1998). F_o vil kunne registreres, hvis man belyser nåle, der har stået i mørke i 30 minutter med meget svagt lys. Ved kraftig belysningen vil fluorescensen med det samme stige til F_m , dette skyldes, at der ikke er gang i aftagningen. Calvins Cyklus, den endelige aftager, skal først initieres, hvilket sker ved, at der bliver opbygget en pH gradient samt en større koncentration ved Mg^{2+} . Efter Calvin-cyklus er gået i gang, vil fluorescensen falde til et steady state F (Lundmark 1996).

Hvis nålene er fotoinhiberede vil F_v/F_m blive lavere (Rosenquist 2000). Der er en lineær sammenhæng mellem F_v/F_m og fotosyntesens "Quantum yield", derfor kan F_v/F_m bruges som et udtryk for fotosyntesens effektivitet. Normale ikke fotoinhiberede blade har en F_v/F_m på 0,8-0,83 (Lundmark 1996).

En teori omkring hvad der sker ved længere tids fotoinhibition er, at der sker en akkumulation af stærke oxidanter i elektrontransportkæden. Dette sker, fordi de ikke får

elektroner af den gængse vej, derfor vil de begynde at fjerne elektroner fra det omkringværende vand, med det resultat, at der frigives skadeligt oxygen. Det kaldes fotooxidation og kan erkendes ved, at nålene bleges (Rosenquist 2000).

3.3.4 Udvalgte faktorer og parametre

På baggrund af de dette kapitel og kapitel 2 er de ved feltarbejdet målte egenskaber og klimafaktorer udvalgt.

Den samlede højde, længden af de enkle årsskud samt nålelængde er alle parametre, hvor tilpasningen til vækstperioden vil komme til udtryk. De højeste træer, er dem der formår at udnytte vækstperioden bedst. Observationer omkring skader på skud, nåle og grene vil give et billede af, hvor godt træet er tilpasset de klimaekstremer såsom føhnvinde og frost, der måtte forekomme.

De elementer, der karakteriserer klimaet i relation til trævækst er sommertemperatur, vintertemperatur, forskellen på disse, growing degree-days, højden over havet, nedbør, daglængde, breddegrad.

4. Beskrivelse af Det Grønlandske Arboret

Det følgende bygger på observationer gjort under feltarbejdet.

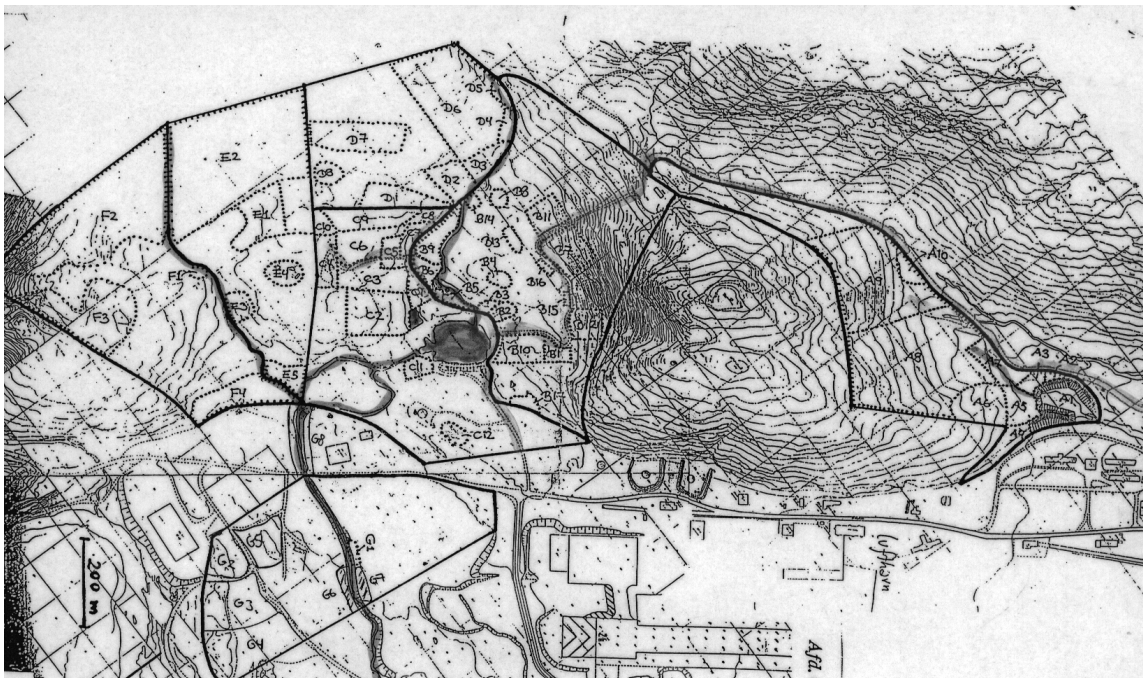
Det Grønlandske Arboret ligger i Narsarsuaq i Sydgrønland (se bilag 2). Narsarsuaq er den ene af 2 indfaldsveje til Grønland. I 1941 anlagde amerikanerne en luftbase her, som mellemlandingsbane for lufttransporter til Europa og for sygetransporter tilbage til USA under 2. Verdenskrig. I 1959 overtog Danmark driften af lufthavnen.

Navnet Narsarsuaq betyder ”den store slette”. Dette beskriver området godt, idet lufthavnen og byen ligger på en gammel smeltevandsslette, som løber ind til gletscheren ”Kiattut Sermiat”. Denne er en af Indlandsisens utallige gletscherarme. Fra landingsbanen er der ca. 10 km ind til gletscheren mod nordøst og mod sydvest ”ender” landingsbanen i Tunnuliarfik – Skovfjorden. På den anden side af fjorden ligger Qassiarsuk, som er det sted, hvor Erik den Røde bosatte sig i år 982. Smeltevandssletten er omgivet af fjelde mod nord og sydøst. Det er her sydøst for landingsbanen, at Det Grønlandske Arboret er anlagt.

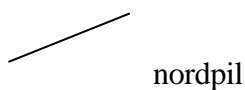
4.2 Udseende

Terrænet er meget varieret pga. grundfjeldets udformning. Et af kendetegnene i området er Signalthøjen. På denne havde amerikaner en lyskaster og kanonstilling til at forsvare luftbasen med, heraf navnet. Den naturlige vegetation er stærkt domineret af *B. pubescens* og *S. glauca*, som danner en tæt kratvegetation. *B. pubescens* bliver den største af de to. Flere steder opnår den diameter på 20-30 cm. og højder på ca. 6 meter. Jordbunden er dækket af et tæt lag af mosser og laver. Under feltarbejde blev det observeret, at så snart sneen var smeltet bort, stod de flerårige urter på spring til at udnytte solens stråler. På nuværende tidspunkt vil alle disse være sprunget ud og området vil fremstå meget frodigt.

Arboretet er opdelt i 7 afdelinger A-G og hver af disse er opdelt i et forskelligt antal litra typisk 1-10, enkelte har flere litra. Det eneste kort der findes over området, er Søren Ødums håndtegnede oversigtskort, som ses nedenstående.



Figur 4.1 Søren Ødums håndtegnede oversigtskort



Som det ses af kortet udgør Signalthøjen og Vandsøen 2 vigtige elementer i Arboretet. Vandsøen er den mørke klat i midten og Signalthøjen er de mange højdekurver til højre på kortet. Afd. A ligger på den sydvestlige side af Signalthøjen (ses her til højre), mens de resterende ligger på den nordøstlige side (ses her til venstre).

Ved første gennemgang af arboretet kan opbygningen virke lettere uoverskuelig, men med ovenstående kort i hånden er man godt rustet. Afdelingsgrænserne er i høj grad markeret af naturlige elementer, såsom kløfter, vandløb og stier. Litraafgrænsningen er ikke så tydelig, så her er det en fordel, hvis man ved, hvad der står i de enkelte litra.

4.3 Plantningerne

Området er ca. 200 ha stort og der er som tidligere nævnt plantet ca. 100.000 træer fordelt på 105 arter og ca. 400 forskellige provenienser. De arter der er bedst repræsenteret, er *P. glauca*, *P. engelmannii*, *A. lasiocarpa*, *Pinus contorta* var. *latifolia*, *Larix sibirica* var. *sukaczewii* og *P. x lutzii*. Andre repræsenterede slægter er *Tsuga*, *Sorbus*, *Populus* og *Ribes*.

Alt hvad der er blevet plantet siden 1981 er indført i en "database", som angiver antal, proveniens, afdeling og litra. I 1992 blev der tegnet detailkort, over de enkelte litra for at få et overblik over, hvad der havde overlevet. Disse var en stor hjælp under feltarbejdet.

Søren Ødum har løbende opsat skilte ved udvalgte trægrupper. Jo flere dage, der gik med feltarbejde, jo flere skilte dukkede der frem under sneen.

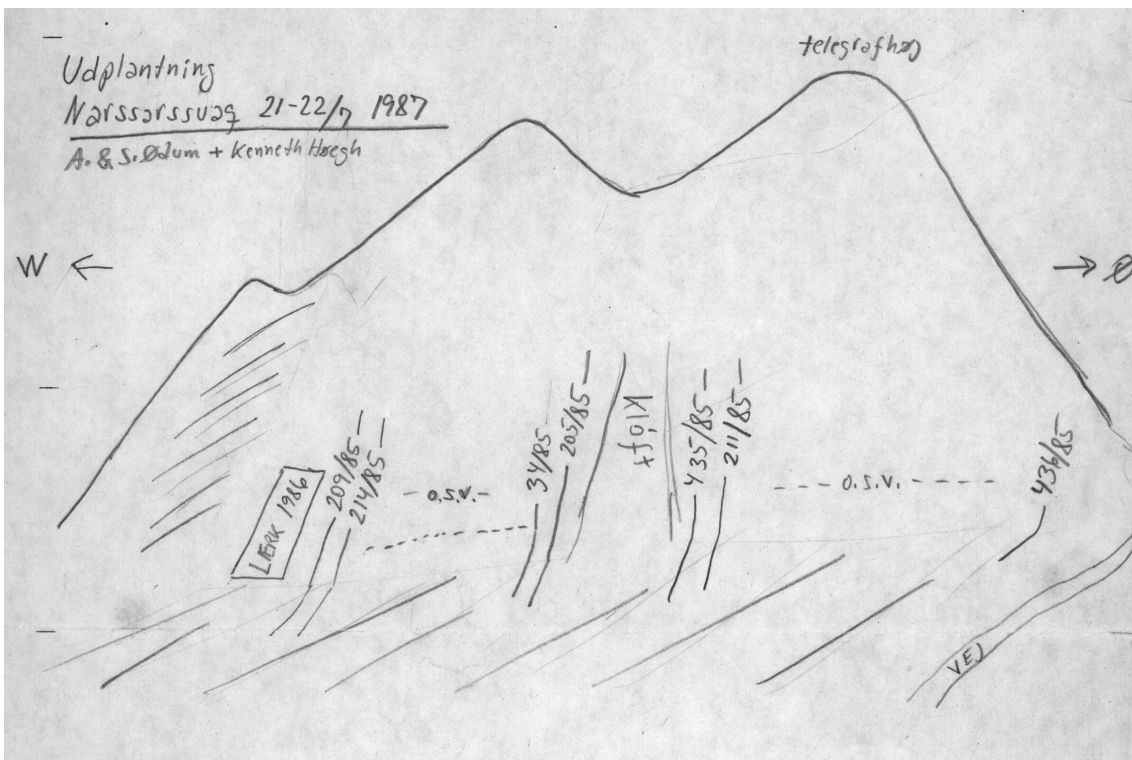
Plantningsmønstrer bærer i høj grad præg af, at Søren Ødum var botaniker frem for genetiker. Ideen var ikke at anlægge et forsøgsplot, men at anlægge et område der i sin helhed ville fremstå indbydende og interessant for den besøgende. Samtidig ville det kunne give nogle interessante oplysninger om de forskellige arters og proveniensers vækst.

I hver litra er der oftest plantet flere forskellige arter, mens det er forsøgt kun at plante en proveniens af samme art i hver litra. I de fleste litra er der plantet i grupper, dette har vanskeliggjort identifikationen enkelte steder, hvor disse har været svære at skelne. I de senere år, er der blevet plantet en del baggrundsplantninger spredt over hele arboretet. Disse er dog ikke så store, at de gav problemer med identifikationen, men i fremtiden kan de være med til at gøre en lignende opgørelse vanskelig.

4.3.1 Afd. A8

En af de få undtagelsen fra ovenstående er afd. A litra 8. Her er plantet mange provenienser af samme art. Præcis 9 provenienser af *P. glauca*, 3 provenienser af *P. engelmannii*, 1 proveniens af *P. engelmanni* x *P. glauca*, 1 proveniens af *P. x lutzii*. 4 provenienser af *Pinus sylvestris* samt 5 provenienser af *Pinus contorta*. Hele litraen er plantet til i 1987.

Afdelingen ligger som sagt på den sydvestlige side af Signalthøjen. Plantningen er foregået i rækker opad højen. Der er skiftevis plantet en række pinus og en række picea, de anførte numre på kortet svarer til optegnelser i Nissen (1992). Litraen er ca. 250 meter på langs og planterækkerne går ca. 60 meter op ad skråningen.



Figur 4.3 Skitse tegning over plantninger i A8. Tegnet af Søren Ødum

Designet her gør denne afdeling velegnet til en opgørelse på proveniensniveau. Svagheden er, at der ikke er gentagelser, dvs. at hver proveniens kun er plantet en gang. Over hele litraen findes et tæt krat af *B. pubescens*. Dette er der taget meget hensyn til under plantningen, hvilket gør, at rækkerne ikke er lige og planteafstanden er varierende.

4.3.2 Afd. B1,C2,C3,C5,C6

Disse afdelinger ligger, som før nævnt, på den nordøstlige side af Signalhøjen og tæt op af Vandsøen.

I alle 5 afdelinger er der plantet mere eller mindre i grupper. De målte arter udgør kun en del af, hvad der er repræsenteret i disse litra. Her er det *S. glauca*, der udgør den dominerende kratbevoksning, højden er typisk 1 meter.

4.3.3 Afd. D2,D3,D6

Afd. D2, D3 og D6 adskiller sig fra de ovenstående ved at ligge øst for Signalhøjen og længere oppe ad fjeldsiden (se figur 4.1). Den eksisterende kratbevoksning er meget ringe her. I hver litra er der målt på en proveniens. De målte arter udgør også her kun en del af, hvad der er repræsenteret i afdelingen.

5. Materialer og metoder

Kapitlet beskriver hvilke materiale samt målemetoder, der blev brugt. Sidstnævnte består både af målinger under feltarbejde samt en analysedel.

5.1 Materialer

Der blev i alt målt på ca. 360 træer fordelt på arterne *P. glauca*, *P. engelmannii*, *P. x lutzii*, *P. x lutzii*, *P. glauca x P. engelmannii* og *A. lasiocarpa*. Se bilag 2A for oplysninger om provenienser. De fleste provenienser er hentet ved indsamlingsrejser, der er blevet foretaget til de respektive lokaliteter. Træerne er enten indsamlet som frø eller som små planter. Oplysningerne omkring dette er lidt sparsomme, men for A8 er Dawson, Boundary, Arctic Village opgravet, mens resten er taget som frø. Hvordan materialet har været behandlet inden udplantningen, er ikke anført præcist for hver proveniens. Det formodes, at de er blevet sået mistbænke i Upernaviarssuk inden udplantningen i Det Grønlandske Arboret som 4-5 årige (Bjerger 1977). Under feltarbejdet blev hovedvægten lagt i litra A8, der pga. af sit design var det mest oplagte sted at måle. I litraen blev der målt på 9 provenienser af *P. glauca*, 3 *P. engelmannii* samt 2 krydsninger *P. x lutzii* og *P. glauca x P. engelmannii*.

Udover litra A8 blev der målt i litra B1, C2, C3, C5, C6, D2, D3 samt D6.

5.2 Metode

5.2.1 Feltarbejde

Formålet med feltarbejdet var at finde et udtryk for træernes fitness i Narsarsuaq. Dette udtryk består af en registrering af en række egenskaber. Som formodes at være fitness relaterede (se figur 5.1). Der er målt på kvantitative egenskaber som højde og nålelængde samt givet en vurdering af kvalitative egenskaber såsom skader og farve.

Registrede egenskaber
Højde
Årsskudslængde
Nålelængde
Fluorescens N, S
Manglende grene N, S, Ø, V
Antal grenkranse
Lokale misfarvninger
Aksebrud
Farve
Trivsel

Figur 5.1 De registrede egenskaber. N, S, E og V er de anvendte kompasretninger

Feltarbejdet blev foretaget på baggrund af en forudgående rekognoscering. Denne blev gennemført med udgangspunkt i de eksisterende detailkort samt oversigtskortet over arboretet. Udover at identificere de forskellige træarter og provenienser blev rekognosceringen brugt til at justere scoringerne efter forholdene. Det medbragte skema til registrering af målingerne blev ændret i overensstemmelse hermed.

Vækst

Træernes vækst blev registreret ved måling af højde, længden af de fem yngste årsskud samt nålenes længde. Nålenes længde blev målt som et gennemsnit over 6 nåle fra seneste årsskud på 3. grenkrans fra både en sydlig og en nordlig eksponering.

Fluorescens

Denne egenskab er betydeligt mere kompleks end de andre parametre, der er blevet målt på og får derfor sit eget afsnit.

Der blev anvendt en bærbar Mini-Pam fra Walz til fluorescensmålingerne.

Der måltes fluorescens på de samme nåle, som anført under nålelængde.

En nåleprøve bestod af 3 nåle, der blev lavet dobbeltbestemmelse, således var der 4 prøver fra hvert træ 2 fra syd og 2 fra nord.

Efter plukning af nålene blev de lagt på køl til arbejdsdagens afslutning. Formålet med dette var, at nålene skulle forblive i deres fotoinhiberede tilstand. De nedkølede nåle blev sat op på sorte dækservietter, der var blevet skåret i strimler og beklædt med dobbeltklæbende tape. Der var plads til ca. 6 træer pr. strimmel (24 prøver). Dernæst blev de stillet i mørke ved stuetemperatur ca. en time. I løbet af denne time skulle nålene reparere de midlertidige skader, således at der ved fluorescensmålingen kun blev målt på den varige skade. Nålene på den enkelte dækserviet blev under målingen adskilt af en flytbar barriere, så nålene ikke blev belyst forud for deres egen måling.

Optælling

Antallet af grenkranse, aksebrud og manglende grene blev talt. Sidstnævnte opgjort både med hensyn til grenkrans og kompasretning.

Scoring

Træernes sundhed blev udtrykt ved en score for farve, for graden og andelen af misfarvninger samt for træernes trivsel alt taget i betragtning. For at sikre at scoringerne blev så ensartede som muligt, var det den samme person, der scorede alle træerne. Trivselsscoren blev baseret på en helhedsvurdering af vækst og skader.

Derudover blev det registreret i hvor høj grad træerne var omgivet af birkekrat.

A. Farve

Score	Beskrivelse
4	Grøn
3	Grøn-gul
2	Gul-grøn
1	Gul

B. Trivsel

Score	Beskrivelse
4	Trives uden tegn på skader
3	Trives med få skader
2	Mistrives med få skader
1	Mistrives med mange skader

C. Birkekrat

Score	Beskrivelse
4	75%-100% omkransning
3	50%-75% omkransning
2	25%-50% omkransning
1	0%-25% omkransning

D. Misfarvning

Score	Beskrivelse
10	Ingen skade
9	Skadede nålespidser, sporadisk
8	Skadede nålespidser, mere
7	Gule-røde nåle, sporadisk
6	Gule-røde nåle, mere
5	Gule-røde nåle, meget
4	Nåletab, sporadisk
3	Nåletab, mere
2	Nåletab, meget
1	Nåletab, omfattende

Figur 5,2 Scoringer: A angiver træets farve som helhed; B vurdering af træets trivsel som helhed; C siger i hvor høj grad træet er omgivet af birkekrat, både højde og afstanden er inddraget i betragtningen; D Beskriver typen af misfarvninger samt hvor stor en andel af træet det drejer sig om.

Udover de pågældende kategorier blev der tegnet en skitse over træernes placering i litraen, med henblik på at kunne udlægge et koordinatsystem (dette gælder kun litra A8). Desuden blev enkelte træer fotograferet med henblik på at kunne verificere de pågældende kategorier.

5.2.2 Opgørelse og analyse

Datamaterialet blev opdelt og efterfølgende analyseret efter 2 metoder. Opdelingen skete på grundlag af de forskellige design i de enkelte litra. De 2 metoder var en statistisk analyse og en samlet vurdering ud fra de observationer, der blev gjort under feltarbejdet. Hovedvægten blev lagt på afd. A8, idet designet her gjorde en statistisk opgørelse på proveniensniveau mulig. Designet i de øvrige afdelinger la gde ikke

umiddelbart op til en statistisk analyse, derfor blev disse opgjort ud fra det visuelle indtryk og datamaterialet, der var indhentet under feltarbejdet.

Statistisk analyse i A8

Analysen kan opdeles i 3 hovedtrin:

1. trin I første omgang ønskes det påvist, om der er forskel mellem arterne *P. glauca*, *P. engelmannii*, *P. x lutzii* og *P. glauca* x *P. engelmannii*.
2. trin: Dernæst om der er forskel på *P. glauca* provenienserne.
3. trin: Til sidst undersøges det, om der er en sammenhæng mellem klimafaktorerne på oprindelsesstedet og de eventuelle proveniensforskelle i *P. glauca*. Det er en forudsætning for 3. trin, at der foretages beregninger og tilpasninger af klimadata.

1. trin - Analyse på artsforskelle

Middelværdien for egenskaben samt dennes spredning udregnes og plottes mod hver proveniens i et koordinatsystem. Herefter skulle det være muligt at iagttage om en af arterne er signifikant forskellig fra de andre.

2. trin - Analyse på proveniensforskelle

Der hvor intet andet er nævnt bygger følgende afsnit på Skovgaard (1996).

Analyserne blev foretaget i SAS ved hjælp af følgende programmer Proc glm, Proc plot, Proc univariate, Proc corr samt Proc chart. De fleste SAS-udskrifter kan ses på den bilag 13.

Til de statistiske analyser blev der anvendt ensidet variansanalyse med proveniens som eneste inddelingskriterium. I variansanalysen testes variationen på proveniensgennemsnittene mod den tilfældige variation indenfor den enkelte proveniens. Hvis førstnævnte er høj sammenlignet med sidstnævnte, giver det en høj F-værdi og dermed en signifikant forskel mellem provenienserne.

Model

Arboretet er som tidligere nævnt, ikke anlagt som et forsøg. Det har ikke ved plantningen været planen, at træerne skulle være genstand for målinger, der søgtes verificeret ved statistiske test. De manglende gentagelser betyder, at den enkelte proveniens kun er repræsenteret et sted i litraen. Det er derfor nødvendigt at tage højde for forskellige vækstvilkår i litraen. Dette blev gjort ved, at træernes placering blev registreret på en skitse hvorpå, der senere blev udlagt et koordinatsystem. Det vil sige, at hvert træ fik både en x- og en y-koordinat, svarende til træets placering opad og på tværs af skråningen. På baggrund af koordinatsystemet kunne træets placering inddrages i en co-variensanalyse. Det udryddede dog ikke al bekymring, idet provenienserne står i forholdsvis lige rækker op ad fjeldet, det medfører, at x-koordinatet er konfunderet med provenienseffekten. Det betyder at proveniensvirkningen således ikke kan skelnes fra virkningen af rækkernes placering, hvilke gør, at resultaterne må tolkes med den vis forsigtighed.

Birkekrattet blev ligeledes inddraget i analysen som en co-variater. Ideen med at inddrage co-variater er at reducere den tilfældige variation, så eventuelle provenienseffekter træder tydeligere frem.

Det giver følgende model:

$Y_{ij} = E[Y_{ij}] + e_{ij}$, hvor

$E[Y_i] = a + \beta_1 * (X\text{-koordinaten}) + \beta_2 * (X\text{-koordinaten})^2 + d_1 * (Y\text{-koordinaten}) + d_2 * (Y\text{-koordinaten})^2 + \beta_3 * (\text{Birkekrat}) + \beta_4 * (\text{Birkekrat})^2$

Hvor $E[Y_i]$ er den forventede værdi for den egenskab (Y) på det j`te træ i den i`te proveniens. e_{ij} antages at være uafhængige og normalfordelte ($N(0, s^2)$).

Hypotesen der testes i modellen er i første omgang om alle α 'erne er ens, svarende til at alle provenienserne har den samme forventede værdi af egenskaben, der testes for. Vel at mærke hvis man forudsatte, at de var påvirket i lige høj grad af co-variaterne.

Samtidig søgtes det mest præcise estimat for provenienserne gennemsnitlige præstation opnået ved, at forsimple modellen i vides muligt omfang. Det testes om, der er en simpel lineær sammenhæng mellem egenskaben og co-variaterne. Det gøres ved at teste om β_2, d_2 og $\beta_4 = 0$ svarende til at andengradsleddet kan fjernes fra modellen. Dernæst testes det, om co-variaterne overhovedet har en effekt.

Modellens antagelser

Anvendelse af den lineære model sker under forudsætning af nogle antagelser, før resultaterne bruges, skal det således testes om disse antagelser holder, da bl.a. beregning af estimater afhænger af om antagelserne holder.

Det antages, at der er varianshomogenitet, at residualerne er normalfordelte omkring nul og at de er uafhængige. Kravet om uafhængighed betyder, at der ikke må være nogen utilsigtede sammenhænge mellem forsøgshederne. Uafhængighed kan ikke påvises ved plot, men bygger på vurderinger omkring forsøgsmålingerne. Denne antagelse er problematisk, da træerne står på rækker proveniensvis. Det betyder, at træerne indenfor en proveniens vil have et mere ens miljø end træer fra forskellige provenienser.

Antagelsen om varianshomogenitet betyder, at varianserne i de enkelte provenienser skal være af samme størrelsesorden, det kan testes ved at plote residualer for eksempel mod forventningen. I dette tilfælde er residualerne også blevet plottet mod x og mod y. Det optimale er, hvis der ikke kan observeres nogen tendenser. Mere uheldig er det, hvis der kan iagttages i "krokodille gab", hvilket vil sige at residualernes varians enten falder eller stiger med stigende forventninger.

Antagelsen om at residualerne skal være normalfordelte omkring nul er blevet testet ved at plote residualerne mod deres frekvens. Denne tendens er dog svær at påvise for færre end 30 observationer. En afvigelse fra dette kan evt. afhjælpes ved transformation

eksempelvis logaritmisk eller kvadratisk, dette er blevet brugt i enkelte tilfælde, hvor der har været store afvigelser.

De opnåede "Least square means", som er proveniensgennemsnit korrigeret for covariater, er det bedste estimat for proveniensforskelle og anvendes i den videre analyse.

Undtagelser

Ovenstående beskrivelse dække standardmetoder, som er blevet anvendt på størstedelen af datamaterialet. Der har dog været særtilfælde, som krævede en anden behandling.

Det gælder årsskuddene, hvor det interessante ikke er de målte længder, da disse ikke vil give andre oplysninger end den samlede højde. Det er derimod årsskuddenes spredning indenfor det enkelte træ, der er et udtryk for regelmæssigheden i deres årsvækst og dermed tilpasningen. Ovenstående analyser er således blevet foretaget på årsskuddenes spredning og ikke på længderne.

Manglende grene blev under feltarbejdet opgjort både med hensyn til i hvilke grenkranse grene manglede og i hvilke kompasretninger. Under opgørelsesfasen blev kategorierne reduceret til kun at være kompasretninger.

"Arctic Village" er blev taget ud, da et fornuftigt resultat ud fra 2 træer ikke var muligt pga. for stor usikkerhed. Ved fluorescensmålingerne blev der taget et gennemsnit af de to målinger fra samme kompasretning og regnet videre på disse. En T-test påviste, at der er signifikant forskel på fluorescensen på den nordlige eksponering og den sydlige (se bilag 3). På en grafisk fremstilling af middelværdierne (figur 6.4), er den typiske tendens, at den sydlige fluorescens ligger lavere end den nordlige med enkelte undtagelser. Målingerne følger hinanden i par, men på forskelligt niveau. På baggrund af dette blev de videre analyser kun foretaget på den sydlige fluorescens.

Enkelte ekstreme observationer, der har afvejet stærkt fra gennemsnittet (outliers), hvis tilstedeværelse har ført til en skævvridning af en ellers fornuftig fordeling er blevet fjernet. Denne udvælgelse har været baseret på en konkret vurdering i de enkelte tilfælde.

3. Trin – Undersøgelse af sammenhæng imellem klimafaktorer og evt. forskelle i provenienserens vækst.

Ensidet variansanalyse bruges ligeledes til at teste de enkelte provenienser Ls-meansværdier mod klimaparametrene. For at udføre de påtænkte sammenligninger, var specifikke klimadata for oprindelsesstedernes klima nødvendige.

Fremskaffelse og tilpasning af klimadata.

Der blev på Internettet fundet følgende hjemmesider. Western Regionale Climate Center i Nevada, som er en del af "National Climatic Service Program" i USA. På denne hjemmeside findes et oversigtskort over Alaska, hvor man klikker sig ind på de respektive klimastationer. Her findes 30 års klimanormaler for alle klimastationer i Alaska (Western Regionale Climate Center u.å,a). Klimadata for Highwood blev fundet

på "National Climatic Data Centers" hjemmesider (Western Regionale Climate Center u.å.,c).

Nedenstående ses en tabel over provenienser og de udvalgte klimastationer.

Arboret nr.	Proveniens	Br.gr.	Lgd.gr	moh	Klima st.	Br.gr.	Lgd.gr.	moh
378/71	Alaskahwy	63°20	142°29	490	Tanacross	63°24	143°19	512
46/82	Boundary	64°06	140°39	1000	Eagle	64°46	141°12	267
44/82	Dawson	64°05	139°27	370	Bag delta	64°00	145°44	422
430/85	Gulkana	62°16	145°23	427	Gulkana	62°09	145°27	521
378/71	Highwood	47°25	110°35	1600	Great Falls	47°31	111°18	1022
444/85	Standard C.	64°48	148°00	210	Eielson Field	64°40	147°06	182
38/82	Tok	62°20	142°24	300	Tok	63°20	143°02	538
43/82	W of Dawson	64°05	139°27	370	Bag delta	64°05	145°44	422
					Narsarsuaq	61°10	45°25	27

Figur 5.3 Tabel over målte provenienser i A8 og klimastationer

Som tidligere nævnt ønskes følgende klimafaktorer undersøgt:

Breddegrad
Antal meter over havet
Antal dage, hvor daglængden overstiger 14 timer.
Antal frostfrie dage
Nedbørsmængden
Growing degree days – GDD
Gennemsnits vinter temperatur i °C
Gennemsnits sommer temperatur i °C
Forskel i sommer og vintertemperatur i °C

Figur 5.4 Undersøgte klimafaktorer

De 3 første er ikke egentlige klimafaktorer, men de har i høj grad indflydelse på klimaet.

De valgte klimastationer i ovenstående tabel er nøje udvalgte. Den klimastation der lå tættest på proveniensen er valgt. Som det fremgår af tabellen, fandtes der ikke klimastationer på præcis samme steder som provenienserne. Denne uregelmæssighed blev der korrigeret for, idet forskelle i breddegrader og højdemeter kan give væsentlige temperatur og nedbørsforskelle. Korrektionen skal ses som et forsøg på at tilpasse klimadata så meget som muligt til virkeligheden, denne tilpasning vil aldrig resultere i de sande værdier, men tendenserne er vist ved hjælp af nedenstående korrektioner. Korrektionerne nødvendigvis af, at solen har en lavere indstråling med stigende

breddegraden, dette resulterer i lavere temperaturer, når man bevæger sig nordpå (Danmarks Meteorologiske Institut 1997). Ligeledes falder temperaturen med stigende højde over havet (Nicolaisen & Hundal 1997).

Ved hjælp af følgende metoder blev der korrigeret.

Breddegrads korrektion

De ovenstående principper bruger Worrall i sin artikel, hvor han sammenligner A. lasiocarpa provenienser. Her korrigerer han for forskelle i breddegrader ved at ændre højdemeterne. Per ændret breddegrad korrigerer han med 65 m. i højden (Worrall 1983).

Højdemeters korrektion

En temperatur og nedbørsobservation i de østlige alper blev brugt her, da det var det materiale, der var umiddelbart tilgængeligt (Geiger *et al.* 1995). Bemærkninger til dette valg er, at alperne ligger i øst-vestlig retning og den nordamerikanske bjergkæde Rocky Mountains ligger i Nord-sydlig retning, dette kan have evt. betydninger i forhold til temperatur og nedbørsforhold.

Baggrunden for valget af metode til breddegradskorrektionen var, at det var den, der var umiddelbart tilgængelig, andre metoder kunne også have været brugt her. Metoden til højdemeterskorrektion blev valgt i samarbejde med Lektor Eva Danielsen fra Institut for matematik og Fysik. En bedre korrektion efter data fra Rocky Mountains havde været at foretrække, men igen her var tiden en begrænsende faktor.

Korrektionen

Hvor klimastationen lå på en højere breddegrad end proveniensen, blev der trukket 65 meter per breddegrad fra i højdemeterne og omvendt, hvis klimastationen lå lavere end proveniensen, blev der lagt 65 meter til i højdemeterne (se figur 5.5).

Arboretnr	prov	moh	klimastation	Moh	koor_moh efter lat.
441/85	Alaskahw	490	Tanacross	512	508
46/82	Boundary	1000	Eagle	267	224
44/82	Dawson	370	Big delta	422	427
430/85	Gulkana	427	Gulkana	521	529
378/71	Highwood	1600	Great falls	1022	1013
444/85	Standard	210	Eielson field	182	191
38/82	Tok	300	Tok	538	503
43/82	Wdawson	370	Bag delta	422	427

Figur 5.5 Tabellen viser den korrigerede moh.

På baggrund af tallene fra Alperne blev der tegnet grafer for temperatur faldet i henholdsvis sommer- og vintertemperaturerne med stigende højde. Herefter blev der på grundlag af de i forvejen breddegradskorrigerede højdemeter for klimastationerne aflæst forskelle i temperaturen i forhold til højdemeterne for provenienserne (se bilag 4). Disse forskelle blev brugt til at tegne grafer for hver klimastation, der viser ændringen i temperatur forskellen over 1 år, herpå blev forskellene aflæst på månedsbasis (se bilag

5). Disse forskelle blev brugt til at korrigerer klimastationernes temperaturdata med, så den korrigerede temperatur ville give et nogenlunde præcist udtryk for proveniensens temperaturdata (se bilag 6).

I nedenstående tabel er de korrigerede temperaturer vist. Der vil blive regnet videre på disse i det efterfølgende.

	Tanacross	Eagle	Bag Delta	Gulkana	Great Falls	Eielson Field	Tok
måned	koor. C	koor. C	koor. C	koor. C	koor. C	koor. C	koor. C
Januar	-26,3	-27,7	-19,8	-20,8	-6,7	-23,6	-26,0
februar	-20,3	-24,2	-16,0	-15,6	-4,2	-20,2	-19,4
Marts	-13,5	-16,3	-10,4	-8,9	-0,6	-12,0	-11,3
April	-2,2	-5,4	-0,6	0,0	4,1	-1,0	-0,1
Maj	6,3	3,7	8,5	7,3	8,6	8,6	8,3
Juni	13,2	9,8	14,2	12,8	12,8	14,5	14,0
Juli	14,6	11,1	15,9	14,8	15,9	15,8	15,7
August	12,1	8,2	13,1	12,6	15,9	13,1	13,1
September	5,1	2,1	6,9	7,1	10,8	6,8	6,5
Oktober	-5,5	-8,1	-3,7	-2,3	5,8	-4,7	-4,6
November	-18,8	-18,9	-13,8	-13,8	-1,2	-16,4	-17,2
December	-25,3	-24,9	-18,8	-19,0	-5,4	-22,3	-24,0

Figur 5.6 De korrigerede temperaturer

På baggrund af tallene fra alperne blev der også tegnet en nedbørskurve, der viser den stigende mængde nedbør med stigende moh. Her blev ligeledes aflæst forskelle i nedbørsmængden i forhold til klimastation og proveniens, og denne blev trykket fra eller lagt til observationen på klimastationen (se bilag 7).

Daglänge

Daglængden blev udregnet på grundlag af breddegraden. Nedenstående formel blev brugt (Danielsen 2002).

$$\sin(h) = -\cos(b) \times \cos(d) \times \cos(t) + \sin(b) \times \sin(d)$$

h =solhøjde, b =breddegrad, d =solens deklination, t =timevinkel

Ved solopgang og solnedgang er solens højde 0. Ved at isolere $\cos(t)$ kan tidspunktet for solopgang udregnes. På denne måde kan daglængden udregnes (se bilag 8), da dagens længde er symmetrisk omkring klokken 12.00.

Der blev udregnet daglængder for dagene: 1, 60, 120, 180, 240 og 300. På dette grundlag blev der tegnet grafer, for hver proveniens, der viser ændringen i daglänge over et år. Herefter blev antal dage, hvor daglængden overstiger 14 timer aflæst. Denne daglänge blev valgt, da den er nævnt, som *P. glaucus* kritiske daglänge (Silvics of North America 2002). Det skal lige nævnes, at der ikke kan regnes med grafens forløb mellem de to længste dage, da det at finde kurvens maksimum ville kræve en differentiation af cosinus funktion. Dette blev ikke foretaget, da vi ikke skal bruge denne information til noget.

Antal frostfrie dage

30 års klimanormaler for middeltemperaturen på de enkelte dage i løbet af et år blev brugt. Først blev første og sidste frostdag fundet. Herefter blev temperaturerne korrigeret omkring disse dage. Til sidst kunne de korrigerede datoer for første og sidste frostdag findes, hvorefter antal dage uden frost let kunne udregnes.

Nedbørsmængden

Gennemsnitsnedbørsmængden over et år blev brugt, hvor der var korrigeret for breddegrad og højdemeter (se bilag 7).

Growing degree days

Growing degree days med 5°C som basetemperatur blev udregnet ud fra de månedlige gennemsnitsværdier. For hver måned blev de værdier, der oversteg 5°C udregnet. F.eks. en måned med en gennemsnitstemperatur på 10,5 °C har 5,5 growing degree days per dag, dvs. det samlede antal growing degree days = 30 x 5,5 = 165 for den måned (Lundmark1986).

Gennemsnits vinter temperatur

Gennemsnits temperaturen for december januar og februar blev udregnet.

Gennemsnits sommer temperatur

Gennemsnits temperaturen for juni, juli og august blev udregnet.

Forskellen i gennemsnits temperatur på vinter og sommer

Forskellen blev udregnet ved at subtrahere de 2 ovenstående.

prov	moh	Br.grad	Ffdage	nedbør	GDD	Daglgd.	vinter	sommer	forskel
Alaskahw	490	63,33	163	271	1418	150	-24	13,3	-37,3
Boundary	1000	64,1	152	803	764	149	-25,6	9,7	-35,3
Dawson	370	64,08	173	260	1827	149	-18,2	14,4	-32,6
Gulkana	427	62,27	179	234	1600	149	-18,4	13,4	-31,8
Highwood	1600	47,65	205	768	2181	112	-5,4	14,9	-20,3
Standard	210	64,8	169	357	1834	150	-22,1	14,5	-36,6
Tok	300	62,33	172	60	1771	146	-23,1	14,3	-37,4
Wdawson	370	64,08	173	260	1827	149	-18,2	14,4	-32,6
Narsarsuaq	27	61,17	115	615	748	144	-6,3	9,3	-15,6

Figur 5.7 Tabellen viser de udregnede klimadata. Værdier bruges i den efterfølgende analyse

Opgørelse over andre observationer gjort under feltarbejdet.

Denne opgørelse tager udgangspunkt i de observationer og de målinger der blev gjort under feltarbejdet. Her vil de arter og provenienser, der ikke står i A8 kort blive nævnt Ud fra dette gives en samlet vurdering af de forskellige arter og provenienser.

6. Resultater

Først fremlægges de opnåede resultater fra de statistiske analyser udført på materiale fra A8. Sidst i kapitlet beskrives de vurderinger, der gives af resterende materiale.

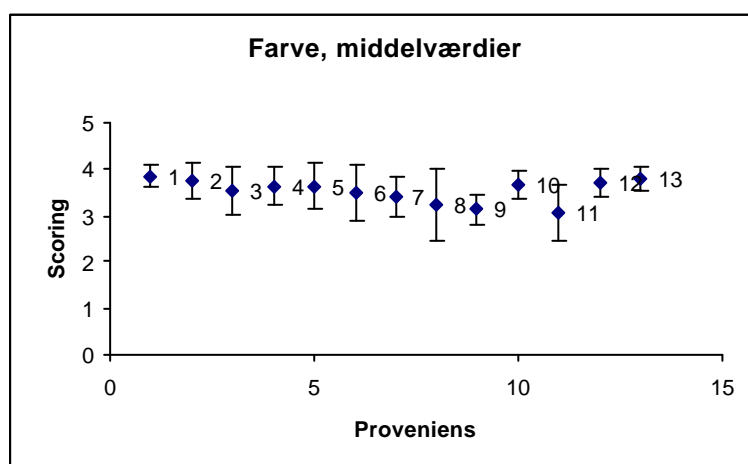
6.1 Trin 1: Artsvis sammenligning af middelværdier

Som tidligere nævnt blev arternes middelværdier sammenlignet, nedenstående 5 figurer angiver de egenskaber, hvor der sås en tendens, de øvrige 9 figurer kan ses på bilag 9. På grafen for årsskuddenes spredning i bilag 9 er hver prik et træ og ikke en hel proveniens, som på de andre.

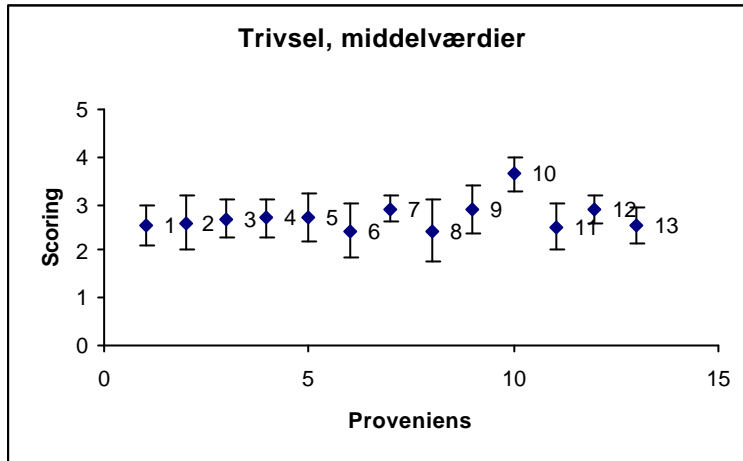
For de følgende grafer både her og i bilagene gælder nedenstående signatur:

- 1: P. x lutzii fra Seward, Alaska;
- 2: P. engelmannii fra Hamilton, Alaska;
- 3: P. engelmannii fra Laramie, Alaska;
- 4: P. engelmannii fra Stanley Idaho;
- 5: P. engelmannii x glauca fra Highwood Alberta;
- 6: P. glauca fra Alaska Highway;
- 7: P. glauca fra Boundary, Yukon;
- 8: P. glauca fra Dawson, Yukon;
- 9: P. glauca fra Gulkana, Alaska;
- 10: P. glauca fra Highwood, Montana;
- 11: P. glauca fra Standard Creek, Alaska;
- 12: P. glauca fra Tok, Alaska;
- 13: P. glauca Vest for Dawson, Alaska;

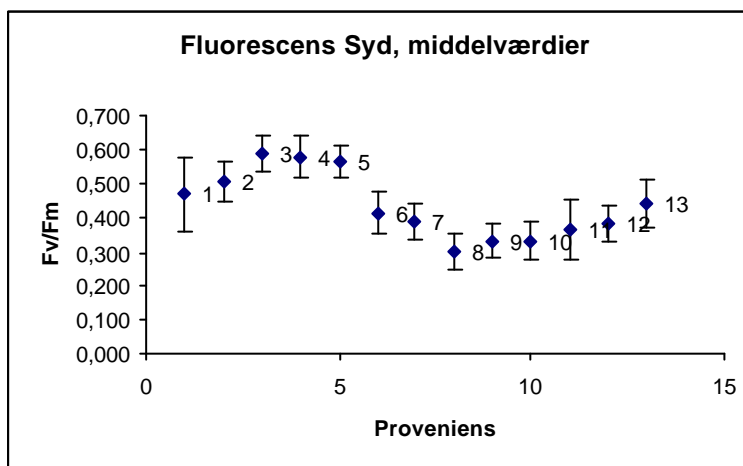
Rækkefølgen er ikke i overensstemmelse med træernes placering i afdelingen.



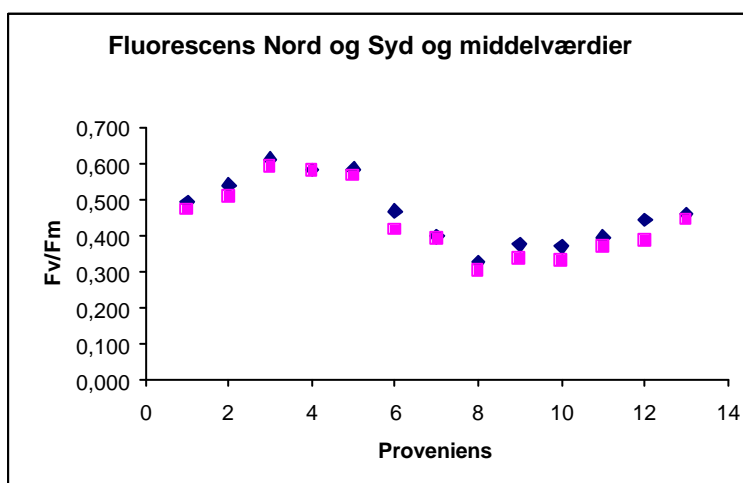
Figur 6.1 Farve. Der ses ikke de store forskelle i middelværdiernes niveau, men der er en klar tendens til, at spredningen på P. engelmannii og krydsningerne end mindre end for P. glauca.



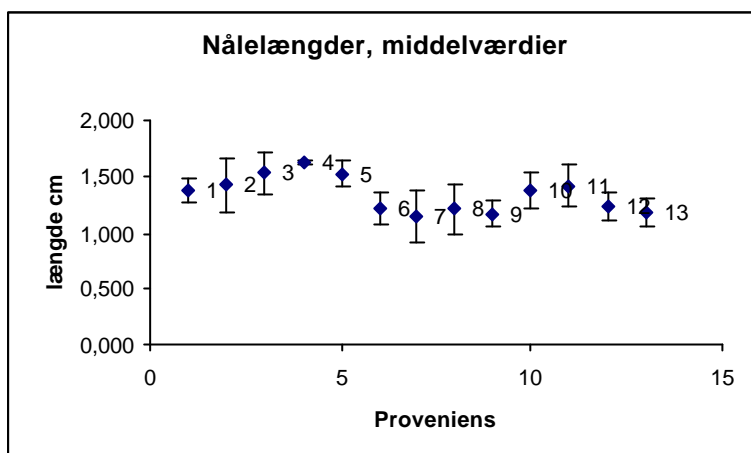
Figur 6.2 Trivsel. Her ses samme tendens som ved trivsel.



Figur 6.3. Fluorescens Syd. Tydelig tendens til højere værdier hos *P. engelmannii* og krydsningerne.



Figur 6.4 Fluorescens nord og syd. Fluorescensen for nord og syd følger hinanden i par for den enkelte proveniens, men på forskellige niveauer. Nord ligger øverst og syd nederst. Der er en tendens til, at der er mindre forskel på nord og syd hos *P. engelmannii* og krydsningerne.



Figur 6.5. Nålelængder. Der ses en tendens til længere nåle hos *P. engelmannii* og krydsningerne end for *P. glauca*’erne.

Opsamling

Af graferne ses, at der er en artsforskel for enkelte egenskaber. Der ses stor homogenitet for provenienser af *P. engelmannii* og de 2 krydsninger *P. x lutzii x glauca* og *P. engelmannii x glauca* i kategorierne trivsel og farve. For fluorescens og nålelængde iagttages højere værdier hos *P. engelmannii* og krydsningerne end for *P. glauca*. *P. glauca* udviser større variation mellem provenienserne generelt. Forskellene er ikke så markante, at det kan vurderes hvilken art, der har den største fitness.

6.2 Trin 2: Sammenligning af *P. glauca* provenienser foretaget ved ensidet variansanalyse.

Egenskab	DF	F-værdi	Pr>F	Niveau
Årsskudsspredning	7	2,39	0,0266	*
Mgl. Grene Syd	7	2,94	0,0076	**
Mgl. Grene Vest	7	1,51	0,1722	NS
Mgl. Grene Øst	7	4,53	0,0002	**
Mgl. Grene Nord	7	5,53	<0,0001	***
Antal grenkranse	7	13,52	<0,0001	***
Lokal misfarvning	7	2,40	0,0260	*
Farve	7	3,99	0,0007	**
Trivsel	7	6,12	<0,0001	***
Højde	7	9,48	<0,0001	***
Aksebrud	7	7,21	<0,0001	***
Fluorescens	7	5,12	<0,0001	***
Nålelængde	7	3,76	0,0012	**

Figur 6.6. Resultater fra variansanalysen, hvor proveniensen blev testet mod hver egenskab. Der er signifikante forskelle mellem provenienserne for alle egenskaber undtagen manglende grene i vestlig retning. SAS-udskrifter for kan ses på bilag 13.

Egenskab	x	x ²	y	y ²	br	br ²	Normalitet	Var.homogenitet
Årsskudsspredning	-	-	-	-	-	-	x	x
Mgl. Grene Syd	-	-	-	-	x	x	-	-
Mgl. Grene Vest	-	-	-	-	-	-	-	-
Mgl. Grene Øst	-	-	-	-	-	-	-	-
Mgl. Grene Nord	-	-	x	x	x	x	x	-
Antal grenkranse	-	-	-	-	-	-	x	x
Lokal misfarvning	-	-	-	-	-	-	-	-
Farve	-	-	x	x	-	-	x	-
Trivsel	-	-	-	-	-	-	-	-
Højde	-	-	x	x	x	x	x	-
Aksebrud	-	-	-	-	-	-	-	-
Fluorescens	-	-	-	-	-	-	x	x
Nålelængde	-	-	-	-	x	x	-	x

Figur 6.7. Model samt opfyldelse af betingelser. x betyder at betingelsen er opfyldt og – betyder at den ikke er opfyldt. Der er ingen signifikant virkning af x, men både y og birkekrat samt deres andengradsled er med i en del tilfælde. Antagelserne og normalitet og varianshomogenitet er kun delvist opfyldt.

Opsamling.

Resultatet viser en klar forskel imellem provenienserne. For mange egenskaber er der tre stjerner signifikans. Den eneste egenskab, hvor der ikke findes signifikant forskel er manglende grene i vestlig retning. Antagelserne som modellen bygger på er opfyldt i en del tilfælde og der ses signifikante virkninger af både birkekrat og placering opad skrænten. Se bilag 10 for de tilhørende LS-meansværdier for effekterne. I dette skema ses negative værdier, dette skyldes, at LS-means er middelværdierne korrigeret for covariaten, svarende til, at alle provenienserne alle stod på et gennemsnitligt sted.

6.3 Trin 3: Sammenhæng mellem klima faktorer og egenskaber. Belyst ved ensidet variansanalyse.

	For-skel	Som-mer	Vin-ter	Daglgd.	Gdd	Ned-bør	Ff-dage	Br.-gr.	M oh	Ial t
Højde	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	0
Trivsel	*	NS	NS	**	*	NS	*	**	**	6
Nålelgd	NS	*	*	NS	NS	NS	*	NS	NS	3
Mg N	NS	*	NS	NS	*	NS	NS	NS	NS	2
Mg Ø	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	0
Mg S	NS	*	NS	NS	*	NS	NS	NS	NS	2
Lokmis	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	0
Farve	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	0

Grenkr	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	0
Aksebr	NS	***	NS	NS	*	NS	**	NS	*	4
Skudsp	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	0
fluorS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	0
I alt	1	4	1	1	4	0	2	1	2	

Figur 6.8. Signifikante sammenhænge. For trivsel, aksebrud, nålelængde og manglende grene, er der signifikante sammenhænge med klimafaktorerne. Sammenhængene er tydeligst med sommertemperatur, Growing degree-days, frostfrie dage og meter over havet.

Nedenstående skemaer viser modellerne for trivsel, aksebrud og manglende grene nord Disse 3 havde flest signifikanser. De resterende 8 skemaer over modellerne kan ses i bilag 11. SAS-udskrifter fra analysen kan ses på bilag 13.

Trivsel	DF	F- værdi	Pr>F	Nivea u	2. gradsled	Norm.	Var.
Forskel	1	9,53	0,0215	*	-	-	-
Sommer temperatur	1	0,00	0,9658	NS	-	-	-
Vinter temperatur	1	5,68	0,045	NS	-	-	-
Daglængde	1	20,76	0,0039	**	-	-	-
Growing degree days	1	7,22	0,0434	*	x	-	-
Nedbør	1	3,26	0,1211	Ns	-	-	-
Frost frie dage	1	8,54	0,0329	*	x	-	-
Breddegrad	1	25,39	0,0024	**	-	-	-
Meter over havet	1	14,89	0,0084	**	-	-	-

Figur 6.9. Trivsel model og F-værdier. Sammenhængen med growing degree days og frostfrie dage er ikke lineær, idet der er signifikans på 2. grads ledet. Modelantagelserne er ikke opfyldt for nogen af parametrene.

Aksebrud	df	F- værdi	Pr>F	niveau	2. gradsled	Norm	Var.
Forskel	1	0,9	0,3784	NS	-	-	-
Sommer temperatur	1	74,81	<,0000 1	***	-	-	-
Vinter temperatur	1	2,95	0,1365	NS	-	-	-
Daglänge	1	0,76	0,4176	NS	-	-	-
Growing degree days	1	9,67	0,0266	*	x	-	-
Nedbør	1	2,44	0,1693	NS	-	-	-
Frost frie dage	1	21,32	0,0058	**	x	-	-
Breddegrad	1	0,9	0,3795	NS	-	-	-
Meter over havet	1	7,27	0,0429	*	x	-	-

Figur 6.10 Aksebrud model og F-værdier: Sammenhængen med daglänge, frostfrie dage og meter over havet er ikke lineær idet der er signifikans på 2. grads ledet. Her er modelantagelserne ligeledes ikke opfyldt.

Mgl. Grene Nord	df	F- værdi	Pr>F	niveau	2. gradsled	Norm	Var.
Forskel	1	0,04	0,8440	NS	-	-	-
Sommer temperatur	1	9,52	0,0215	*	-	-	-
Vinter temperatur	1	0,76	0,4171	NS	-	-	-
Daglänge		0,26	0,6277	NS	-	-	-
Growing degree days	1	6,12	0,0482	*	-	-	-
Nedbør	1	3,81	0,0986	NS	-	-	-
Frost frie dage	1	1,27	0,3027	NS	-	-	-
Breddegrad	1	0,37	0,5651	NS	-	-	-
Meter over havet	1	0,36	0,5730	NS	-	-	-

Figur 6.11 Manglende grene Nord; For sommertemperatur og growing degree days ses en lineær sammenhæng med manglende grene nord.

Breddegrad	Moh.	
Korrelation	-0,84515	0,99215
P-værdien	0,0082	<0,0001

Figur 6.12

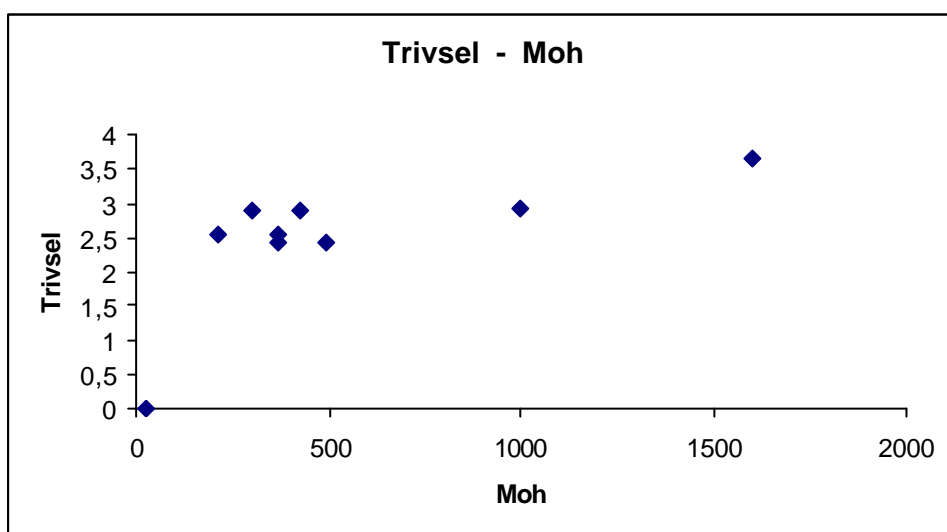
Opsamling

Resultater af denne test viser, at der er en sammenhæng mellem klimafaktorerne og en del af træernes fitnessrelaterede egenskaber. Mønstrene i sammenhængene kan ses i figur 6.8 Her ses at trivsel, aksebrud, nålelänge og manglende grene er påvirket af klimaet. Det er især sommertemperatur, growing degree days samt antallet af frostfrie

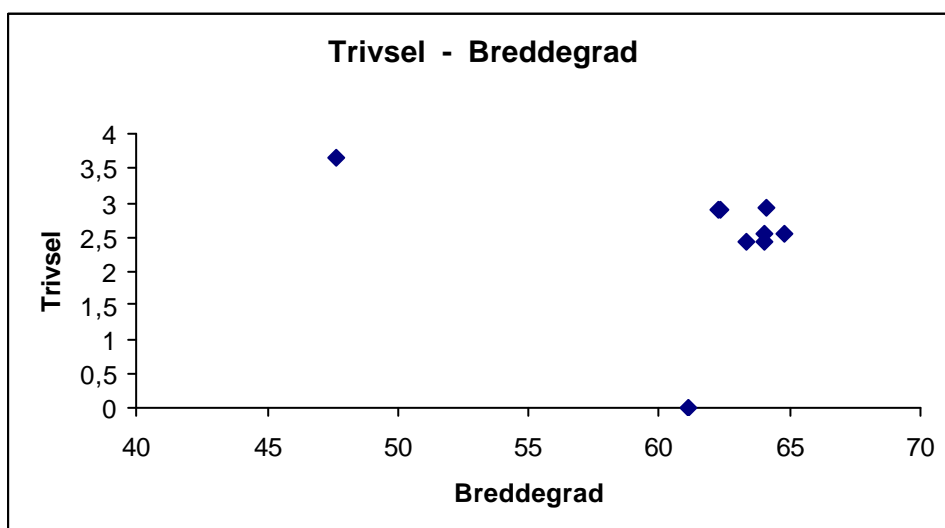
dage, der har betydning. Den eneste klimafaktor, hvor der slet ikke ses nogen sammenhæng er med nedbør.

Grafisk afbildning af sammenhængen

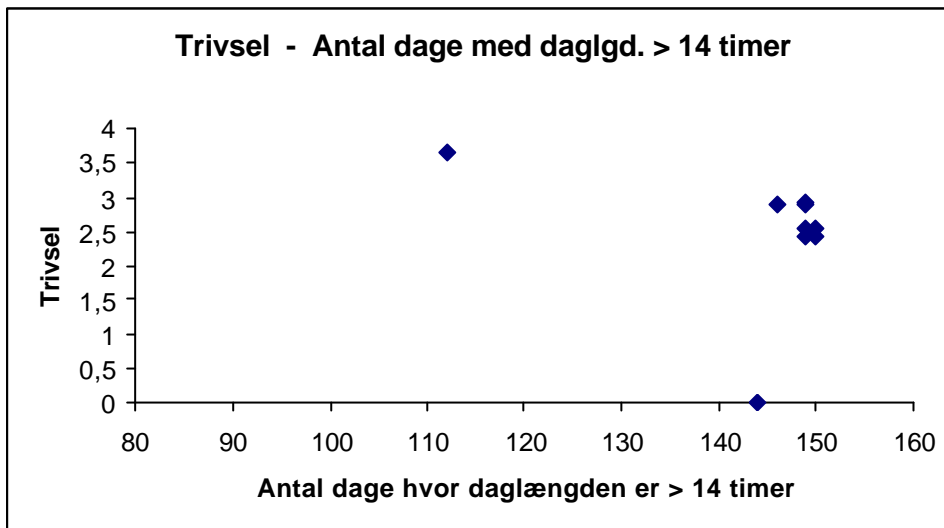
Nedenstående ses 6 udvalgte grafer, der viser LS-means værdierne for egenskaben plottet mod klimaparameteren. I bilag 12 se de resterende plots for de egenskaber, hvor der var signifikans. Narsarsuaqs placering er i forhold til oprindelsesstederne er angivet på x-aksen.



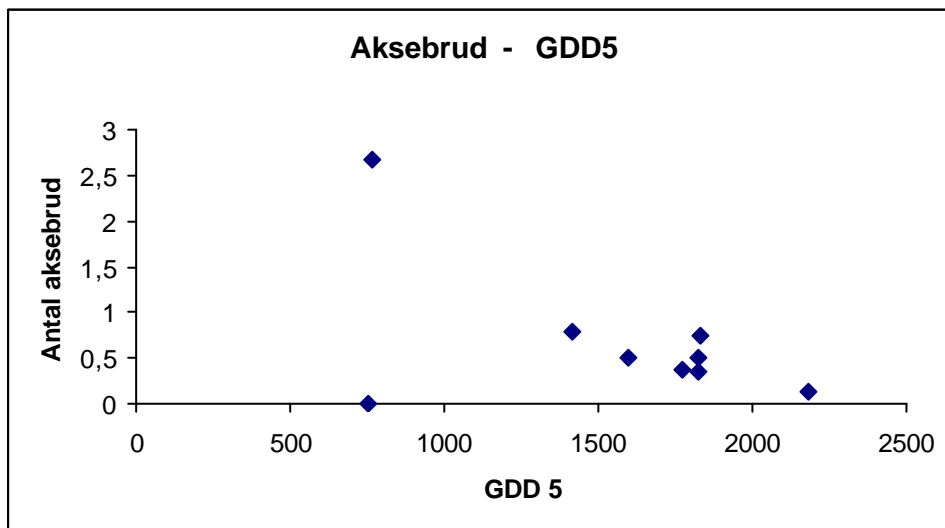
Figur 6.13. Trivsel og meter over havet: Ifølge variansanalysen skulle sammenhængen være lineær.



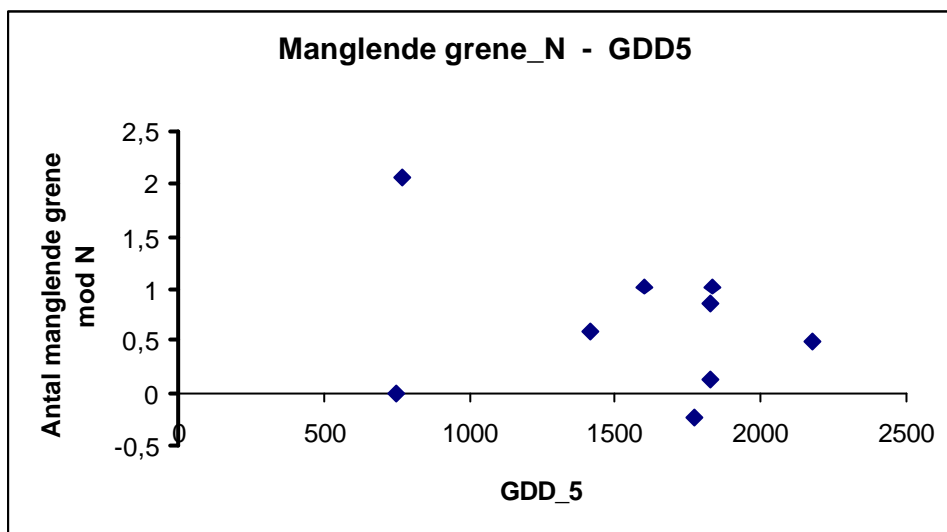
Figur 6.14. Trivsel og breddegrad: Der ses en negativ lineær sammenhæng.



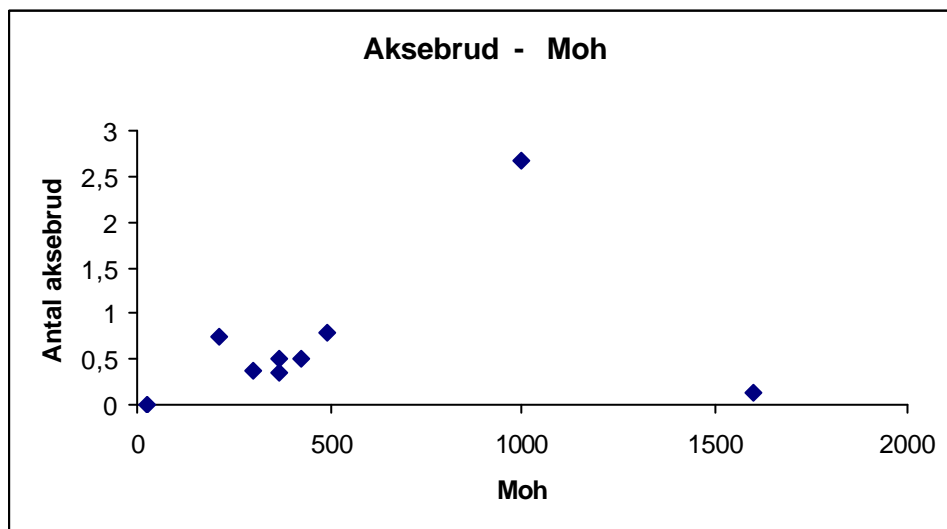
Figur 6.15 Trivsel og daglængde; Der ses en negativ lineær sammenhæng.



Figur 6.16 Aksebrud og Growing degree days: Der er signifikans på andengradsleddet.



Figur 6.17. Manglende grene Nord og growing degree days: Der ses en negativ lineær sammenhæng.



Figur 6.18. Aksebrud og meter over havet; Der ses en ikke lineær sammenhæng med minimum ved ca. 350 meter.

6.4 Generelle observationer fra feltarbejdet

I det nedenstående beskrives enkelte observationer, der blev gjort under feltarbejdet. Observationerne bygger på de provenienser, der blev målt på. Alle de målte provenienser nævnes ikke, men for de specielt interesserede, kan alle måleresultater ses på bilag 13. Nedenstående oplysninger om oprindelsesstederne og planteantal stammer fra Nissen (1992).

P. engelmanni

Ud over de i A8 målte provenienser, blev der kun målt på 2 enkelt træer i afd. C2 og C5. Begge var fra Monarch Pass i Colorado (38°32'N) højden er desværre ikke angivet, plantet i 1982). Begge steder var de den eneste plante, der var plantet og de havde klaret sig virkelig godt. Højde var henholdsvis 195 og 210 og diameteren var ca.1-2 meter. De var meget regelmæssig og havde stort set ingen tegn på skader.

A. lasiocarpa

Der blev målt på *A. lasiocarpa* i forskellige afdelinger. I afd. C6 skilte proveniensen Silverton Colorado (37°50'N og 3000-3300 moh plantet i 1983) sig ud ved en meget regelmæssig og kraftig vækst. Højderne var mellem 2 og 3 meter og de havde ligeledes meget få skader. Der var plantet 5 planter og vi fandt 5 planter, så overlevelsen har været 100%. I afd. A8 og D3 blev proveniensen Keno Hill (63°55'N, 1100 moh, plantet i 1983 i D3 og 1987 i A8) målt. Denne havde generelt klaret sig godt, men havde en del flere skader end f.eks. Silverton. Overlevelsen i D3 var $11/20 = 55\%$ og i A8 $8/16 = 50\%$.

P. glauca

I C2 blev der målt på 4 træer fra Broad Pass (63°20'N, 550moh, plantet i 1982). De havde højder på henholdsvis 203, 280, 302 og 440 cm. Dette var helt klart højde rekorder. De havde enkelte skader og var ikke helt regelmæssige, men ellers havde de en imponerende vækst. Overlevelsen var dog ikke imponerende $4/90 = 4\%$.

I stor modsætning udviste Boundary proveniensen i C3 meget ringe vækst. De var imellem 26 og 127 cm. høje. De havde en meget uregelmæssig vækst og en del aksebrud. Denne ringe vækst her skyldes placering i terrænet, idet Boundary proveniensen i A8 klarer sig betydelig bedre.

I afd. C6 blev der målt på 3 provenienser. Dillingham Alaska (59° 03'N, 50 moh., plantet i 1983), Talkeetna (62° 18'N, 60moh, plantet i 1983) og Bear Creek, Steese Hwy (65° 30'N, 880moh., plantet i 1983). Alle 3 voksede pænt, men ikke imponerende. De havde generelt højder på 1-2 meter med enkelte individer var lidt lavere. Antallet af skader var lidt spredt, men ingen lå helt i top uden skader. Overlevelsen kan ikke udregnes præcis, da ikke alle individer blev optalt, men den er pæn idet, der var plantet 30 planter af hver proveniens og der var flere end de 20 målte, der havde overlevet.

I A8 blev der målt på en proveniens af *P. glauca* Arctic Village (68°07'N, 750 moh), der ikke blev taget med i den statistiske analyse, da den kun var repræsenteret med 2 træer. Den nordlige breddegrad afspejles til dels i væksten, idet den har meget korte nåle og i det hele taget en lav højdevækst. De var 118,5 cm og 110,5 cm høje. Noget kunne tyde på at den afslutter sin vækst for tidlig, fordi den er tilpasset en længere kritisk daglængde.

P. glauca x lutzii

I afd. D3 fremgår det af anlægsrapporten, at der skulle være plantet 4000 *P. glauca* fra Bag delta i 1988. Under feltarbejdet blev der ikke fundet mange der lignede *P. glauca*,

men derimod blev der fundet mange træer, der lignede *P. sitchensis*. Efter samtale med Kenneth Høegh viste det sig, at dem der figurere som *P. glauca* i virkeligheden var *P. x lutzii* fra Kenai halvøen. Planteskolen i Sverige, som havde sørget for planterne, havde lavet en fejl. Planterne havde en del skader, men voksede ellers pænt. Højderne var i mellem 1 og 2 meter.

7. Diskussion.

Her vil de opnåede resultater blive diskuteret, udfra sammenligninger med observationer gjort under feltarbejdet, på denne måde bliver det muligt, at vurdere metoden samtidig. Disse resultater vil blive sammenlignet med andre forsøg samt Søren Ødums erfaringer. Først diskuteres de 3 trin og derefter følger en bredere diskussion.

7.1 Trin 1: Artsvis sammenligning af middelværdier

Det samlede billede af den artsvis sammenligning giver ikke anledning til at bedømme hvilken art, der har klaret sig bedst som helhed. Der ses dog som tidligere nævnt en tendens for enkelte egenskaber. Det kan virke overraskende at resultaterne ikke umiddelbart afspejler en artsforskelse, men andre forsøg på lignende lokaliteter, har vist den samme tendens. Magnesen (1998) har undersøgt 3 proveniensforsøg i Norge, der ligger på 59°-62° nordlig bredde. Han konkluderer ligeledes, at det er proveniensen og ikke arten, der har betydning for væksten. Hans konklusion er, at det er proveniensvalget, der er vigtigt, så længe det er en art, der ikke er helt uegnet til lokaliteten.

Under feltarbejdet fremstod *P. engelmannii*, som en meget homogen art, ingen af provenienserne skilte sig meget ud fra de andre. Ligeledes skilte *P. x lutzii* og *P. glauca* x *P. engelmannii* sig ikke ud. I forhold til *P. glauca* havde *P. engelmannii* en lidt lavere vækst, men nålene var mere fyldige og grønne og hovedsageligt uden skader. Den lavere vækst hos *P. engelmannii* stemmer overens med Søren Ødums (1991) observationer, der beskriver *P. glauca* som "fairly slow" og *P. engelmannii* som "very slow". De længere nåle hos *P. engelmannii*, er ikke et udtryk for en fitness relateret egenskab, idet arten *P. engelmannii* har længere nåle end *P. glauca* (Mentz & Gram 1968). Den observerede overlegenhed hos *P. engelmannii* for farve og lokale misfarvninger, er ikke slået igennem i scoringer, da hverken farve (figur 6.1) eller lokale misfarvninger (bilag 9 side XI) viste tydelige forskelle. Dette kan evt. skyldes problemet omkring det at score ensartet. Dette emne behandles senere.

Søren Ødum beskriver *P. x lutzii*, som havende *P. glaucas* "hardiness" og *P. sitchensis* hurtigere vækst, dette var ikke tilfældet i A8. Det kan muligvis tilskrives, at der var tale om meget "P. glauca lignende" eksemplarer (Ødum 1991).

7.2 Trin 2: Provenienssammenligning for *P. glauca*

Resultatet af den ensidet variansanalyse giver, som tidligere nævnt, en klar forskel imellem provenienserne. Den tydelige forskel kan virke lidt overraskende, idet der ikke er den store spredning på provenienserens oprindelsessteder. Umiddelbart kunne man fristes til at tro, at den geografiske variation ikke ville være så stor, og dermed heller

ikke forskellen på provenienserne. Ud fra resultaterne er konklusionen, at der er en stor forskel, dvs. valget af proveniens har stor betydning for de fitness relaterede egenskaber og dermed for proveniensens samlede fitness. Som før nævnt er det den samme konklusion Magnesen (1998) kommer frem til.

Der fandtes ingen signifikante virkninger af x og x^2 . Dette skyldes, som tidligere nævnt, virkningen af placering på tværs af skrænten, da denne kan ikke skelnes fra provenienseffekten. Dvs. at de virkninger, der opfattes som proveniensvirkninger reelt kan være virkning af x eller x^2 . Ud fra observationer gjort i forbindelse med feltarbejdet, vurderes vækstvilkårene ikke at være væsentligt forskellige på tværs af skrænten. På dette grundlag ses der bort fra denne effekt, så den fundne variation udelukkende tilskrives provenienseffekten..

Antagelserne om uafhængighed, varianshomogenitet og normalfordeling er ligeledes ikke opfyldt for alle analyserne (se figur 6.7). Normalfordelingens afvigelse kan for scoringernes vedkommende skyldes inddelingen af scorings kategorierne. I denne blev der ikke taget højde for, at fordelingen af scoringskarakterer skulle være normalfordelt.

For fluorescensmålingerne gælder, at deres niveau afhænger af den forudgående indstråling, dvs. at det afhænger af vejret på måledagen. Vejret blev registreret, ved en kort beskrivelse hver dag, denne er dog ikke inddraget i analysen, da en mere reel registrering baseret på målinger havde været nødvendig. Effekten af vejret kan således ikke skilles fra provenienseffekten, da de enkelte provenienser kun blev målt på en dag.

Ud fra observationerne gjort under feltarbejdet ansås "Highwood" for den bedste proveniens med en god højde vækst og meget få skader. Det samme billede kan til dels ses af LS-meansværdierne (bilag 10). Trivselsscoren er 3,64, hvilke er den højeste værdi. Den har færrest aksebrud og færrest manglende grene. Farvescoren ligger på en andenplads og nålelængden er ligeledes en af de længste, der er målt. Lokale misfarvninger ligger på 8,29, hvilke også er i den gode ende. Højdevæksten ligger ca. i midten i forhold til alle de målte provenienser. Billede her er klart, at resultaterne fra variansanalysen stemmer fint overens med, hvad den generelle observation viste.

7.3 Trin 3: Sammenhæng mellem klimafaktorer og egenskaber. Belyst ved ensidet variansanalyse

Sammenhængen kan ses på plottene (figur 6.13 til 6.18 og de resterende i bilag 12). Først redegøres der kort for de aflæste tendenser og herefter behandles enkelte tendenser mere dybdegående.

Det typiske billede af plottene, viser en tæt gruppe af punkter med en enkelte afvigelse. Det er et resultat af, at de fleste provenienser kommer fra et smalt breddegradsbælte, mellem 59°-64° nordlig bredde. Afvigelsen er den for omtalte Highwood Montana, der kommer fra 47° nordlig bredde og 1600 moh. Denne sammenhæng gør, at der reelt ikke kan skelnes mellem moh og breddegraden.

7.3.1 Sammenfatning af resultaterne

Nedenstående vurderes de fundne signifikanser ud fra plottene.

Aksebrud og growing degree days: Der ses en krum sammenhæng med minimum ved Narsarsuaq. Narsarsuaq har 748 GDD, hvorimod provenienser har betydelig højere.

Manglende grene N og growing degree days: Der ses en negativ lineær sammenhæng, dvs. færre manglende grene N med stigende GDD.

Trivsel og frostfrie dage: Der er signifikans på andengradsleddet. Der ses et minimum ved ca. 160 frostfrie dage. Narsarsuaq har 115 frostfrie dage

Trivsel og GDD: Der er signifikans på andengradsleddet. Der ses en svag tendens til et minimum der ligger ved ca. 1500 GDD. Narsarsuaq har 748 GDD

Trivsel og temperaturforskel på sommer og vinter: Der ses en svag positiv lineær sammenhæng dvs. jo mindre forskel jo højere trivsel.

Manglende grene syd og sommertemperatur: Her ses en positiv lineær sammenhæng. Dvs. jo højere sommertemperatur jo flere manglende grene mod syd.

Manglende grene syd og growing degree days: Selvom om denne kurve minder om kurven for sommer temperatur er andengradsleddet signifikant.

Nålelængde og frostfrie dage: Der er signifikans på andengradsleddet, men en klar tendens ses ikke.

Nålelængde og sommertemperatur: Her er ligeledes signifikans på andengradsleddet, men en klar tendens ses ikke.

Nålelængde og vintertemperatur: Der er signifikans på andengradsleddet, men igen umiddelbar sammenhæng ses.

Aksebrud og sommertemperatur: Der ses en negativ lineær sammenhæng, dvs. jo færre aksebrud med stigende sommertemperatur.

Aksebrud og frostfrie dage: Der er signifikans på andengradsleddet. Der ses ingen klar sammenhæng.

Hovedtrækkene af de ovenstående tendenser er, at der er en positiv lineær sammenhæng for klimaparametrene, growing degree days og sommertemperatur i forhold til manglende grene S og N, imens ses der en negativ lineær sammenhæng imellem disse klima parametre og aksebrud. Disse sammenhængen kan ikke umiddelbart forklares.

Det samlede resultat fra variansanalysen tyder på, at det er temperaturerne, der er mest betydende for væksten, idet der ses flest signifikante effekter her. Dette resultat er i overensstemmelse med litteraturen. F. eks undersøgte Grace & James (1993) sammenhænge imellem årringsbredde og klimaparametre på *Pinus sylvestris* L. De

fandt signifikante effekter af temperaturen i forhold til træernes årringe. De fandt ligeledes kun en meget svag effekt af nedbøren. Søren Ødum (1991) anfører også, at nedbøren ikke er den begrænsende faktor for væksten. Dette er det samme billede, der ses i Narsarsuaq, hvor der ikke ses en signifikant effekt af nedbøren. Dette skyldes primært at fordampningen er meget lav i arktiske egne.

På trivsel-moh kurven ses en tendens til en positiv lineær sammenhæng. Dvs. at sammenhængen skulle være, at jo højere meter over havet i forhold til Narsarsuaq jo bedre trivsel. Denne tendens kan skyldes, at temperaturerne falder med stigende højde, dvs. de højere liggende provenienser vil være tilpasset en køligere sommertemperatur. Derfor vil en flytning til en lavere højde og dermed varmere temperaturer, resultere i en længere vækstperiode. Dette billede er dog ikke entydigt, idet meter over havet og breddegraden er meget stærkt korreleret (se figur 6.12). Man kunne evt. have undersøgt dette, ved at sammenregne meter over havet og breddegraden til en samlet værdi, så ville man måske have fået et mere bedre billede.

På trivsel-breddegrad kurven ses en svag negativ lineær sammenhæng. Der ses samme sammenhæng mellem trivsel og daglængde, dette understreger den stærkt signifikante korrelation mellem daglængde og breddegrad (se figur 6.12). Søren Ødum har valgt de fleste af provenienserne ud fra, at de skulle ligge på en lidt højere breddegrad (Ødum 1991). Filosofien var at opnå en tidlig daglængde styret vækstafslutning for at mindske risikoen for tilbagefrysninger og føhnsvidninger. Denne sammenhæng kan ikke umiddelbart ses ud fra de foreliggende resultater.

Highwood Montana, der kommer fra 47° nordlig bredde og 1600 moh, har som før nævnt en god vækst. Dette kunne tyde på, at væksten både er daglængde- og temperaturstyret. Hvis den udelukkende var styret af daglængden ville den begynde sin vækst for tidlig i Narsarsuaq, idet den ville være tilpasset en kortere kritisk daglængde. Højden gør, at den er tilpasset køligere sommertemperaturer. Når man kigger på temperaturdata for Highwood i figur 5.7 ses det, at temperaturerne kommer op på ca. 14,9°C om sommeren men kun -5,4°C om vinteren. Sammenlignet med Narsarsuaq der har 9,3°C om sommeren og -6,3°C om vinteren, er der ikke den store forskel. Dette sammenholdes med resultatet af variansanalysen, hvor der ses en signifikant effekt af forskellen imellem sommer- og vintertemperatur og trivsel. (figur 6,8 og bilag 12 side IXX nederst). Her ses et sammenfald af høj trivsel og en lille forskel imellem Highwoods temperatur og temperaturerne i Narsarsuaq. Dette kunne tyde på, at temperaturvariationen over året og specielt vintertemperaturen er betydende for væksten. De andre provenienser har alle vintertemperaturer der kommer ned omkring -20°C. Carter (1996) tester proveniencers vækst i forhold til klimafaktorer med henblik på at undersøge evt. effekter af klimaændringer. Han finder signifikante sammenhænge imellem temperaturerne og væksten. Ligeledes konkluderer han, at de provenienser, hvor gennemsnitsminimumtemperaturen matcher den på udplantningsstedets temperatur, er dem der er bedst tilpasset.

Et anden faktor der kan have betydning for Highwoods tilpasning, er de vindforhold der gør sig gældende. Typisk for det bjergmassiv, hvor den kommer fra er perioder med milde vinde om vinteren (se kapitel 2.3). Dette er lidt det samme fænomen som ses i

Narsarsuaq, hvor føhnvindene kan forårsage pludselige temperaturskift. Noget kunne altså tyde på, at Highwood er tilpasset til dette fænomen.

7.3.2 Generel diskussion

Hele analysen er gjort på grundlag af en del antagelser. Disse giver anledning til en del ”støj”, men alligevel ses der signifikante sammenhænge. Nedenstående beskrives nogle af disse parametre.

Et generelt problem er at den geografiske variation af materialet er meget lille med undtagelse af Highwood. Det kan på dette grundlag være svært at skelne evt. tendenser.

De udvalgte klimafaktorer er forsøgt tilpasset til omstændighederne på oprindelsesstedet, ved at korrigere for breddegraden og meter over havet. Den store svaghed ved denne metode er, at det ikke er de sande værdier, der opnås. Derved er dette med til at gøre billedet mere sløret. Hvis man havde haft de sande klimafakta for provenienserne, havde billedet måske været tydeligere.

En anden fare kan være, at nogle af de valgte egenskaber reelt ikke er fitnessrelaterede. Især i forbindelse med artssammenligningen kan dette være problematisk, eksempelvis ses længere nåle hos *P. engelmannii*, men dette er et artsken-detegn for *P. engelmannii* i forhold til *P. glauca*.

Det blev erfaret under feltarbejdet, at resultater baseret på vurderinger kan være problematiske, da man vil have en tendens til at komme til at ”glemme” hvordan den foregående proveniens så ud og derfor lave scoringer, der kun gælder indenfor proveniensen. Desuden kan det være svært at foretage en retfærdig scoring på tværs af arter. Dette var problem var der meget opmærksomhed på under feltarbejdet, idet den samme person scorede alle træerne.

7.3.3 Vurdering af den brugte metode

Alternativet til statistisk analyse var en opgørelse baseret udelukkende på observationer i Søren Ødums ånd. Dette ville dog skabe problemer med dokumentationen. Statistisk analyse gav os ligeledes mulighed for delvist at tage højde for placering og birkekrattets betydning. Konklusionen på dette må være, at metoden er anvendelig, men at resultaterne skal tolkes med forsigtighed. Da opgørelsen ikke kan blive bedre end materialet giver. En parameter, hvor resultatet ikke helt opvejer arbejdsbyrden er fluorescensmålingerne. Der blev brugt meget tid under feltarbejdet og resultatet er for så vidt også interessant, idet der ses en pæn sammenhæng og forskel på nord og syd målinger (se figur 6.3 og 6.4). Dette tyder på, at de sydlige nåle er mere eksponeret for sollys end de nordlige og derved vil de også være mere udsat for at blive fotoinhiberet. Der var ingen signifikant sammenhæng imellem fluorescensen og klimafaktorerne. Fluorescens er i dette feltarbejde blevet brugt som en parameter på lige fod med de andre, denne egenskab er dog mere kompleks og der er derfor basis for videre analyser. Udfra de observerede farve forskelle og bedre fluorescens værdier for *P. engelmannii*, samt teorien omkring fotooxidation kunne det være interessant at undersøge om, der er en sammenhæng mellem træernes fluorescens og deres farve.

7.3.4 Vurdering af afgrænsningen

Det havde været interessant, at have klimadata, der viste vindhastigheder samt luftfugtighedsværdier. Ud fra dette kunne det være blevet iagttaget, hvilke der er betydende for en evt. føhnresistens, dvs. hvor træerne kan modstå de for omtalte temperaturskift.

Det kunne ligeledes have været interessant at se på overlevelsen. Under feltarbejdet måtte en sådan optælling droppes, idet usikkerheden omkring det rigtige antal optalte var for stor.

Hvis årstiden havde været en anden og der havde været mere tid til rådighed, kunne det også være interessant at iagttage træernes udspringstidspunkt.

Som afrunding på hele diskussionen skal nævnes at sammenhængen i mellem alle de målte effekter og klimafaktorer er meget kompleks, det er forsøgt at beskrive de vigtigste fundne tendenser. En fuldstændig analyse af alle detaljer ville have krævet mere tid.

8. Konklusion

Formålet med rapporten var at undersøge om, der var en sammenhæng imellem oprindelsesstedernes klima og træernes fitness baseret på målinger i Det Grønlandske Arboret. Såfremt en sådanne sammenhæng kunne påvises skulle denne beskrives.

Der blev foretaget en afgrænsning ud fra designet af det enkelte afdelinger i arboretet. Afd. A8 blev valgt, idet designet her lagde op til en statistisk analyse. Her blev der målt på provenienser af *P. glauca*, *P. engelmannii* samt en proveniens af arterne *P. engelmannii* x *P. glauca* og *P. x lutzii*. Der blev kun foretaget en statistisk analyse på *P. glauca* provenienserne.

Resultatet af den statistiske opgørelse er, at der ses en tydelig forskel på provenienserne mens en forskel på arterne ikke viste sig tydelig. Proveniensforskellen kan til dels forklares ud fra klimafaktorerne. Resultatet viste en klar sammenhæng imellem temperatur bestemte faktorer som sommertemperaturen, growing degree days og antallet af frost frie dage. Beskrivelsen af denne sammenhæng kunne ikke gøres entydigt.

En positiv effekt af en højere breddegrad for provenienserne var ikke tydelig.

Den bedste proveniens ud fra resultaterne var Highwood fra Montana. Dette resultat er interessant, idet daglængden tilsyneladende ikke er den betydende faktor. Ved en sammenligning med vintertemperaturerne og forskelle imellem sommer- og vintertemperaturer sås en sammenhæng. Highwood havde en vintertemperatur, der var svarende til vintertemperaturen i Narsarsuaq. Dette kunne tyde på, at vintertemperaturen har en effekt på de fitness relaterede egenskaber.

Alle de opnået resultater skal tolkes med en vis forsigtighed idet, der er del antagelser omkring designet af forsøget, der ikke er optimale. Ligeledes er der en vis usikkerhed omkring de brugte klimafaktorer. Disse er blevet tilpasset ved en korrektion for

forskelle imellem klimastation og proveniens i meter over havet og breddegraden. Denne korrektion viser ikke de sande værdier, som derfor også giver anledning til en vis forsigtighed omkring tolkningen af resultaterne.

9.Perspektivering

Hvad der kommer til at ske med Det Grønlandske Arboret i fremtiden er usikkert, men det rummer helt sikkert nogle spændende potentialer.

Planerne for arboretet er en officiel indvielse samt kortlægning og registrering. Dette skal gøre det mere publikumsvenligt, ved f.eks. anlæggelse af stisystemer og informationstavler.

I forbindelse med dette projekt er, der rejst en række nye og spændende problemstillinger. Det lader til, at der er en sammenhæng mellem vintertemperatur og de fitness relaterede egenskaber. Tidligere har fokus i forbindelse med at hente materiale været på relationer med daglængden og sommertemperatur. Ved fremtidige beplantninger kunne det således være interessant at prøve at forfølge denne tendens. Nogle nye og andre arter og provenienser har vist deres værd, hvilket betyder, at der kan tænkes i nye baner, hvis der fortsat skal eksperimenteres med indførsel af træarter.

Det er ikke alle, der ser med lige stor fornøjelse på denne ”flora forurening”, det er da helt sikkert ikke uproblematisk at introducere træarter med et større vækst potentiale end de hjemmehørende, her i ligger en risiko for, at der sker en invasion og at de hjemmehørende arter udkonkurreres.

Et er situationen i dag - noget andet er hvad der sker, hvis der kommer klimaændringer for et grænseområde som Narsarsuaq, vil der uden tvivl være tydelige forskelle. Hvis det bliver koldere forsvinder træerne helt og hvis det bliver varmere, er der potentiale for ”rigtig” skov.

Litteraturliste:

Bryson, R. A. & F. K. Hare (1974): The Climates of North America. I: Bryson R. A. & F. K. Hare (1974): *Climates of North America*. World Survey of Climatology. Vol.11 Elsevier Scientific Publishing Company. pp.1-47.

Buch, E. (1995): Havstrømme omkring Grønland. I: Gregersen, S (1995): *Grønlands Fysiske Natur*. Forlaget Rhodos, København. pp. 25-32.

Böcher, J. & E. W. Born (1999): Nogle økologiske grundbegreber. I: E.W Born, J. Bøcher (1999) *Grønlands Økologi* F. Hendriksens Eftf. København. pp. 9-35.

Bjerge P. (1977): *Skriflig note fra Upernaviarsuk*. Ikke publiceret

Carter K.K (1996): Provenance test as indicators of growth respons to climate change in 10 north temperate tree species. *Canadian Journal of Forest Reseach* 26:1089-1095

Danielsen E. (2002): *Supplerende noter til Lokal og Mikroklima*, [online]. E. Danielsen[citeret maj 2002] januar 2002. Tilgængelig på Internet:<http://www.matfys.kvl.dk/~eva/mikroklima/noter2002.pdf>

Danmarks meteorologiske institut (1997): *Vejr for enhver*. Munksgaard, International Boghandel og Forlag, Danmark. pp. 23-81

DMI (2000): *Danmark Meteologiske Institut. Teknisk Rapport. Nr. 00-18*. [Online] DMI [citeret 14.maj 2002] Tilgængelig på Internet: <http://www.dmi.dk/f+v/>

Durzan D. J. (1993): Molecular bases for adaption of coniferous trees to cold climate. I: Alden, J., Mastrantonio, J.L. & Ødum S. (1993). *Forest development in cold climate* NATO ASI Series. Life Sciences. Vol. 244.Plenum Press, New York pp.15-42

Eriksen G. & I. Ekberg (1997): *Skogsgenetik - en introduktion*. SLU Uppsala.

Fralish, J. S. & S. B. Franklin (2002): *Taxonomy of woody plants in North American* John Wiley & Sons.

Fredskild B. (1978): Palaeobotanical investigations of some pest deposits of Norse age Qagssiarssuk, South Greenland. *Meddelelser om Grønland* – 204(5) pp.1-41.

Fredskild B. (1988): Agriculture in a marginal area – South Greenland from the Norse landnam (985A.D) to the present (1985A.D.) I: Birks H.H et al (1988). *The cultural landscape – past present and future*. Cambridge University Press. pp.381-393.

Fredskild B. & S. Ødum (1990): The Greenland Mountain birch zone, an introduction. *Meddelelser om Grønland – Bioscience* 33. pp.3-7

- Geiger R., R.H. Aron & P.Todhunter (1995):** *The Climate Near the Ground*. 5. udgave Friedr. Vieweg & sohn Verlagsgesellschaft mbH, Wiesbaden
- Gillies S. L. & W.Vidaver (1990):** Resistance to photo damage in evergreen conifers. *Physiologia Plantarum*. Nr 80 pp148-153.
- Grace J. & J. James (1993):** Physiology of trees at tree line. I: Alden, J., Mastrantonio J.L & Ødum S. (1993). *Forest development in cold climate* NATO ASI Series. Life Sciences. Vol. 244.Plenum Press, New York pp.105-114.
- Hadley J.L., A. Friedland, G. Herrik & R. Amundson (1990):** Winter desiccation and solar radiation in relation to red spruce decline in the northern Appalachians. *Canadian Journal of Forestry Research*. 21 pp269-272.
- Hagman M. (1993):** Potential species and provenances for forest development in cold climate. I: Alden, J., Mastrantonio J.L & Ødum S. (1993). *Forest development in cold climate* NATO ASI Series. Life Sciences. Vol. 244.Plenum Press, New York pp.251-263
- Hansen B.U. (1990):** Klimaet I: E.W. Born, J. Bøcher (1999) *Grønlands Økologi* F. Hendriksens Eftf. København. pp.66-68.
- Hansen B.U. (2000):** Klima. I: B. H. Jakobsen, J. Bøcher, N. Nielsen, R. Guttesen, O. Humlum & E. Jensen(2000): *Topografiske Atlas Grønland*. Atlas over Danmark serie II bind 6. C. A Reitzels Forlag, Kort og Matrikelstyrelsen. pp.26-30.
- Hare F. K. & J. E. Hay (1974):** The Climate of Canada and Alaska. I: Bryson R. A. & F. K. Hare (1974): *Climates of North America*. World Survey of Climatology. Vol.11 Elsevier Scientific Publishing Company. pp. 49-192.
- Havranek W.M. & W. Tranquillini (1995):** Physiological Processes during Winter Dormancy and Their Ecological Significance. I: Smith W.K. & Hinckley T.M. (1995). *Ecophysiology of coniferous forest*. Academic Press pp. 95-117
- Høegh K. (2002):** Personlig meddelelse. Planteavlskonsulent ved Konsulent tjenesten i Qaqortoq
- Jensen N.(1994):** Guide til Arboretet i Hørsholm. *Dansk Dendrologisk Årsskrift* bind XII. pp.53-56
- Junttila O. & J. Nilsen (1993):** Growth and development of northern forest trees as affected by temperature and light. I: Alden, J., Mastrantonio J.L & Ødum S. (1993). *Forest development in cold climate* NATO ASI Series. Life Sciences. Vol. 244.Plenum Press, New York pp.43-57.
- Krause G.H., S. Grafflage, S. Rumich-Bayer & S. Somersalo (1988):** Effects of freezing on plant mesophyll cells. I: Long S.P. & Woodward F.I.(1988): *Plants and*

Temperature. Symposia of the Society of Experimental biology Nr. 42 University of Cambridge. pp.311-327.

Lambers H., F. S. Chapin III & T. L. Pons (1998): *Plant Physiological Ecology*. Springer.

Lundmark J-E.(1986): *Skogs Markens Ekologi* Ståndortsanpassat skogsbruk del 1 Skogsstyrelsen Jonkoping.

Lundmark T. (1996): *Photosynthetic respons to frost and excessive light in field-grown Scots pine and Norway spruce*. The Swedish University of Agricultural Sciences. Umeå Sweden

Magnesen S. (1998): Forsøk med granarter i høyerreliggende strøk på Vestlandet. *Rapport fra skogforskningen* vol. 0 1998 hæfte 4.

Meinhardt, D. & E. Schäfer (1996): *Verdens Atlas*. Munksgaard. München.

Mentz A. & K. Gram(1968): *Havebrugsbotanik Nøgenfrøede*. 4. udgave DSR Forlag – Boghandel. Den kgl. Veterinær- og Landbohøjskole.

Michell, A. (1994): *Træer i Nordeuropa*. 2. Udgave. Gads forlag. København.

National Climatic Data Center (u.å a): *Mean Number of Days With Minimum Temperature 32 Degrees F or Less*, [online]. National Climatic Data Center. [citeret 16.05.2002]. Sidst revideret 24.04.2002. Tilgængelig på Internet:<http://lwf.ncdc.noaa.gov/oa/climate/online/ccd/min32temp.html>.

National Climatic Data Center (u.å b): *Normal Daily Mean Temperature, Deg F*, [online]. National Climatic Data Center. [citeret 16.05.2002]. Sidst revideret 24.04.2002. Tilgængelig på Internet:<http://lwf.ncdc.noaa.gov/oa/climate/online/ccd/meantemp.html>.

National Climatic Data Center (u.å c): *Normal Monthly Precipitation(Inches)*, [online]. National Climatic Data Center. [citeret 16.05.2002]. Sidst revideret 24.04.2002. Tilgængelig på Internet:<http://lwf.ncdc.noaa.gov/oa/climate/online/ccd/nrmlprecp.html>.

Nielsen N. W. & L. Rasmussen (1995): Grønlands Vejr og Klima I: Gregersen, S. (1995): *Grønlands Fysiske Natur*. Forlaget Rhodos, København. pp.81-96.

Nikolaisen E. & M. Hundal (1997):*Grundbog i meteorologi*. Iver C. Weilbach & Co. A/S Vojens.

Nissen M.(1992):*Anlægsrapport for Det Grønlandske Arboret i Narsarsuaq*. Ikke publiceret

Rasmussen R.O. (2000): Fåreavl. I: B. H. Jakobsen, J. Bøcher, N. Nielsen, R. Guttesen, O. Humlum & E. Jensen(2000): *Topografiske Atlas Grønland*. Atlas over Danmark serie II bind 6. C. A Reitzels Forlag, Kort og Matrikelstyrelsen. pp.232-235.

Raven, P.H. (1999): *Biology of plants*.6th edition. W.H. Freeman and Company. New York.

Robertson A. (1993): Effects of wind on boreal forests I: Alden, J., Mastrantonio J.L & Ødum S. (1993). *Forest development in cold climate* NATO ASI Series. Life Sciences. Vol. 244.Plenum Press, New York pp.203-226.

Rosenquist E. (2000): Ecofysiological aspects of photoinhibition of photosynthesis – its relationship to light acclimation and the abiotic environment. Ph.d.afhandling. Botanisk institut Københavns Universitet.

Sakai A. & W. Larcher (1987): Frost Survival of Plants Responses and Adaption to Freezing Stress. *Ecological Studies*. Vol. 62 pp.97-133.

Skovgaard, I. M.(1996): *Statistisk forsøgsplanlægning*. DSR Forlag. København.

Skre O. (1972): High temperature demands for growth and development in Norway spruce in Scandinavia I: *Meld. Nor.landbr.Høgsk.* 51(7):1-29

Thomas B.& D.Vince-Prue (1997): *Photoperiodism in Plants* 2. udgave. Academic Press

Thomas P. (2000): *Trees: Their Natural History*. Cambridge University Press U.K

Tigerstedt P.M.A. (1993): Genetic diversity of tree populations at their arctic limits. I: Alden, J., Mastrantonio J.L & Ødum S. (1993). *Forest development in cold climate*. NATO ASI Series. Life Sciences. Vol. 244.Plenum Press, New York pp.241-250

Tuhkanen, S. (1993): Tree line in relation to climate, with special reference to oceanic areas. I: Alden, J., Mastrantonio J.L & Ødum S. (1993). *Forest development in cold climate*. NATO ASI Series. Life Sciences. Vol. 244. Plenum Press, New York pp. 115-134.

Walter, H. (1985): *Vegetation of the Earth*. Third edition. Springer-Verlag. Berlin.

Wardle P. (1993): Causes of alpine timberline: A review of the hypothesis. I: Alden, J., Mastrantonio J.L & Ødum S. (1993). *Forest development in cold climate*. Plenum Press, New York pp.89-103

Western Regional Climate Center (u.å.a): *Alaska Climate Summaries*, [online]. Western Regional Climate Center. [citeret 17.03.2002]. sidst revideret 04.06.2001. Tilgængelig på Internet:<http://www.wrcc.dri.edu/summary/climsmak.html>.

Western Regional Climate Center (u.å,b): *Climate of Alaska*. [online]. Western Regional Climate Center. [Citeret 17. maj 2002]. Tilgængelig på Internet: <http://www.wrcc.dri.edu/narratives/ALASKA.html>.

Western Regional Climate Center (u.å,c): *Climate of Montana*. [online]. Western Regional Climate Center. [Citeret 17. maj 2002]. Tilgængelig på Internet: <http://www.wrcc.dri.edu/narratives/Montana.html>.

Worrall, J (1983): Temperature – Bud-Burst Relationships in Amabilis and Subalpine fir Provenance Test Replicated at Different Elevations. *Silvae Genetica* vol 32, 5-6 pp. 203-209

Ødum S. (1990): Afforestation experiments reflecting the tree line conditions in Southwest Greenland. *Meddelelser om Grønland – Bioscience* 33. pp.43–61.

Ødum, S. (1991): Choice of species and origins for arboriculture in Greenland and the Faroe Islands. *Dansk Dendrologisk Årsskrift*. Vol. 9. Nørhaven A/S. Viborg.

Ögren E. & M. Sjöström (1990): Estimation of the effect of photoinhibition on the carbon gain in leaves of a willow canopy. *Planta* 181 pp.560-567

Bilagsliste

Bilag 1:	Kort over Grønland.	Side I
Bilag 2:	Oversigtskort over Narsarsuaq og omegn.	Side II
Bilag 2A:	Skema over de målte provenienser og arter.	Side IIA
Bilag 3:	Resultatskema for T-test for forskelle imellem fluorescens nord og syd.	Side III
Bilag 4:	Eks. på aflæsning af temperatur grafer til brug for korrektionen for meter over havet.	Side IV
Bilag 5:	Grafer hvorpå den værdi der skal temperatur korrigeres med aflæses.	Side V+VI+VII
Bilag 6:	Tabel over klimastationernes oprindelige temperaturer og de efterfølgende korrigeret temperaturer.	Side VIII
Bilag 7:	Eks. på udregning af den korrigeret nedbørsmængde.	Side IX
Bilag 8:	Eks. på udregning af daglængde.	Side X
Bilag 9:	Grafer der viser de forskellige arters middelværdier i forhold til de målte effekter.	Side XI+XII+XIII+XIV
Bilag 10:	Tabel over LS-means værdier fra variansanalysen.	Side XV
Bilag 11:	Skema over modellerne og resultater fra trin 3.	Side XVI+XVII+XVIII
Bilag 12:	Tendens grafer for LS-means værdier for provenienserne og de målte egenskaber.	Side IXX+XX+XXI+XXII
Bilag 13:	Cd-rom + Vejledning til denne.	Side XXIII

Bilag 1

Oversigtskort over Grønland. Narsarsuaq ses helt i syd



Bilag 2



Oversigtskort over Narsarsuaq og omegn

Bilag 2A

	Arboretnr.	Art	Proveniensi	Br.grad N	Lgd.grad W	Moh m	Antal målte
A8	378/71	P.glauca	Highwood Mts.	47° 25′	110° 35′	1600	17
A8	22/82	P.glauca	Arctic Village	68° 07′	145° 32′	750	2
A8	46/82	P.glauca	Boundary	64° 06′	140° 39′	1000	6
A8	44/82	P.glauca	Dawson	64° 05′	139° 27′	370	8
A8	43/82	P.glauca	W Dawson	64° 05′	139° 27′	370	17
A8	444/85	P.glauca	Standard Cr	64° 48′	148° 00′	210	12
A8	430/85	P.glauca	Gulkana	62° 16′	145° 23′	427	16
A8	441/85	P.glauca	Alaska Hwy	63° 20′	142° 29′	490	24
A8	38/82	P.glauca	Tok	62° 20′	142° 24′	300	11
A8	205/85	P. engel.	Hamilton	46° 16′	113° 46′	2400	20
A8	202/85	P. engel.	Stanley Idaho	44° 19′	115° 08′	2200	20
A8	439/85	P.g x P.s	Seward	60° 06′	149° 26′	50	7
A8	390/71	P. engel.	Laramie	42° 29′	105° 60′	2400	20
A8	209/85	P.g x P.e	Highwood A	50° 20′	114° 30′	2300	20
A8	41/82	A. lasio.	Keno Hill	63° 57′	135° 15′	1100	8
B1	13/82	P.glauca	Saxton	60° 40′	149° 33′	180	10
C2	384/71	P. engel.	Monarch Pass	38° 32′	106° 19′	?	1
C2	17/82	P.glauca	Broad Pass	63° 20′	148° 50′	550	4
C2	371/71	A. lasio.	Hungry Horse	48° 20′	113° 58′	1200	2
C2	376/71	A. lasio.	Wolf Creek	37° 31′	106° 46′	3100	2
C3	368/71	A. lasio.	La Veta	37° 21′	105° 04′	?	
C3	371/71	A. lasio.	Hungry Horse	48° 20′	113° 58′	1200	1
C3	377/71	A. lasio.	Vernal	40° 44′	109° 40′	2700	1
C3	46/82	P.glauca	Boundary	62° 29′	141° 00′	1000	1
C5	384/72	P. engel.	Monarch Pass	38° 32′	106° 19′	?	1
C6	367/71	A. lasio	Silverton	37° 50′	107° 40′	3000	5
C6	16/82	P.glauca	Talkeetna	62° 18′	150° 06′	60	18
C6	31/82	P.glauca	Steese Hwy.	65° 30′	145° 38′	880	16
C6	59/82	P.glauca	Dillingham	59° 03′	158° 31′	50	19
D3	49/82	P.glauca	Thompson	61° ?	?	550	19
D6	351/85	P.g x P.s	Kenai	66° 07′	?	100	20

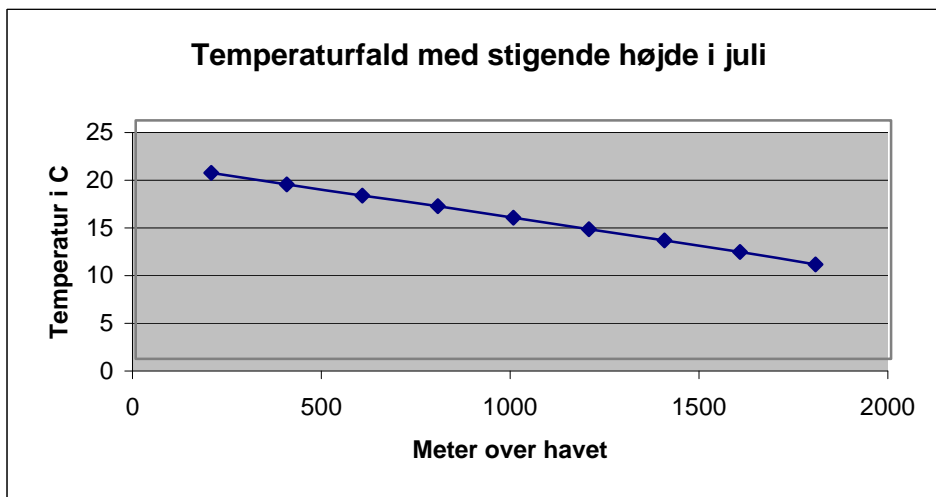
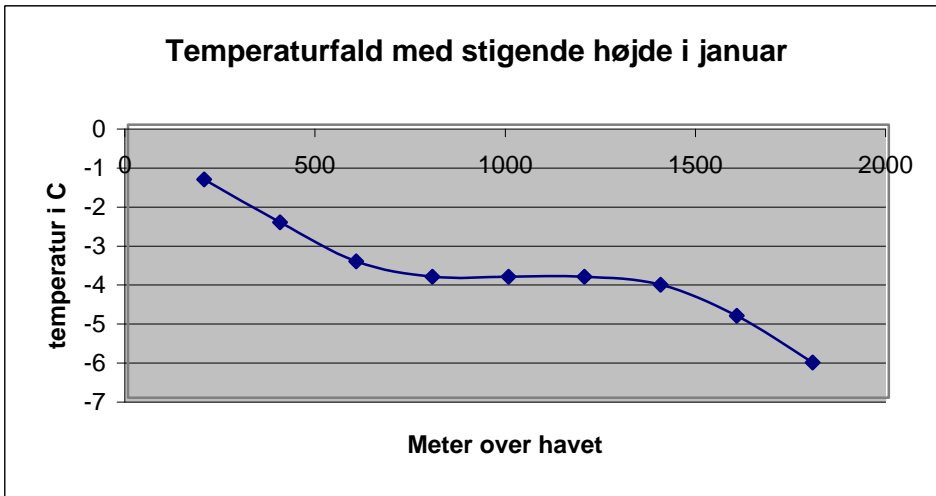
Skemaet viser hvilke provenienser der blev målt på i de forskellige afdelinger.

Bilag 3

Resultat fra fluorescens T-test:

Forskel	DF	t-værdi	Pr > t
FN-FS	227	4,79	<0,0001

Nedenstående grafer viser ændringer i temperatur med stigende højde for de østlige alper i januar og juli måned. (Geiger *et al.* 1995).



Eks. på aflæsning. Proveniensen Boundary med tilhørende klimastation Eagle bruges

Boundary ligger 1000 moh. Eagle ligger 267 moh.

På januargraften aflæses temperaturerne der svare til de ovenstående højdemeter

1000 moh. -3,9

224 moh.* -1,5

forskellen i temp= $-1,5 - (-3,9) = \underline{2,4}$

*de breddegradskorrigeret moh. Se figur 5.5

På juligraffen aflæses på samme måde

1000 moh. 14,8

224 moh.* 19,2

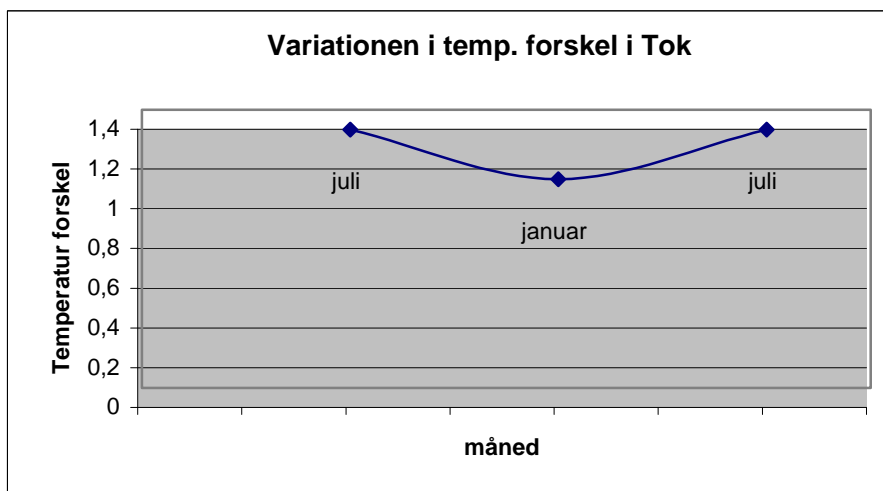
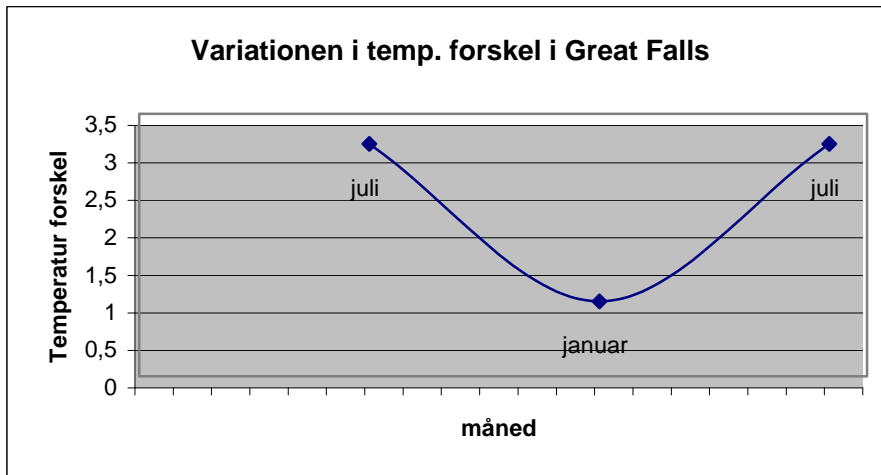
forskellen i temp= $19,2 - 14,8 = \underline{4,4}$

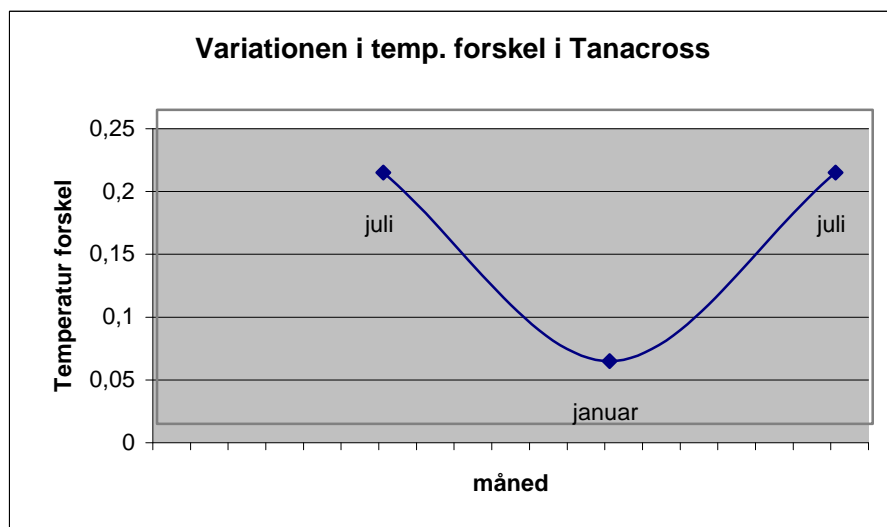
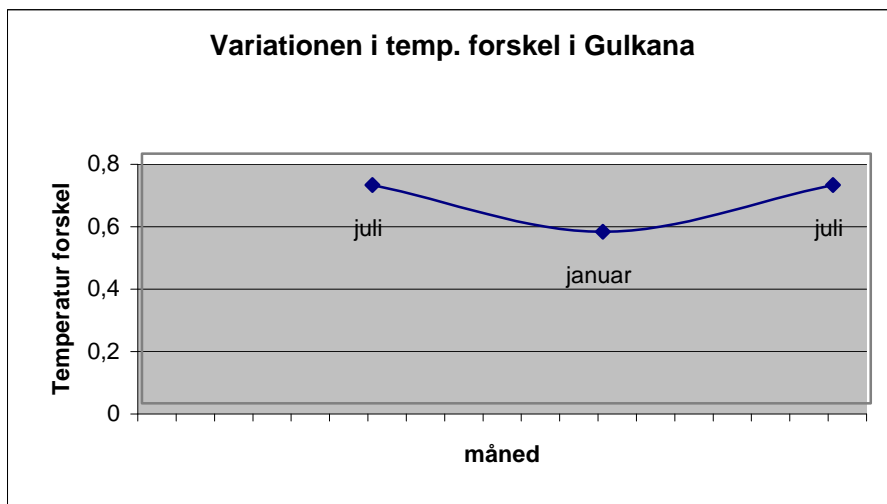
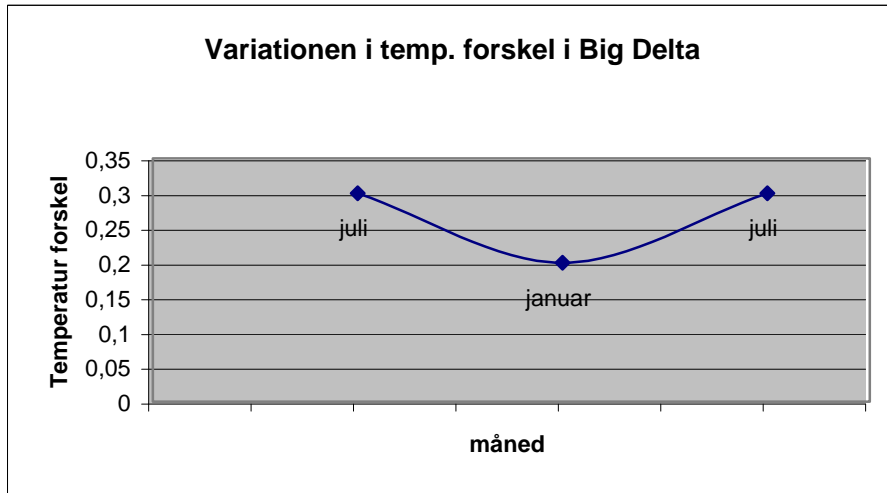
Bilag 5

Nedenstående tabel vise de aflæste variationer i temp.forskelle for hver klimastation i juli og januar måned. Disse bruges til at tegne nedstående grafer der viser årsvariationen.

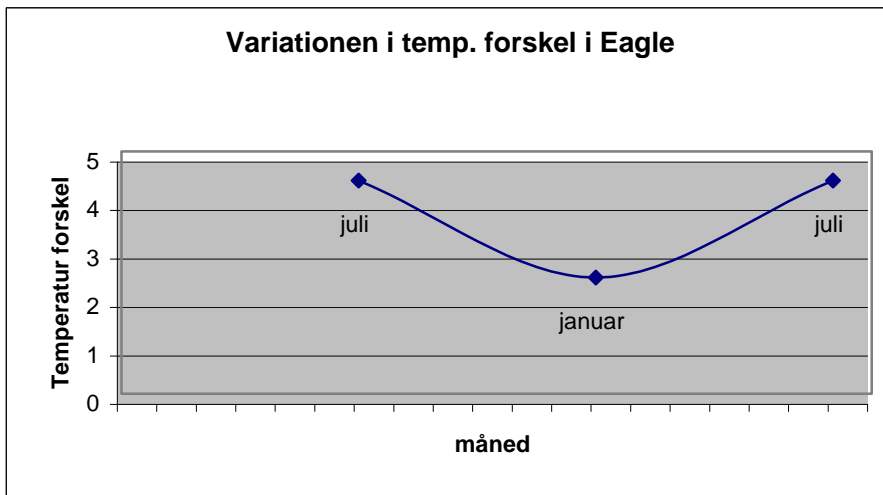
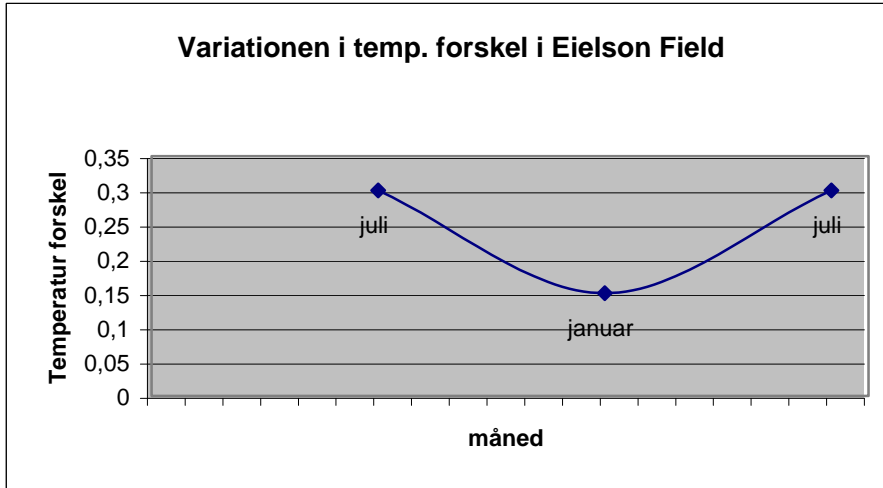
Arboetnr.	proveniens	klimastation	juli	januar
378/71	Highwood	Great Falls	-3,1	-1
38/82	Tok	Tok	1,3	1,05
43/82	WDawson	Big Delta	0,3	0,2
430/85	Gulkana	Gulkana	0,7	0,55
44/82	Dawnsion	Big Delta	0,3	0,2
441/85	Alaskhwy	Tanacross	0,2	0,05
444/85	Standard	Eielson field	-0,3	0,15
46/82	Boundary	Eagle	-4,4	-2,4

Bemærk at y-aksen er inddelt med forskellige intervaller





Bilag 5



Nedenstående skema viser de aflæste værdier fra ovenstående grafer. Tallene er den temperatur klimastationernes temperatur data korrigeres med.

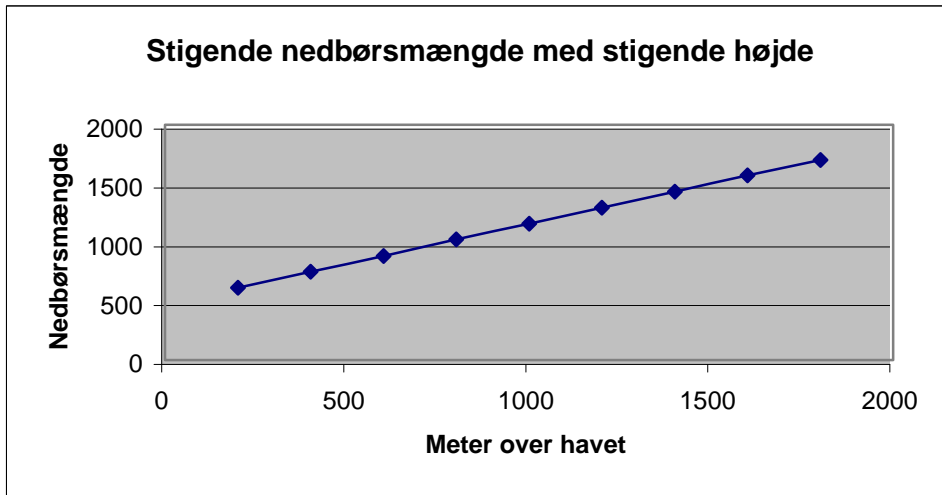
	jan.	feb.	marts	april	maj	juni	juli	aug.	sep.	okt.	nov.
Tanacross	0,05	0,06	0,075	0,11	0,14	0,17	0,2	0,17	0,14	0,1	0,1
Eagle	-2,4	-2,5	-2,75	-3,15	-3,6	-4	-4,4	-4	-3,6	-3,2	-2,8
Big delta	0,2	0,21	0,22	0,227	0,26	0,276	0,3	0,276	0,26	0,2	0,2
Gulkana	0,55	0,56	0,57	0,6	0,64	0,67	0,7	0,67	0,64	0,6	0,6
Great falls	-1	-1,1	-1,4	-1,75	-2,25	-2,75	-3,1	-2,75	-2,3	-1,8	-1,4
Eielson field	-0,15	-0,16	-0,175	-0,21	-0,24	-0,27	-0,3	-0,27	-0,2	-0,2	-0,2
Tok	1,05	1,05	1,1	1,14	1,2	1,25	1,3	1,25	1,2	1,1	1,1
Big delta	0,2	0,21	0,22	0,227	0,26	0,276	0,3	0,276	0,26	0,2	0,2

Bilag 6

Januar	-26,4	0,05	-26,3	-25,3	-2,4	-27,7	-20,0	0,2	-19,8	-21,3	0,55	-20,8
februar	-20,4	0,06	-20,3	-21,7	-2,5	-24,2	-16,2	0,21	-16,0	-16,1	0,56	-15,6
Marts	-13,6	0,075	-13,5	-13,6	-2,75	-16,3	-10,6	0,22	-10,4	-9,4	0,57	-8,9
April	-2,3	0,11	-2,2	-2,3	-3,15	-5,4	-0,8	0,227	-0,6	-0,6	0,6	0,0
Maj	6,1	0,14	6,3	7,3	-3,6	3,7	8,3	0,26	8,5	6,6	0,64	7,3
Juni	13,0	0,17	13,2	13,8	-4	9,8	13,9	0,276	14,2	12,1	0,67	12,8
Juli	14,4	0,2	14,6	15,5	-4,4	11,1	15,6	0,3	15,9	14,1	0,7	14,8
August	11,9	0,17	12,1	12,2	-4	8,2	12,8	0,276	13,1	11,9	0,67	12,6
September	4,9	0,14	5,1	5,7	-3,6	2,1	6,7	0,26	6,9	6,4	0,64	7,1
Oktober	-5,6	0,11	-5,5	-4,9	-3,15	-8,1	-3,9	0,227	-3,7	-2,9	0,6	-2,3
November	-18,9	0,075	-18,8	-16,2	-2,75	-18,9	-14,0	0,22	-13,8	-14,3	0,57	-13,8
December	-25,4	0,06	-25,3	-22,4	-2,5	-24,9	-19,0	0,21	-18,8	-19,6	0,56	-19,0

	Great Falls~Highwood			Eielson Field~Standard C.			Tok~Tok		
måned	temp.C	koor_c	koor. Temp. C	temp.C	koor_c	koor. Temp. C	temp.C	koor_c	koor. Temp. C
Januar	-5,7	-1	-6,7	-23,4	-0,15	-23,6	-27,0	1,05	-26,0
februar	-3,1	-1,1	-4,2	-20,1	-0,16	-20,2	-20,5	1,06	-19,4
Marts	0,8	-1,4	-0,6	-11,8	-0,175	-12,0	-12,4	1,1	-11,3
April	5,9	-1,75	4,1	-0,8	-0,21	-1,0	-1,3	1,14	-0,1
Maj	10,8	-2,25	8,6	8,8	-0,24	8,6	7,1	1,2	8,3
Juni	15,6	-2,75	12,8	14,8	-0,27	14,5	12,7	1,25	14,0
Juli	19,0	-3,1	15,9	16,1	-0,3	15,8	14,4	1,3	15,7
August	18,7	-2,75	15,9	13,3	-0,27	13,1	11,9	1,25	13,1
September	13,0	-2,25	10,8	7,1	-0,24	6,8	5,3	1,2	6,5
Oktober	7,5	-1,75	5,8	-4,5	-0,21	-4,7	-5,8	1,14	-4,6
November	0,2	-1,4	-1,2	-16,2	-0,175	-16,4	-18,3	1,1	-17,2
December	-4,3	-1,1	-5,4	-22,2	-0,16	-22,3	-25,1	1,06	-24,0

Nedenstående graf viser ændringen nedbørsmængden med stigende moh. (Geiger *et al.* 1995).



Eks. på aflæsning. Proveniensen Boundary med tilhørende klimastation Eagle bruges

Boundary ligger 1000 moh. Eagle ligger 267 moh.

På grafen aflæses nedbøren der svare til de ovenstående højdemeter

1000 moh. 1160

224 moh.* 660

forskellen i nedbøren= 1160-660= 500

*de breddegradskorrigeret moh.

Nedenstående tabel viser for alle klimastationer forskellen i nedbøren, som er den der skal korrigeres med (antal mm. koor.). Den viser ligeledes den korrigeret nedbør som er den der bruges i det efterfølgende (koor nedbør).

	nedbør	antal mm. koor.	koor nedbør
Great falls	378	390	768
Tok	230	-170	60
Big delta	295	-35	260
Gulkana	284	-50	234
Big delta	295	-35	260
Tanacross	286	-15	271
Eielson field	327	30	357
Eagle	303	500	803

Eks på udregning af daglængde. Proveniensen Boundary bruges til eks.

Først udregnes solens deklination (d) ved dag (T) 1,60,120,180,240 og 300

$$d = -23,4 \times \cos((360 \times T + 10) / 365)$$

Der fås følgende værdier:

Dag	Deklination
1	-22,98
60	-8,37
120	14,47
180	23,21
240	9,3
300	-13,67

Herefter udregnes solens timevinkel (t), ved solhøjde 0 dvs på det tidspunkt hvor solen står op eller går ned. B = breddegraden

$$\cos t = (\sin(b) \times \sin(d)) / (\cos(b) \times \cos(d))$$

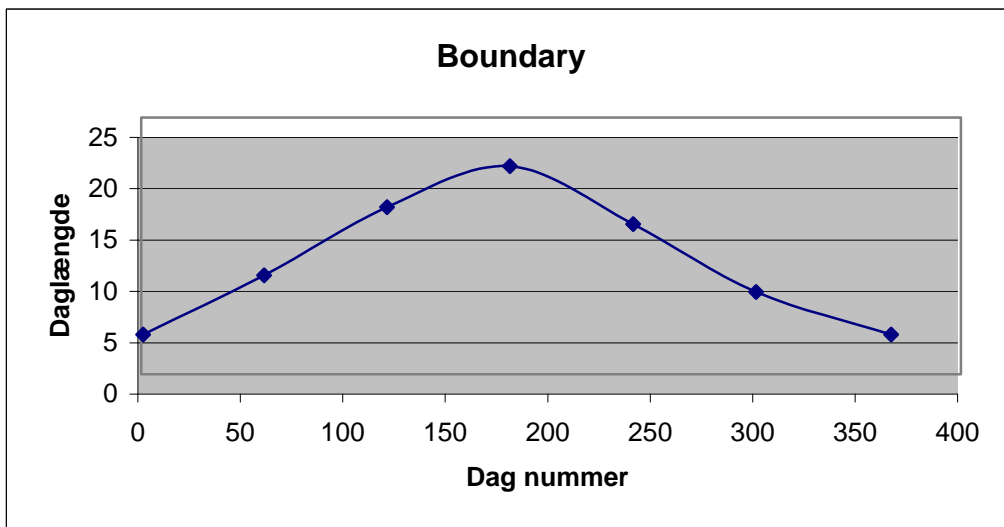
t isoleres og ud fra denne udregnes det tilsvarende tidspunkt for solens timevinkel ved at gange med 12/180 idet solen bevæger sig 15 grader i timen.

Dag	h	tidspunkt
1	150,85	10,06
60	107,64	7,18
120	57,8	3,86
180	27,98	1,87
240	70,29	4,69
300	120,06	8

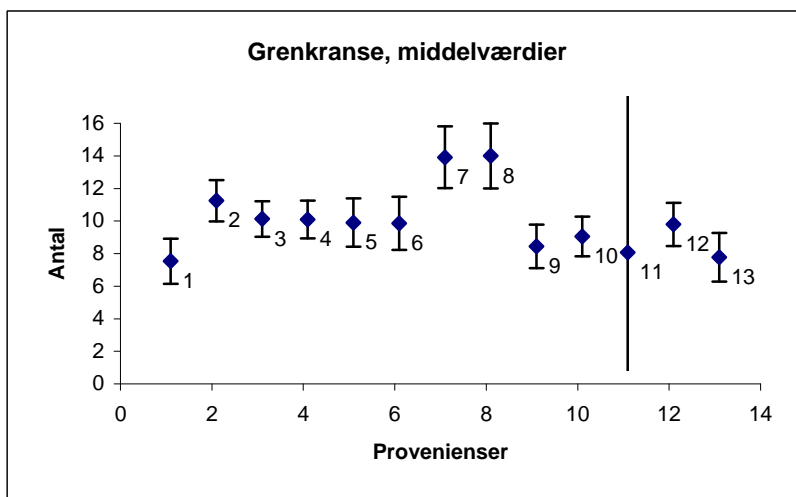
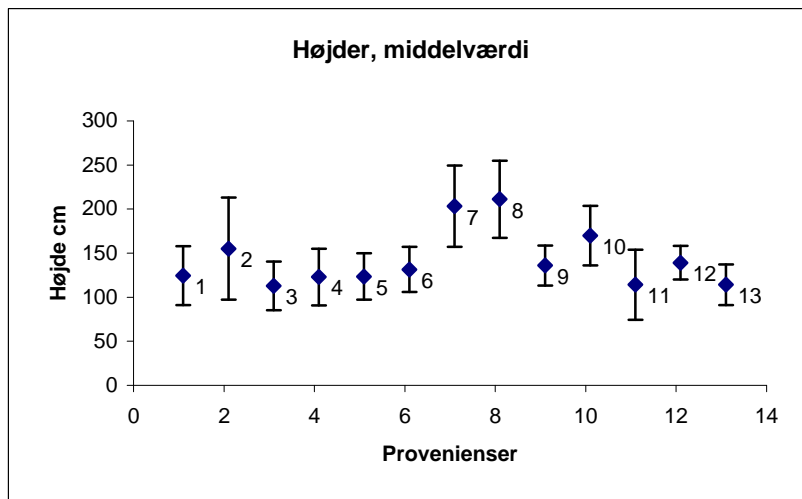
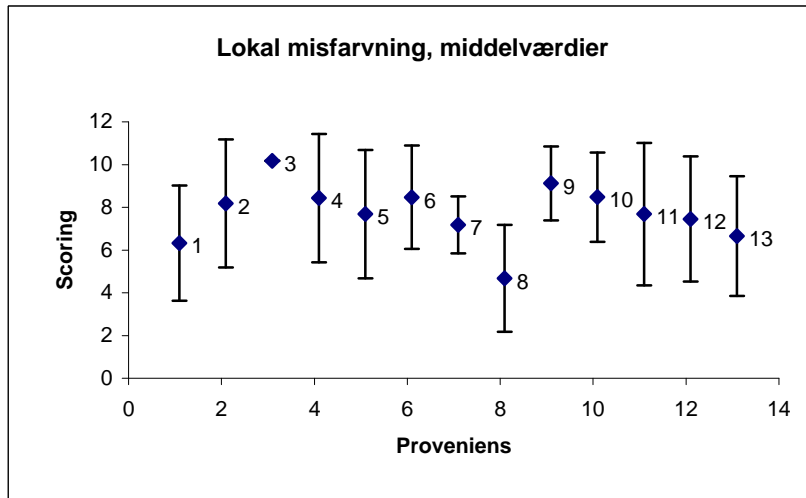
Det udregnet tidspunkt er det tidspunkt solen står op. Solens opstigningstidspunkt og nedstigningstidspunkt er symmetrisk omkring kl. 12.00 middag. Herefter kan dagens længden udregnes.

Dag	timer indtil kl 12	daglængde
1	1t 56min	3t 52min
60	4t 49 min	9t 38min
120	8t 8min	16t 16min
180	10t 8min	20t 16min
240	7t 19min	14t 38min
300	4t	8t

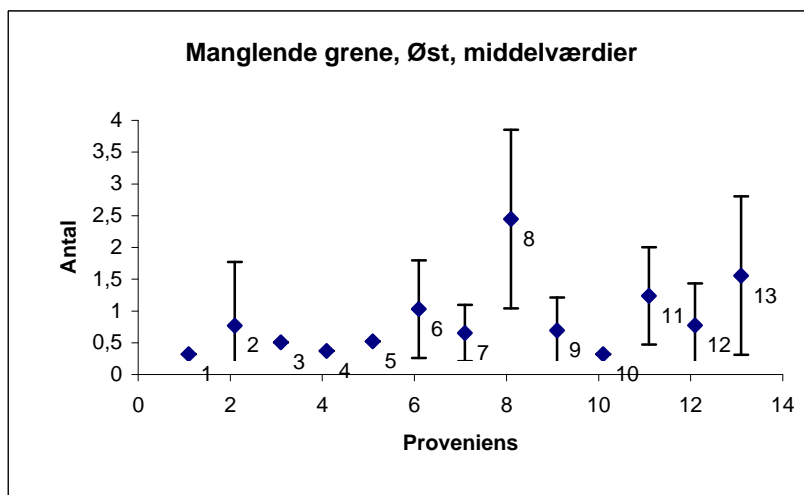
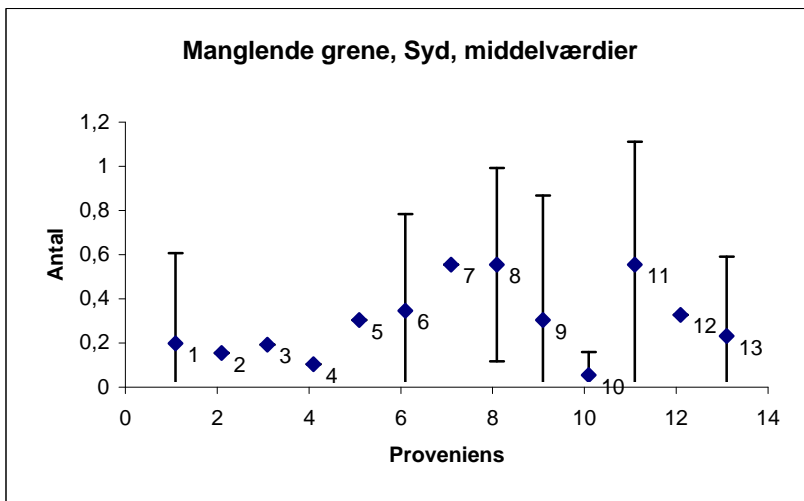
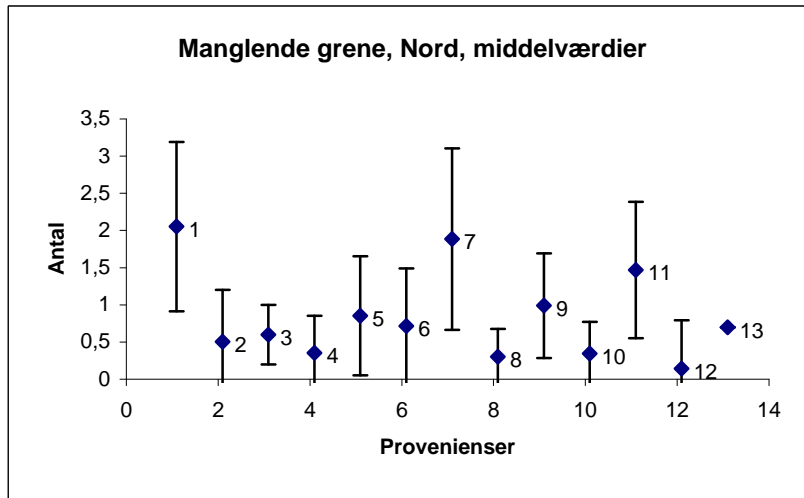
Daglængden omregnes til hundrededele og nedestående graf tegnes. Herefter aflæses der på grafen hvor mange dage der har en daglængde på over 14 timer.



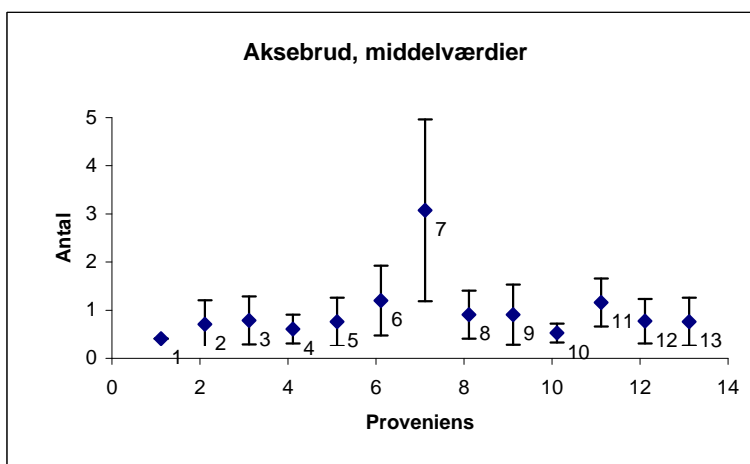
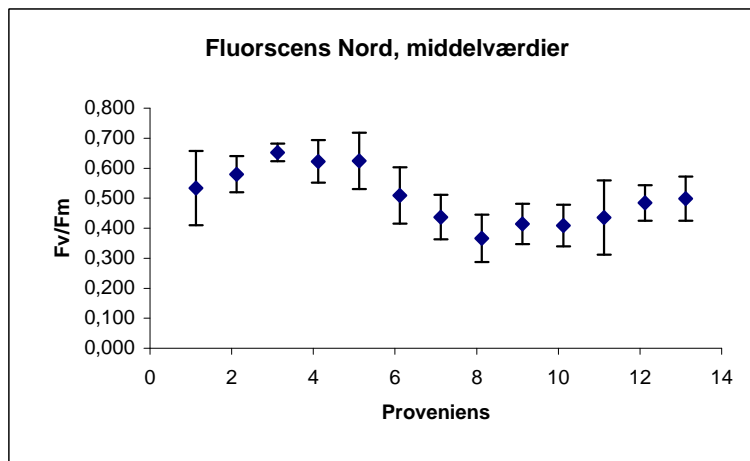
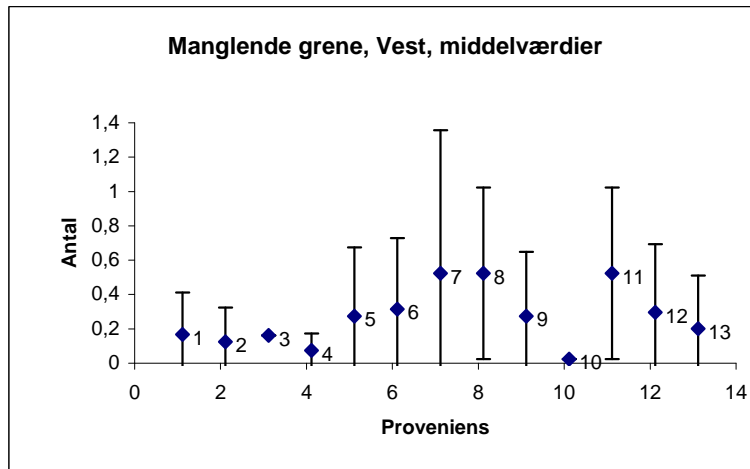
Artsvis sammenligning

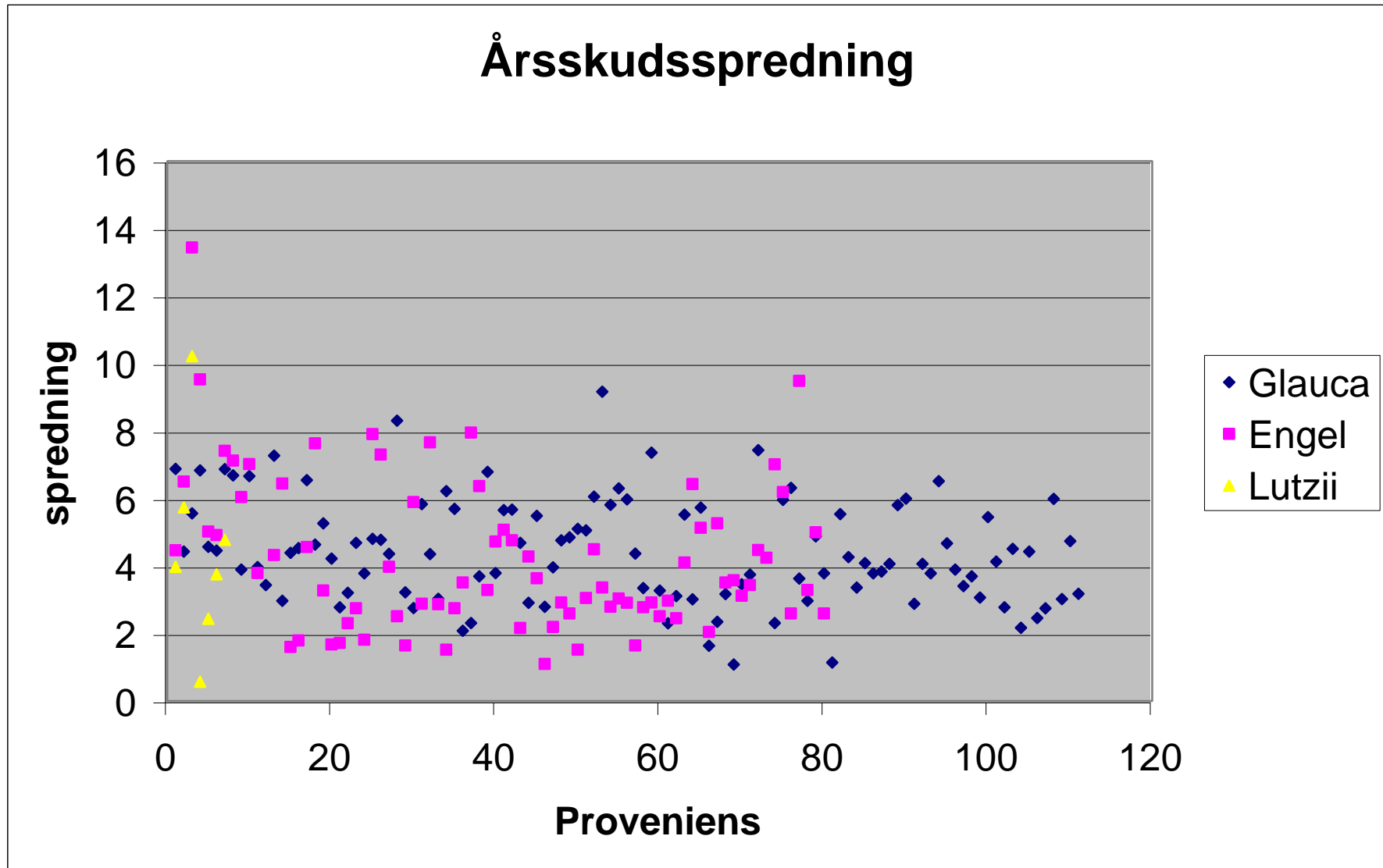


Artsvis sammenligning manglende grene



Artvis sammenligning





Bilag 10

Trin 2: Proveniensen sammenligning;

LS-means fra variansanalysen;

Egen/Prov	Alaskah	Bound	Daw	Gulk	Highw	Stancr	Tok	WDaw
Årsskudsspredning	4,22	3,68	3,20	5,03	5,29	4,06	4,62	4,36
Mgl. Grene Syd	0,32	-0,075	0,19	0,43	0,056	0,71	-0,0062	0,18
Mgl. Grene Vest	0,29	0,5	0,5	0,25	0,	0,5	0,27	0,17
Mgl. Grene Øst	0,71	0,33	2,13	0,38	0	0,92	0,45	1,24
Mgl. Grene Nord	0,58	2,053	0,11	1,025	0,48	1,21	-0,23	0,84
Antal grenkranse	8,53	12,8	13,09	7,21	7,56	7,10	8,56	6,39
Lokal misfarvning	8,29	7	4,5	8,93	8,29	7,5	7,27	6,47
Farve	3,65	3,29	3,26	3,13	3,73	3,04	3,68	3,84
Trivsel	2,44	2,91	2,43	2,90	3,64	2,54	2,90	2,55
Højde	120,44	183,7	206,51	118,04	150,47	106,48	132,99	96,76
Aksebrud	0,78	2,66	0,5	0,5	0,11	0,75	0,36	0,35
Fluorescens	0,42	0,39	0,30	0,33	0,33	0,37	0,42	0,44
Nålelængde	1,22	1,57	1,21	1,15	1,38	1,41	1,27	1,19

Bilag 11

Trin 3: Sammenhæng mellem klimafaktorer og egenskaber;

Resultat fra den ensidede variansanalyse; resterende skemaer;

Årsskudsspredning	df	F- værdi	Pr>F	Niveau	2.gradsled	norm	Var.hom
Forskel	1	2,37	0,1747	NS	-	-	-
Sommer temperatur	1	0,81	0,4039	NS	-	-	-
Vinter temperatur	1	2,76	0,1477	NS	-	-	-
Daglänge	1	3,38	0,1157	NS	-	-	-
Growing degree days	1	1,37	0,2862	NS	-	-	-
Nedbør	1	0,01	0,9233	NS	-	-	-
Frost frie dage	1	5,57	0,0563	NS	-	-	-
Breddegrad	1	4,73	0,0726	NS	-	-	-
Meter over ha vet	1	1,03	0,350	NS	-	-	-

Forskel	1	0,42	0,5392	NS	-	-	-
Sommer temperatur	1	0,46	0,525	NS	-	-	-
Vinter temperatur	1	0,58	0,4740	NS	-	-	-
Daglänge							
Growing degree days	1	0,49	0,5081	NS	-	-	-
Nedbør	1	0,01	0,9135	NS	-	-	-
Frost frie dage	1	0,55	0,4850	NS	-	-	-
Breddegrad	1	1,03	0,3495	NS	-	-	-
Meter over havet	1	0,51	0,5018	NS	-	-	-

Lokale misfarv.	df	F- værdi	Pr>F	niveau	2. gradsled	Norm	Var.
Forskel	1	0,17	0,6954	NS	-	-	-
Sommer temperatur	1	0,02	0,8945	NS	-	-	-
Vinter temperatur	1	0,11	0,7565	NS	-	-	-
Daglänge		0,53	0,4938	NS			
Growing degree days	1	0,01	0,9401	NS	-	-	-
Nedbør	1	0,11	0,7473	NS	-	-	-
Frost frie dage	1	0,41	0,5447	NS	-	-	-
Breddegrad	1	0,93	0,3725	NS	-	-	-
Meter over havet	1	0,49	0,5120	NS	-	-	-

Bilag 11

Resultat fra den ensidede variansanalyse; resterende skemaer; (2)

Mgl. Grene Øst	df	F- værdi	Pr>F	niveau	2. gradsled	Norm	Var.
Forskel	1	0,52	0,4986	NS	-	-	-
Sommer temperatur	1	0,51	0,5037	NS	-	-	-
Vinter temperatur	1	0,19	0,6775	NS	-	-	-
Daglänge	1	1,82	0,2263	NS	-	-	-
Growing degree days	1	0,17	0,6940	NS	-	-	-
Nedbør	1	1,41	0,2805	NS	-	-	-
Frost frie dage	1	0,38	0,5586	NS	-	-	-
Breddegrad	1	2,31	0,1795	NS	-	-	-
Meter over havet	1	2,89	0,1402	NS	-	-	-

Mgl. Grene Syd	df	F- værdi	Pr>F	niveau	2. gradsled	Norm	Var.
Forskel	1	0,01	0,9127	NS	-	-	-
Sommer temperatur	1	7,75	0,0318	*	-	-	-
Vinter temperatur	1	0,15	0,7099	NS	-	-	-
Daglänge		0,07	0,7952	NS	-	-	-
Growing degree days	1	6,76	0,0482	*	-	-	-
Nedbør	1	2,83	0,1437	NS	-	-	-
Frost frie dage	1	0,63	0,4583	NS	-	-	-
Breddegrad	1	0,04	0,8484	NS	-	-	-
Meter over havet	1	2,07	0,2006	NS	-	-	-

Højde	df	F- værdi	Pr>F	niveau	2. gradsled	Norm	Var.
Forskel	1	0,17	0,6931	NS	-	-	-
Sommer temperatur	1	0,90	0,3786	NS	-	-	-
Vinter temperatur	1	0,02	0,9032	NS	-	-	-
Daglänge	1	0,1	0,7651	NS	-	-	-
Growing degree days	1	0,47	0,5192	NS	-	-	-
Nedbør	1	1,09	0,3357	NS	-	-	-
Frost frie dage	1	0,05	0,8284	NS	-	-	-
Breddegrad	1	0,05	0,8297	NS	-	-	-
Meter over havet	1	0,9	0,4024	NS	-	-	-

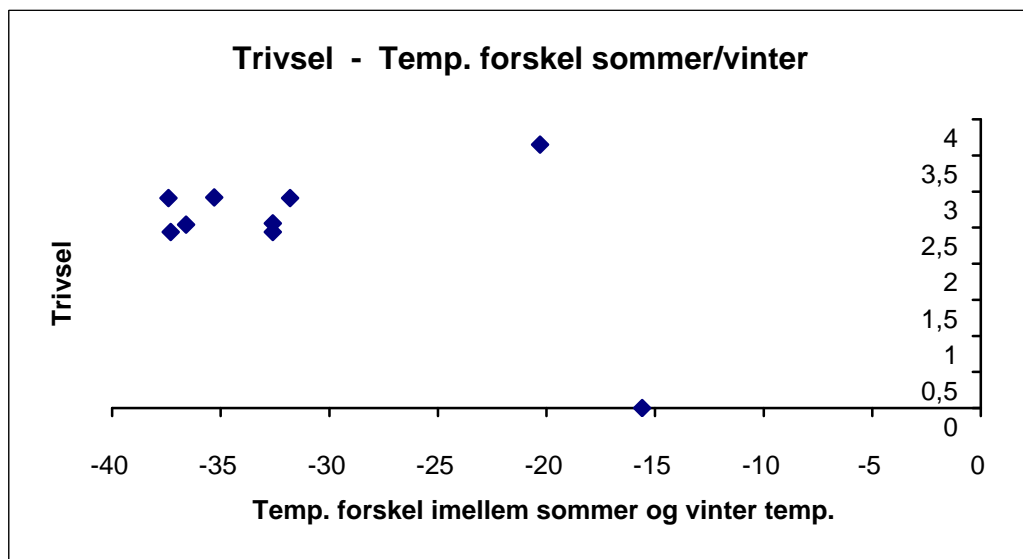
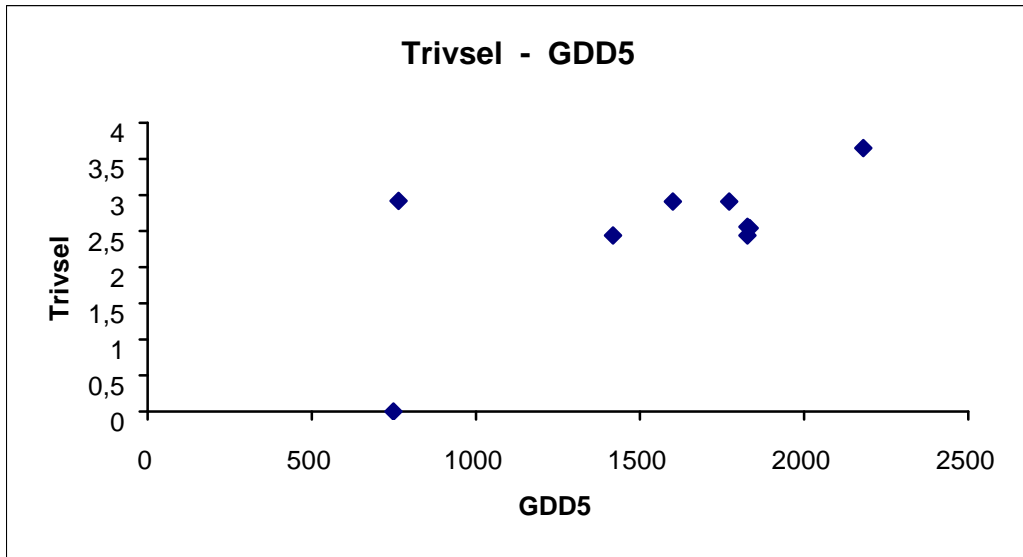
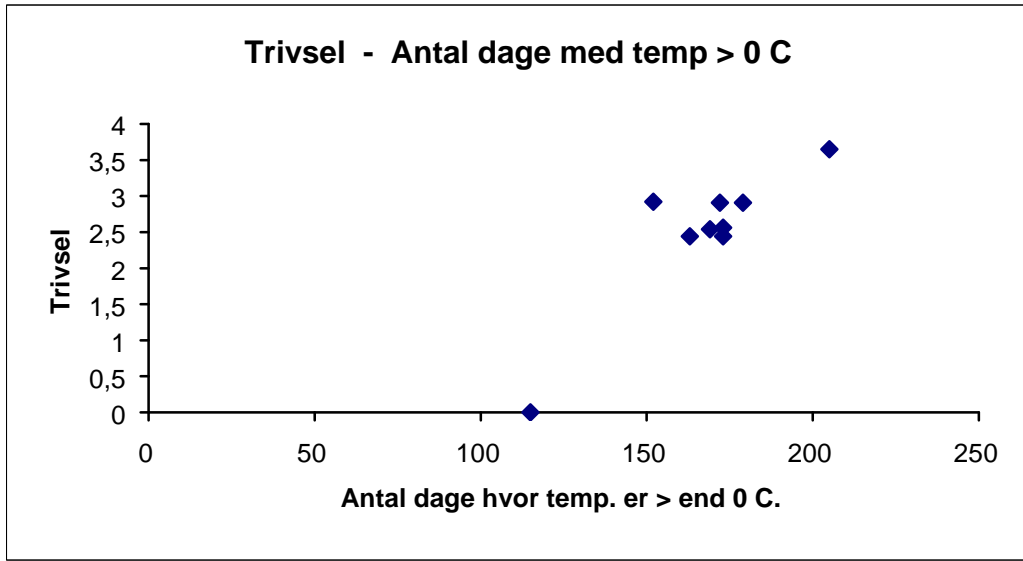
Bilag 11

Resultat fra den ensidede variansanalyse; resterende skemaer; (3)

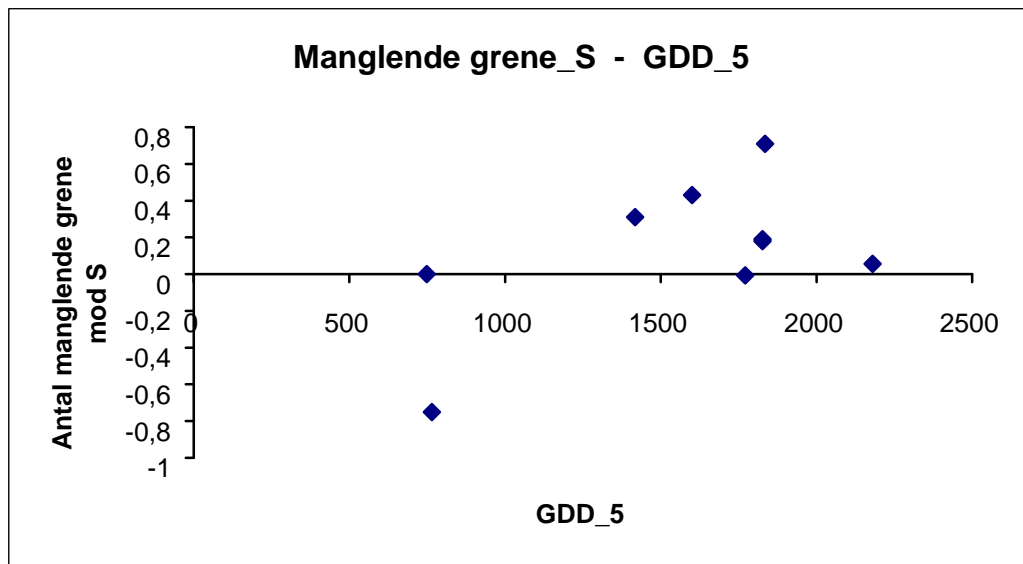
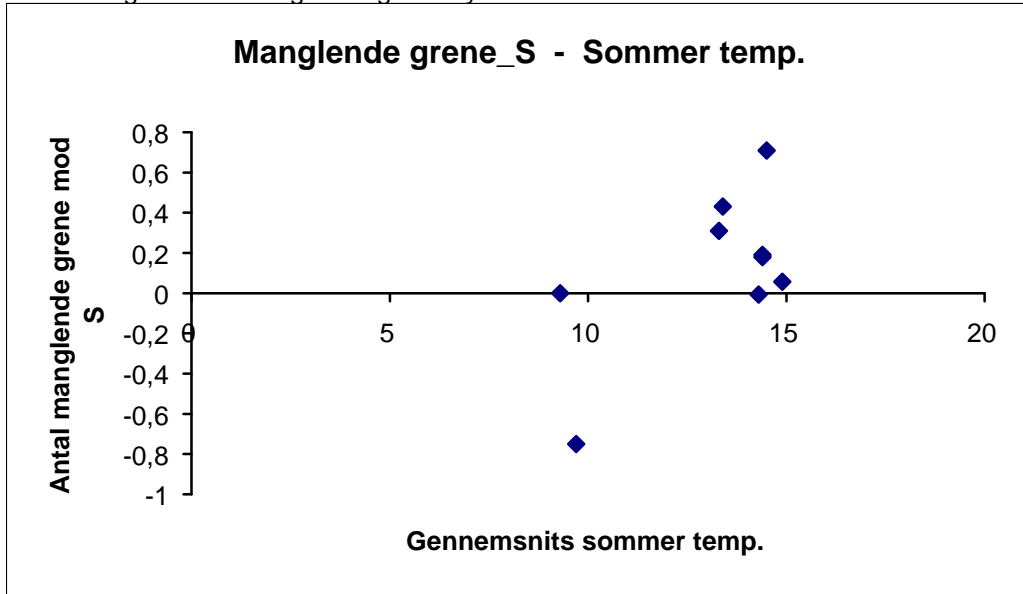
Antal grenkranse	df	F- værdi	Pr>F	niveau	2. gradsled	Norm	Var.
Forskel	1	0,19	0,6766	NS	-	-	-
Sommer temperatur	1	2,73	0,1496	NS	-	-	-
Vinter temperatur	1	0,61	0,4649	NS	-	-	-
Daglänge	1	0,26	0,6263	NS			
Growing degree days	1	2,39	0,1732	NS	-	-	-
Nedbør	1	0,52	0,4987	NS	-	-	-
Frost frie dage	1	1,51	0,2651	NS	-	-	-
Breddegrad	1	0,37	0,5664	NS	-	-	-
Meter over havet	1	0,08	0,7906	NS	-	-	-

Nålelänge	df	F- værdi	Pr>F	niveau	2. gradsled	Norm	Var.
Forskel	1	0,00	0,9479	NS	-	-	-
Sommer temperatur	1	11,87	0,0183	*	X	-	-
Vinter temperatur	1	7,38	0,042	*	X	-	-
Daglänge		0,23	0,6516	NS			
Growing degree days	1	0,47	0,5192	NS	-	-	-
Nedbør	1	1,09	0,3357	NS	-	-	-
Frost frie dage	1	12,16	0,0175	*	X	-	-
Breddegrad	1	0,04	0,8563	NS	-	-	-
Meter over havet	1	0,81	0,4024	NS	-	-	-

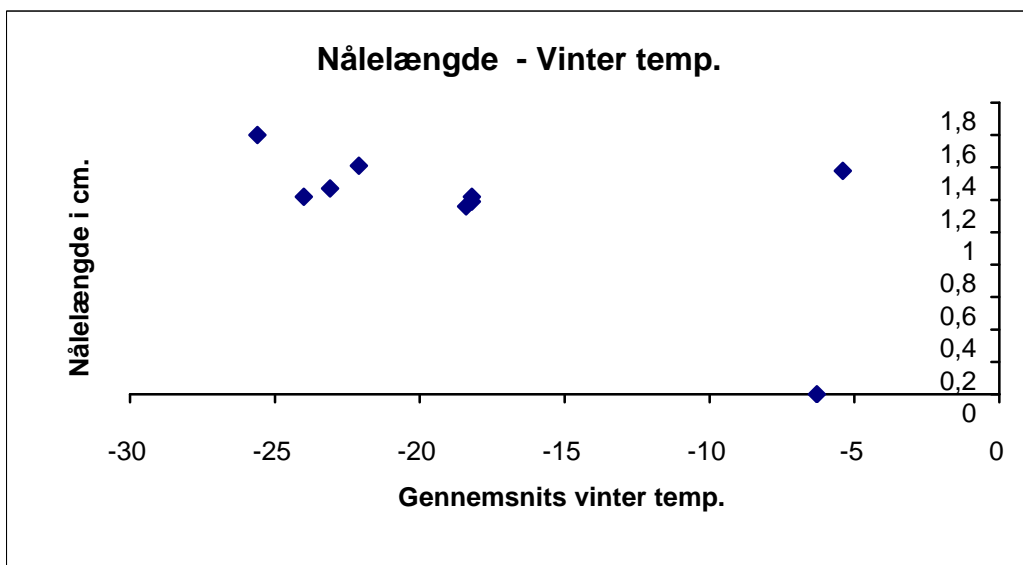
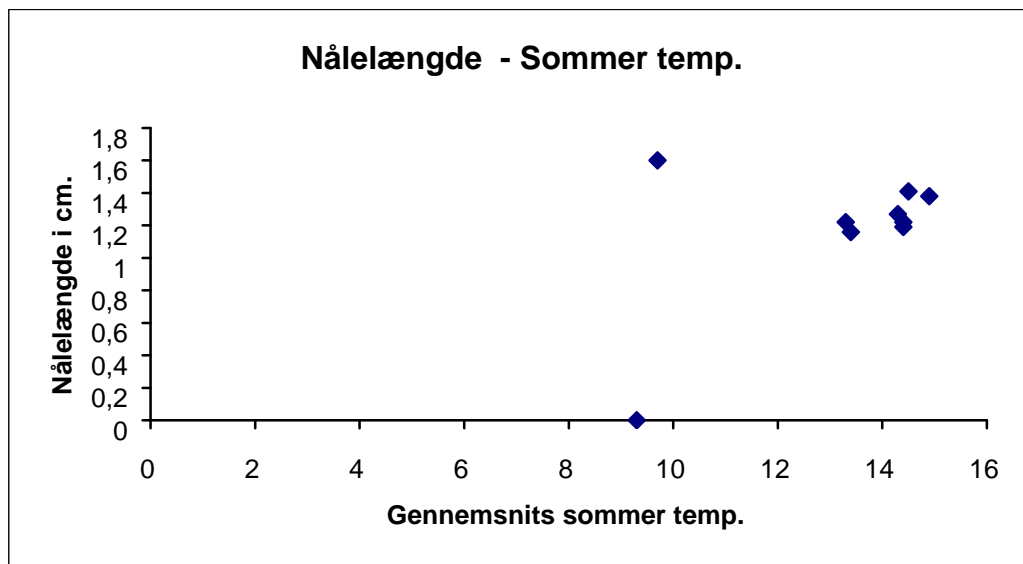
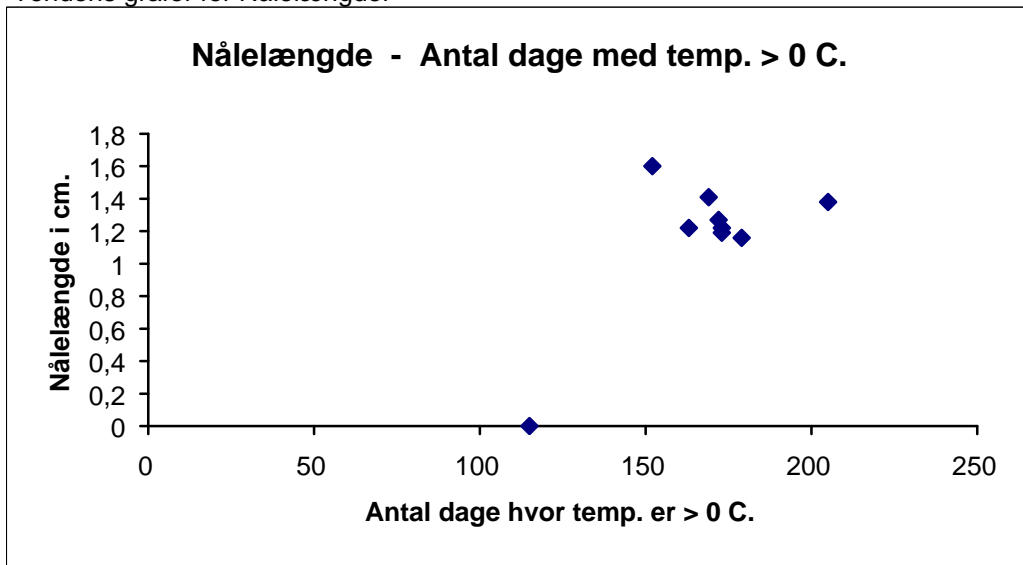
Tendens grafer for Trivsel



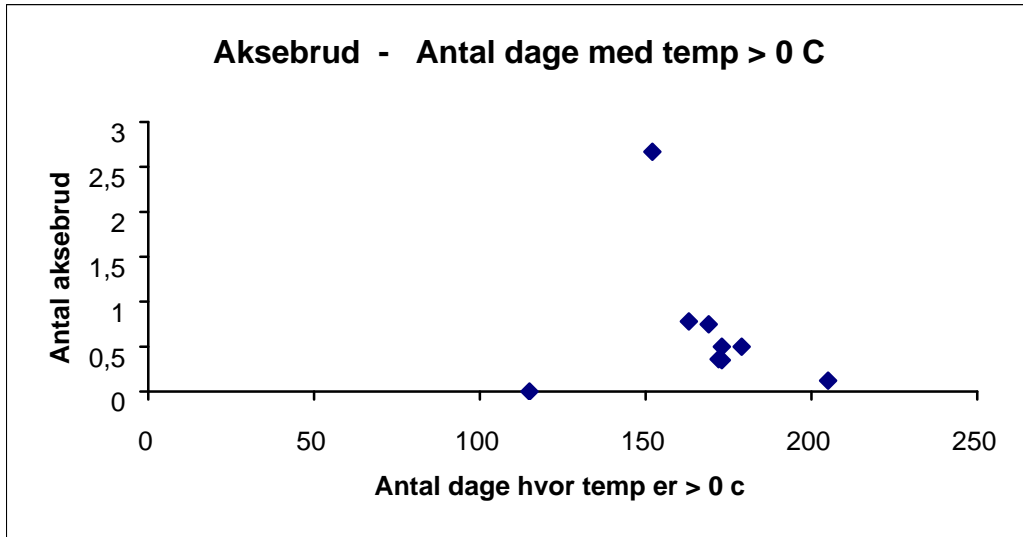
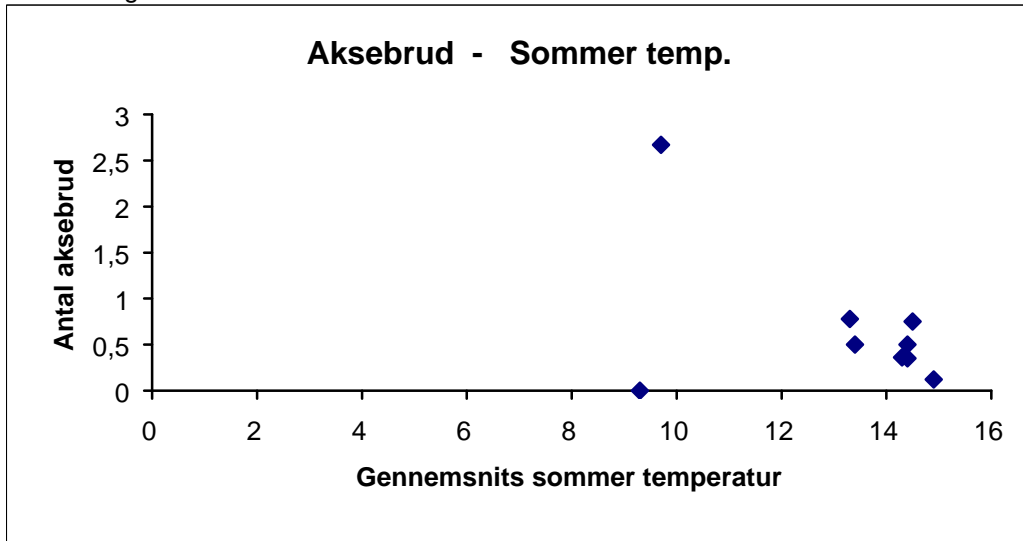
Tendens grafer for Manglende grene syd



Tendens grafer for Nålelængder



Tendens grafer for aksebrud



Bilag 13

Vejledning til Cd_rom

På Cd'en ses forskellige mapper.

I mappen *Rådata fra feltarbejde* ses rådata fra feltarbejdet. Mappen består af 7 filer.

Skema_p.en = skema for *P. engelmannii*

Skema_lasi = skema for *A. lasiocarpa*

Skema_gla = skema for *P. x lutzii*

Skema_glauca = skema for *P. glauca*

Flourmål_p = fluorescens måling for *P. engelmannii*

Flourmål_p. glauca+lutzii = fluorescens måling for *P. glauca* + *P. lutzii*

Flourmål_A.lasiocarpa = fluorescens måling for *A. Lasiocarpa*

P= program , O=output, K=klima

I mappen *Proveniens* findes alle SASudskrifter for proveniens analysen (trin 2). De forskellige egenskaber ligger i undermapper.

I mappen *Klima* findes alle SASudskrifter for klimaanalysen (trin 3). Hver egenskab ligger i en undermappe.