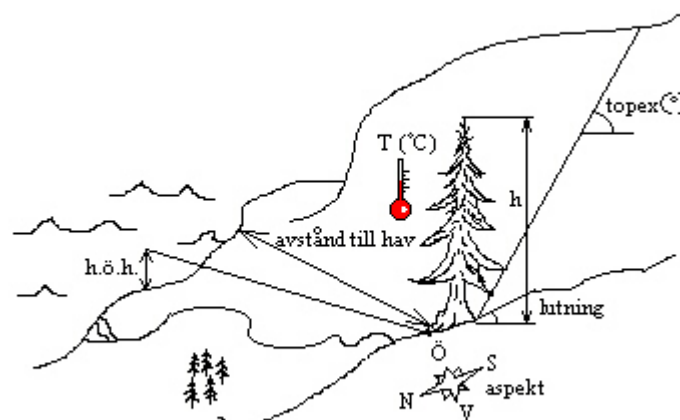


Lunds Universitets Naturgeografiska Institution

Seminarieuppsatser Nr. 85

Tetratermmodellering och regressionsanalyser mellan topografi, tetraterm och tillväxt hos sitkagran och lärk

-en studie i norra Island



Robert Rosenberg



2002

Department of Physical
Geography and Eco System
Analysis
Lund University
Sölvegatan 13, S-221 00
Lund, Sweden



ABSTRACT

This study was made in an attempt to give the forest research centre Mógilsá a produced tetratherm map and a better understanding of how topography and temperature influence the growth of two tree species. The digital tetratherm map model, covering the northern part of Iceland, was developed to investigate the correlation between tetratherm and the growth of *Picea sitchensis* and *Larix (sukaczewii + sibirica)*. The study confirms the usefulness of digital terrain models in providing data for a lot of different factors and for the tetratherm model. Hopefully will this tetratherm map be used in future studies. Secondly, investigations were made correlating the growth of the two species against topographic factors representing height above sea level, distance to the sea, slope and topex. Thirdly, investigations were made comparing the aspect and the ground shape to the growth.

The growth rate of *Larix* had strong significant correlations to the tetratherm and the distance to the sea- factors. *Picea sitchensis* has a correlation to tetratherm and topex. No other factors seemed to have any significant correlations against the growth rate. The only multiple correlation that showed any significance against the growth of *Larix* were distance to the sea and tetratherm. There were no significant multiple correlations when correlating the factors against the growth of *Picea sitchensis*. *Picea sitchensis* have the best growth on plane ground shapes while the ground shape does not seem to matter at all for *Larix*. The best growth of *Picea sitchensis* was indicated on south to north-westerly aspects while the best growth of *Larix* appeared to be suited on west to northerly aspects.

Comparing the results to other studies and the origin of the species gave a lot of information and made it easier to understand why there were any or none regression. This really gives an understanding of why it is good to dig into tons of papers and books.

Correlations were made comparing tetratherm against the wind speed, height above sea level and distance to the sea. The parameters explained 74 % of the variation of the tetratherm. Therefore would it be interesting to further develop the tetratherm model by including the helping variables wind speed and distance to the sea to perhaps get a better result.

Field measurements, missing provenience data, different plant age and different size of the plants when planting them are some of the most prominent sources to errors in the growth data. Only field measurements are supposed to give an error of 5 to 10 percent of a 30 to 40 year old tree. The errors have not been taken into count in the regression calculations.

SAMMANFATTNING

Arbetet är utfört åt skogsforskningsstationen Mógilsá som ligger strax norr om Reykjavík. Forskningen inom Mógilsá bedrivs inom delar av eller för hela Island med inriktning inom exempelvis dendrokronologi, proveniensförsök, och studier av insekter.

Sedan 1900-talets början har inplantering av exotiska trädarter blivit allt vanligare och i en allt större skala. Syften med inplanteringen är bland andra att motverka jorderosion, bilda rekreationsområden och att skapa ytterligare arbetstillfällen på glesbygden. Under det senaste decenniet har allt större satsningar gjorts för nyplantering av skog på grund av lyckosamma resultat från tidigare planteringar. För att veta inom vilka områden som olika trädslag lämpar sig bäst är det av vikt att förstå vad som medverkar till en god eller dålig tillväxt. Viktiga faktorer att studera är bland andra jordarter, plantornas ursprung, dräneringsförhållanden, klimat och topografi.

Syftet med detta arbete är att finna samband mellan topografiska faktorer samt tetraterm och tillväxt hos sitkagran (*Picea sitchensis*) och lärk (*Larix sibirica* och *Larix sukaczewii*). På uppdrag av Mógilsá modelleras dessutom en tetratermkarta fram vilken kan användas för kommande bruk inom skogsforskningen. Kartan utnyttjas i detta arbete för att finna samband mot tillväxt för sitkagran och lärk. De topografiska faktorerna är avstånd till hav, höjd över hav, aspekt, topex, slutningslutning och markform. Aspekt är detsamma som slutningsriktning och markformstyperna är konvex, konkav eller planmark. Topex kan beskrivas som ett topografiskt index för lä/skyl där närliggande och fjärrliggande områden mäts i åtta väderstrecksriktningar. Efter mätningar med klinometer adderas siffrorna ihop och blir mätpunktens topexvärde. Tetraterm är medeltemperaturen för månaderna juni, juli, augusti och september.

Undersökningsområdet begränsas till dalsystemen på norra Island, under 300 meter över havet, där största delen av befolkningen bor. Tillväxt-, aspekt-, slutningslutnings-, topex- och markformsdata var redan inhämtad från tidigare fältmätningar. För än bättre vetskap om felkällor gjordes ett deltagande i fält under två veckor på södra Island. Höjddata och allmän digital data hämtades på RALA (Rannsóknastofnun landbúnaðarins) och var grunden till information om höjd över hav, avstånd till hav och för modellering av tetraterm.

Litteraturstudier över tidigare testplanteringar av lärk och sitkagran utförda på Island och i andra länder gav en god inblick i trädarternas egenskaper och en föraning om de i arbetet kommande resultaten.

Enligt resultaten blev slutsatsen att tillväxten för lärk hyser samband med hög signifikans mot avstånd till hav och tetraterm och att tillväxten för sitkagran visar samband mot topex och tetraterm. Övriga faktorer gav ej några samband mot tillväxten. Lärk har sin bästa tillväxt i en västlig till nordlig aspekt men verkar vara oberoende av markformen den växer på. Sitkagran väser bäst på sydliga till nordvästliga slutningsaspekter och på planmark. Vid modellering av tetratermkartan ingick temperaturdata, en höjdkarta i digital form och temperaturgradienten, motsvarande den teoretiska, -0.006 °C per ökad meter över havet. För att förbättra och vidare utveckla tetratermmodellen kan kanske en kombination av parametrar som exempelvis vindhastighet, och höjd över hav och avstånd till hav användas.

Mätmetoder, saknade proveniensdata, olika storlek på plantor, olika åldrar för träddata och saknade standardiserade tillväxtkurvor är de främsta av källorna till feluppskattningar i tillväxt för trädslagen. Enbart mätningen av tillväxten uppskattas kunna ge ett felvärde motsvarande +/- 1-2 cm/år eller 5 till 10 % av ett 30 – 40 år gammalt träd. Felkällorna medtages ej i beräkningarna då det är osäkert hur stora de egentligen är men medvetenheten om dem är ett måste.

FÖRORD

Jag vill först rikta ett stort tack till mina handledare Ólafur Eggertsson, Arnór Snorrasson och Micael Runnström samt till Rannveig Ólafsdóttir. Rannveig skapade kontakten mellan mig och Ólafur samt Arnór. Hon har varit till stor hjälp som vid diskussioner och med sin tillgång till olika Isländska data. Ólafur hjälpte liksom Arnór till att skaffa fram nödvändigt material för arbetet och medel som täckte kost och logi. Tack för gästfriheten och att ni visade mig en del av Island och såg till att jag trivdes. Micael Runnström handledde arbetets upplägg och var en hjälpande hand vid beräkningar och GIS-tillämpningar.

Jag vill också tacka följande personer:

Övrig personal på Mógilsá har givit mig information, goda råd och många intressanta pratstunder. Ólafur Arnalds, för arbetsplatsen jag förlänades på RALA (Rannsóknastofnun landbúnaðarins) och till GIS-killarna som var till hjälp vid vissa GIS-moment samt övrig personal för trevliga diskussioner. Guðbjörk Vernhardsdóttir för husrum.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

ABSTRACT	3
SAMMANFATTNING	4
FÖRORD	6
1. INLEDNING	9
2. SYFTE	10
3. BEGRÄNSNING	10
4. BAKGRUND	11
4.1 HISTORISK BAKGRUND	11
4.2 DAGENS SKOGS- OCH BUSKLANDSKAP	11
4.3 ÅTERBESKOGNINGSPROJEKT	12
4.4 SKOGSFORSKNINGSSTATIONEN MÓGILSÁ	13
4.5 ARTBESKRIVNING	13
4.6 OMRÅDESBESKRIVNING	17
4.7 KLIMAT	19
5. METODIK	21
5.1 DEFINITIONER	21
5.2 VAL AV OBEROENDE KLIMATOLOGISKA/TOPOGRAFISKA FAKTORER	21
5.3 DATA	23
6. RESULTAT	27
6.1 STATISTIK OCH FÖRUTSÄTTNINGAR	27
6.2 KORRELATIONSMATRISER	27
6.3 REGRESSIONSANALYSER	28
6.4 TETRATERMKARTA ÖVER NORRA ISLAND	29
6.5 ASPEKTFÖRHÅLLANDEN.....	30
6.6 MARKFORMENS PÅVERKAN.....	31
7. SLUTSATS	32
8. DISKUSSION	33
9. FELKÄLLOR	36
10. REFERENSER	38
BILAGA 1	41
BILAGA 2	42
BILAGA 3	43
BILAGA 4	43
BILAGA 5	44

BILAGA 6	45
BILAGA 7	45
BILAGA 8	46
BILAGA 9	47
BILAGA 10	48

1. INLEDNING

På grund av den till ytan minskade vegetationen och stora erosionen av jordarna stiftades lagar för bevarandet av skog och jord i början av 1900-talet. Under detta skede föddes Iceland Forest Survey (IFS) vilket är ett statligt styrt projekt för nyplantering av träd på Island, såväl inhemska som exotiska. Betydande projekt för bevarandet av skog respektive jord, är Héraðsskógar och Suðurlandsskógar respektive the State Soil Conservation Service (SSCS) med flera. Under 1950-talet och framåt kom det årliga antalet nyplanterade träd att överstiga 500 000, sedan 1990 planterades årligen omkring 2 000 000 träd. Detta beror på skapandet av nya landstäckande projekt och större satsningar för plantering av skog. En stor mängd exotiska provenienser har testplanterats och utvärderats över så gott som hela den befolkade delen av Island (Hummel, 1976; Bragason, 1995; Eysteinnsson et al, 1995; Sigurjónsdóttir, 1996). Runt år 2000 ökade antalet planterade träd ytterligare en dimension efter resultatet av 1990-talets testplanteringar som blev mycket framgångsrika i exempelvis området runt Hallormsstaður, östra Island. Under denna tid tillkom ett nytt syfte med skogsplanteringen, nämligen att försöka stoppa avfolkningen på landsbygden genom att introducera ett nytt arbetsområde nämligen skogsbruk.

Många av de introducerade, exotiska trädslagen har odlats i större skala sedan 1950-talet. Därför är det först under de senaste årtiondena som resultat från tillväxten av exempelvis lärk och sitkagran kunnat utvärderas. För att våga göra ännu större satsningar med exotiska trädslag på Island behövs bland annat vetenskap om hur klimat och topografi påverkar tillväxten.

Arbetet behandlar en klimatologisk samt några topografiska variabelers påverkan på tillväxten för sitkagran (*Picea sitchensis*) och lärk (*Larix sukaczewii* och *Larix sibirica*) på norra Island och kan ge ny information inför kommande planteringar. En digital temperaturkarta för vegetationsperioden juni till september (tetraterm) över norra Island är ett av resultaten och kommer att korreleras mot tillväxten. Arbetet syftar till att bearbeta, analysera och visualisera de regionalt spatiella sambanden.

Liknande arbeten har utförts för hela eller valda delar av Island där höjd över havet, temperatur, nederbörd med mera har jämförts med tillväxten för lärk och sitkagran. Samband mellan trädttillväxt och olika klimat- och topografiska variabler har ofta kunnat påvisas (Fredman, 1991; Lindhagen, 1990; Karlsson, 1990; Worrell et al, 1990).

2. SYFTE

Syftet med detta arbete är:

- 1) Att undersöka och utvärdera hur tetraterm påverkar 2 olika trädslags, sitkagran och lärk, tillväxt i höjdlid
- 2) Att undersöka och utvärdera hur topografiska faktorer påverkar tillväxten
- 3) Att tillverka en tetratermkarta i digital form över norra Island

3. BEGRÄNSNING

Undersökningsområdet har begränsats till norra Island från 0 – 300 m ö h. Fältdata hamnar då inom de lägre partierna av kust-, fjord- och dalsystemen Húnaflói, Skagafjörður, Eyjafjörður, Skjálfandi och Öxarfjörður. Efter det isländska referenssystemet ISN 93 (se avsnitt Bakgrund områdesbeskrivning) blir den geografiska begränsningen:

X-min = 393 473 (m), X-max = 682 473

Y-min = 485 435, Y-max = 672 895

De undersökta trädarterna är sitkagran (*Picea sitchensis*) och lärk (*Larix sibirica* + *Larix sukaczewii*). Eftersom lärksorterna enligt många observationer har en likvärdig tillväxt sammanfogas de till trädsorten lärk.

De oberoende klimatologiska och topografiska faktorerna är, tetraterm (se definitioner), höjd över hav, avstånd från havskust till respektive observationsplats, sluttningslutning, mätpunktens aspekt, grad av lä/skyl (även kallad topex eller topografiskt skyl (Worrell et al, 1990)) och markform.

All träddata som medtagits i detta arbete är uppvuxna i en skog/skogsdunge. Några av de fältdata som hamnade inom undersökningsområdet (se avsnitt Områdesbeskrivning nedan) var träd uppvuxna i trädgård. Dessa har eliminerats eftersom de har en annan förutsättning för sin tillväxt. Eftersom de oftast har uppmätts i närheten av havet hade resultaten kunnat ge en signifikans som egentligen ej finns. I detta fall föll tanken på sambandet mellan tillväxt och avstånd till havet.

Det finns ett knapphänt underlag för vilka provenienser som förekommer för respektive mätpunkts bestånd. Därför kommer all träddata för varje trädslag i grunden att behandlas som likvärdiga oavsett proveniens.

4. BAKGRUND

4.1 Historisk bakgrund

Delar av Islands jordar tros ha genomgått en större tillbakagång i sitt näringstinnehåll de senaste århundradena speciellt omkring lilla istiden 1500 till 1900. Efterhand som tillbakagången fortskridit verkar även vegetationen ha minskat. Pollenanalyser, skrifter från 1100-talet, tepräkronologier och sjösediment är några indikatorer på hur växtligheten har skiftat från tid till annan. Vulkanutbrott kan ödelägga större skogslandskap i och med utsläpp av lava och aska samt genom att de kan medverka till en kraftig temperatursänkning som kan vara över flera decennier och därmed hämma trädens tillväxt och förflytta skogsgränsen. Antropogen påverkan såsom överbetning, dikningar/dräneringar och markberedning genom röjning av träd kan komma att hämma jordars stabilitet och därmed dess potential för tillväxt av grödor. Människors invandring till Island tros ha börjat runt 850- 900 e kr och jordbrukets introducering kan ha givit erosionen en extra skjuts. Exempelvis beskriver Arnalds (1984) ”Severe erosion and degradation of ecosystems has taken place in Iceland since the country was settled 1100 years ago”. Vidare skall ca 60 % av ytan vid den tidpunkten ha varit vegetationsbeklätt (Arnalds, 1984; Greipsson, 1998) men det förekommer delade meningar om detta. Björkvegetationen tros ha minskat med ca 90 % sedan invandringen för 1100 år sedan till idag men detta är väldigt osäkra siffror (Ólafsdóttir et al, 2001). Även om det finns tvetydigheter i det ovan beskrivna har en reduktion av de trädbeklädda områdena skett och resulterat i att de idag täcker dryga 1 % av Islands yta. I slutet av 1800- och i början av 1900-talet planterades olika exotiska trädarter på delar av Island. Detta var främst för att motverka erosionen av jordarna och för att återbeskoga Island. Många har varit skeptiska och motsatt sig introduktionen av de exotiska trädslagen och menar att de kan slå ut delar av den inhemska faunan (Gunnarsson muntligen). Dock har exotiska trädslag fortsatt att introduceras på de Isländska jordarna.

4.2 Dagens skogs- och busklandskap

De trädbeklädda områdena täcker idag ca 1.33 % av Islands 103 000 km² (Gunnarsson, 1999). Den inhemska björken utgör omkring 117 000 till 118 000 ha. En mycket liten andel av björken når 8- 10 meters höjd och därför kan björk i terrängen ofta liknas vid och klassas som ett busklandskap. Övriga skogsområden, ca 15 000- 20 000 ha, består till större del av importerade exotiska trädslag som planterats över hela Island (Gunnarsson, 1999). Av de importerade exotiska trädslagen är 2/3 barrträd. De mest använda exotiska trädarterna är bland andra sitkagran (*Picea sitchensis*), rysk lärk (*Larix sukaczewii*), sibirisk lärk (*Larix sibirica*), Alaskasp (*Populus trichocarpa*), Alaskavide (*Salix alaxensis*), vitgran (*Picea glauca*) och kontortatall (*Pinus contorta*).

4.3 Återbeskogningsprojekt

De återbeskogningsprojekt som står under IFS är (Gunnarsson muntligen):

- Héraðsskógar (skogsprojekt på östra Island, start omkring 1990)
- Súðurlandsskógar (södra Island, 1998)
- Norðurlandsskógar (norra Island, 1998/-99)
- Vesturlandsskógar (västra Island, 1999/-00)
- Skylskogar (sv. översättning) (nordvästra Island, 1999/-00)

Markägare kan idag ges statliga medel för att plantera träd om de går med i något av projekten som syftar till att återbeskoga Island. De får betalt per planterad planta, för att sätta upp skyddsstaket och för nödvändiga gallringar. Från det att planteringen har skett tillhör den markägaren. Först måste ägorna uppfylla vissa krav som enligt IFS är grundförutsättningar för nyplanteringen. Folk från IFS ställs öga mot öga med markägaren och diskuterar igenom förutsättningarna för nyplantering av träd på ägorna. I samråd med markägaren bestäms sedan en skogsbruksplan där hänsyn tas till exempelvis fornlämningar, väg-, vatten- och elnät med mera (Bilaga 1). Denna skogsbruksplan skall kontinuerligt uppdateras vart tionde år i fyrtio år (Gunnarsson Karl, muntligen).

Andra landsomfattande projekt för plantering av skog är Skógræktarfélag Íslands och Landgræðsla ríkisins. Det förstnämnda projektet har över 7000 medlemmar inom ca 56 föreningar fördelade över hela riket. Det andra projektet är till för bevarandet av jordarna samt bindandet av kol till träd och mark genom trädplanteringar och planteringar av lupiner (Blöndal et al, 1999). Lupiner är väl anpassade till att växa på väldigt näringsfattiga jordar och kan därför introduceras på exempelvis sandurfält med undermålig vegetation och dåligt näringsinnehåll. Lupinplanteringar hör egentligen ej till arbetet men bör nämnas därför att det är ett intressant försöksområde. Försöksplanteringar sker bland annat på sandurfält med liten eller ingen vegetation. Dessa försöksområden kan i vissa fall liknas vid en oas mitt i en ”öken”. För den intresserade besökaren kan nämnas ett testplanteringsområde som ligger intill den nord-sydligt riktade vägen som löper strax väster om Stori Dimon.

Enligt Gunnarsson (muntligen) är syftena med återbeskogningsprojekten bland andra:

- Att försöka hålla landskapet levande och motverka avfolkning från glesbygden
- Motverka erosion
- Skapa rekreationsområden
- En möjlig framtida inhemsk produktion av timmer
- Julgransproduktion
- Skyl
- Träproduktion för snideri med mera

4.4 Skogsforskningsstationen Mógilsá

Mógilsá står under den Isländska skogsstyrelsen och jordbruksministeriet. Forskningsstationen är belägen en dryg mil norr om Reykjavik på foten av fjället Esja. En del av forskningen där går bland annat ut på att mäta kolhalten/kolupptagandet i träd och dess tillväxt och göra proveniensförsök av inhemska och utländska trädslag. Här bedrivs också forskning över insekter, genetik, tillväxtförhållanden, dendrokronologi och spridande av information till befolkning om Islands återbeskningsprojekt med mera. Forskningen kan gälla för vissa delar av men också för hela Island. Utöver kontorsarbete förekommer ofta fältarbeten av olika slag. Det här examensarbetet utförs inom Mógilsá för att ge dem underlag för den spatiella fördelningen av mätpunkter över lärk och sitkagran på norra Island och hur trädslagen påverkas av topografi och temperatur.

4.5 Artbeskrivning

Sitkagranen (*Picea sitchensis*) kommer ursprungligen från Nordamerika och breder ut sig som ett smalt bälte, vanligen 50 – 100 km från kusten, från sydcentrala Alaska (61° N) till norra Kalifornien (39°N). Alltså från Kodiakön, Alaska, i norr till Mendocino county, Kalifornien, i syd (MacDonald et al, 1957). Granen är därför anpassad efter ett kallt hypermaritimt, maritimt klimat och kan tåla vindburet salt till en viss grad. Men granen växer även till vissa delar i ett kontinentalt klimat (Wood, 1955). Den förhåller sig oftast på altituder lägre än 1000 meter. Den årliga medelnederbörden för sitkagranens naturliga utbredningsområden är ca 1250 mm/år och når på vissa ställen 2000 – 3000 mm/år. På vissa ställen understiger nederbörden 1000 mm/år. Exempelvis ligger den årliga nederbörden i Skagway-området, Alaska, runt 660 mm/år. Rotsystemet är lateralt fördelat och arten kan nå en höjd av 50- 70 m. Tåligheten mot starka vindar är stor i och med sitkagranens speciellt strukturerade rotsystem (Barkved, 1964). Dessutom skall den ha en god tålighet mot skugga men ej av överhängande vegetation.

Sitkagran har brukats i över 100 år i Storbritannien med blandat resultat. För bästa tillväxt har där krävts djupa och väldränerade jordar som exempelvis fuktiga hedar (Wood, 1955). Torra jordar samt låg nederbörd ger enligt MacDonald et al. (1957) en dålig tillväxt för sitkagranen i Storbritannien. Den verkar i stället trivas som bäst i områden med hög nederbörd (Wood, 1955). Day (MacDonald et al, 1957) har framlagt att tunna jordlager ger sitkagranen en snabb tillväxt vid unga år men sämre då trädet har vuxit till sig. Detta kan kanske bero på väldränerade jordar men med för liten näringshalt.

Henriksen (1959) utforskade sitkagranens tillväxt i Danmark och kom fram till att sandiga jordar ger en ostabil utveckling för tillväxten. Jordar med högt grundvattenstånd gav däremot en stabilare utveckling. Enligt Barkved (1964) trivs sitkagranen bäst på näringsrika jordar. Den är ändock lätt att adaptera på moränmarker som nyligen avisats från glaciärer och den kan slå rot på berg som sticker upp ur istäcken och till och med på sanddyner samt nya alluviala depositionsytor (Wood, 1955). Pionjärträd är en bra beskrivning på denna trädart. Henriksen (1958) beskriver att torra kan ha en negativ påverkan på sitkagranens hälsa efter resultaten av sitkagranodlingar i Danmark. Den årliga medelnederbörden för de sitkagranens naturliga utbredningsområden är, som ovan

beskrivits, ofta hög. Därmed kan det tänkas att låg nederbörd innebär en minskad tillväxt för granen. En av indikationerna till detta är Ahlbäcks (Fredman, 1991) examensarbete som handlar om sitkagranens tillväxt i södra Sverige och Danmark. Där framkom att sitkagranens tillväxt i höjded tycks ha ett samband med bland annat:

- Nederbörden under maj och juni.
- Torka begränsar tillväxten.

Läbälten av sitkagranen har testats i Storbritannien bland annat på grund av dess goda resistens mot hårda vindar (MacDonald et. al, 1957). Samma författare sätter också en altitudal gräns för sitkagranens tillväxt i västra Storbritannien när det gäller påverkan genom dess utsatthet av vind:

- 600 - ~700 meter (1800 - 2000 fot) över havet på platser med liten utsatthet.
- 170 - ~300 meter (500 - 1000 fot) över havet på ytor med hög utsatthet.

Trots ett gott motstånd mot vind har vindskador ofta rapporterats i Storbritannien. Enligt MacDonald et al. (1957) beror det på att tillväxten av ledskotten varit mycket snabba och att de därför lättare bryts av vid kraftiga vindbyar.

Sommartemperaturen behöver enligt Wood (1955) ej vara hög men fuktigheten bör vara det för en bra tillväxt. Sitkagranen är känslig mot stora temperaturskillnader i samband med frostbildning. Men detta kan skifta ganska stort med vilken proveniens som trädet har. I Storbritannien har försök med olika provenienser av sitkagran prövats. Där fann de tidigt den stora skillnaden i frostålighet mellan de olika provenienserna, särskilt vid jämförelsen mellan sydliga och nordliga (MacDonald et al, 1957).

Enligt Warren (1987) konstaterades att följande faktorer från undersökningar i norra Storbritannien medverkar till en ökad produktion:

- Minskad höjd över havet.
- Lokaler belägna i inlandet.
- Låg vindexposition och hög medeltemperatur.
- Slutningar med nordlig eller östlig exposition.
- Ökat topex-värde.

Sitkagranen har nu funnits så pass länge på Island att tredje generationens frön, från sitkagranar på Island, kan börja användas för återplantering (Bragason, 1995). De första importerade provenienserna kom från sydöstra Alaska men man har efterhand övergått till att plantera in provenienser som kommer längre norr- och västerifrån (Hummel, 1976).

Det har konstaterats att södra och västra Island tycks vara den bästa platsen för sitkagranens tillväxt. 1988- 1989 planterades 40 olika provenienser av *Picea sitchensis*. Det visade sig att de sydligaste provenienserna klarade sig sämst vad gäller frostskador samt att variationen av frostskador inom de flesta av alla testprovenienser var överraskande stor (Bragason, 1995). Fredman (1991) undersökte sitkagranens höjdtillväxt mot klimatvariabler på sydvästra och västra Island och fann en högsta korrelation mellan höjdtillväxt och svår höstfrost. Svår höstfrost innebar i detta fall att

dygnsminimitemperaturen är < -3 °C någon gång under perioden 1 augusti – 10 september från föregående år.

De provenienser av *P. sitchensis* som importerats till norra delen av Island och som kan ingå i materialet är (Bilaga 2)(Þorsteinsson, 1994):

- Cordova
- Homer
- Seeward
- Sitka
- Kodiak

Alla kommer från Alaskas södra kustområden. Hummel (1976) gjorde jämförelser mellan luftmassorna och dess temperaturer för juli månad över Island och södra Alaska. Även om det fanns likheter mellan vissa dalområden i norra Island och södra Alaskas kustområden konkluderades att sitkagranen ej är lämpad till att växa på norra Island.

Larix sibirica har länge setts som en och samma art bestående av både den sibiriska (*L. sibirica*) och den ryska (*L. sukaczewii*) lärken. På island är de dock separerade och behandlas ofta var för sig även om de har många gemensamma egenskaper.

Den sibiriska lärken (*Larix sibirica*) kommer ursprungligen från centralsibirien och norra Kina. Utbredningen når upp åt den nordliga polara skogsgränsen. Höjden blir normalt 15 – 20 meter och åldern omkring 100 år. Löven är barrformade, mjuka och blir gula framåt hösten innan de trillar av. Den trivs bäst i fuktiga och väl-dränerade jordar, har liten tåligghet mot torka och är mycket ljuskrävande. Därför bör bestånden ej stå för tätt intill varandra. Den har planterats bland annat som läbälten på grund av sitt täta grenverk.

Larix sukaczewii liknar den sibiriska lärken i mycket men det förekommer dock vissa skillnader förutom den ursprungliga geografiska utsträckningen. Den är mindre frostkänslig och tycks vara mindre känslig överlag för det snabbt växlande vädret på Island. Detta kan bland annat bero på att rysslärkens provenienser är mer maritimt belägna än för sibirisk lärk.

Under perioden 1900 - 1907 inplanterades *Larix sibirica* för första gången på Island. Planteringarna brukade ske i skydd av eller inom områden täckta med björk Men framåt 1960-talet och vidare har lärken kommit att planteras utan inblandning av de skyddande terrängerna med björk. Sedan dess har över 100 provenienser av släktet *Larix* blivit inplanterade. Den största framgången har gjorts med provenienser från *Larix sibirica* och *Larix sukaczewii*. De har en volymproduktion, under 200 m ö h, som för många islänningar för tanken till en framtida timmerproduktion (Sigurjónsdóttir, 1996).

Utmärkande för lärksorterna ovan är deras låga krav på näringsrik jord. Den kan överleva på näringsfattig och grovkornig jord med fattig undervegetation. Näringsfattiga jordar kan därefter på kort tid komma att ändra marken till en näringsrikare jord med större rikedom på undervegetation (Bragason, 1995). Källan till denna vegetationskonvertering tros vara en mykorrhizasvamp och dessa iakttagelser har gjorts på Island. Även Sigurjónsdóttir (1996) fann en förändring i markens näringsinnehåll där lärk hade planterats. Näringshalten för kväve, kalcium, järn, mangan, magnesium, svavel, bor och organiskt kol hade minskat medan halten fosfor och kalium hade ökat. Jorden hade blivit uppluckrad och fått ett något lägre pH-värde. Slutsatsen blev att trots en fattig jord

så har tydliga indikationer på förändringar i jordens näringsinnehåll kunnat observeras. Lärken synes därför vara, även om det finns andra påverkande faktorer, mycket bra på att tillvarata näringsämnen.

Både *Larix sibirica* och *Larix sukaczewii* är känsliga för vår- och höstfrost. Mindre och moderata skador på grund av vårfrost och höstfrost har noterats på norra Island (Snorrason, 1986). Allvarligare skador orsakade av höstfrost observerades 1979. Året 1993 observerades det i hallormsstadur en stor mängd barrskador för sibiriska och ryska lärkar (Eysteinnsson et al, 1995). Orsaken till detta tros vara en mycket varm vår som följdes av frostnätter i mitten av maj (-5°C den 13 maj). Därefter var medeltemperaturen för juni, juli och augusti lägre än normaltemperaturen för denna period. 13 lärkprovenienser undersöktes och det konkluderades att den sibiriska lärken var sämst anpassad för frost på senvåren men att de ändå är förhållandevis väl anpassade till vårfrost. Samma område drabbades senare av ”conifer canker” troligen beroende på den kalla sommaren. Detta är en svampinfektion som försvagar trädet eller till och med kan ta död på det.

För att förhindra skador startar lärken sin invintringsprocess då nattlängden nått en kritisk nivå. Om lärken förflyttas till en nordligare breddgrad innebär detta en omställning av invintringstidpunkten (Lindhagen, 1990). Detta kan komma att ske på norra Island som ligger strax söder om polcirkeln eftersom huvuddelen av lärkprovenieserna kommer från sydligare breddgrader. Mikola et al (1995) undersökte medelhöjden för *Larix sibirica*, proveniens Raivola, på 10 olika lokaler över Finland. Notera att provenienserna Raivola på Island tillhör förgreningen *Larix sukaczewii*, alltså den ryska lärken. Raivola ligger i anslutning till finska viken och anses vara mer lämpad för ett maritimt än ett kontinentalt klimat. Det visade sig att tillväxten i höjdd tenderade att minska med ökad breddgrad från 60° 51' till 66° 40' samt med längre avstånd till kusten.

Eysteinnsson et al (1995) sammanfattade att den kalla sommaren 1995 hämmade den sibiriska lärkens tillväxt mer än för den ryska. Speciellt de ryska lärkprovenieserna Raivola och Archangelsk, med Finland som mellanled, klarade sig bäst. Lindhagen (1990) kom fram till en liknande slutsats. Det klart högsta sambandet mellan trädringstillväxt för *Larix sibirica* samt *Larix sukaczewii* var antalet dygn med en maximitemperatur $\geq +15^{\circ}\text{C}$ under perioden 1 maj – 31 augusti. Den ackumulerade summan av antalet dagar då dygnsmedeltemperaturen $> 6^{\circ}\text{C}$ under perioden 1 maj – 31 augusti visade också ett samband mot tillväxten inom ett 99 % konfidensintervall med ett positivt t-värde. Hallormsstadur, östra Island, var undersökningsområde för detta resultat och *Larix sukaczewii* visade sig ta bäst till vara på de varma sommardagarna. Dock verkar *Larix sibirica* ta bäst till vara på de kalla sommardagarna (Snorrason, 1986). Med andra ord kan det ibland vara svårt att skilja lärksorterna åt rent växtmässigt.

Nederbörden under augusti månad gav en signifikans mot träringstillväxten i Hallormsstadur (Lindhagen, 1990). Det visade sig att tillväxten inom ett 95 % konfidensintervall avtog med ökad nederbörd. Inom samma område kom Karlsson (1990) fram till att tillväxten har ett visst samband med höjden över havet. I detta fall ökar tillväxten med ökad höjd över havet. Dock är det ovisst om vilka faktorer som spelar in i detta sammanhang.

Skillnader mellan *Larix sibirica* och *Larix sukaczewii* har kunnat antydans på Island (Lindhagen, 1995). *Larix sukaczewii* tycks gynnas bättre under regniga/humida år medan

Larix sibirica ser ut att gynnas bättre under varma somrar. Karlsson (1990) fann inga skillnader dem emellan vid jämförelser mellan olika ståndortsfaktorer och tillväxt i Hallormsstadur. Ståndortsfaktorerna var bland andra humustjockled, asklagrens tjockled, höjd över havet och sluttningslutning.

Ragnarsson presenterade 1977 resultat för hur lärken trivs på olika delar av Island (Snorrason, 1986). Indikationer till en bra tillväxt för norra Island nämns i områden runt Akureyri i Eyjafjörður (söder om ön Hrisey) medan dålig tillväxt tillskansades dalområdena Öxarfjörður, Skjálfandi och Skagafjörður. Hummel (1976) konkluderade att norra Island och dess nordöstplata, förutom kustområdena, hade en bra potential för odling av *L. sibirica*. Notera dock här att *L. sibirica* på Island kan vara både den ryska och sibiriska lärken. Trädgränsen sattes vid 400 m ö h. Orsaken till att lärken skulle trivas på just norra Island och då speciellt inåt dalsystemen beror antagligen på att de hyser ett visst kontinentalt klimat.

De provenienser av *L. sukaczewii* som planterats på norra Island mellan 1955 – 1970 är (Bilaga 2)(Þorsteinsson, 1994):

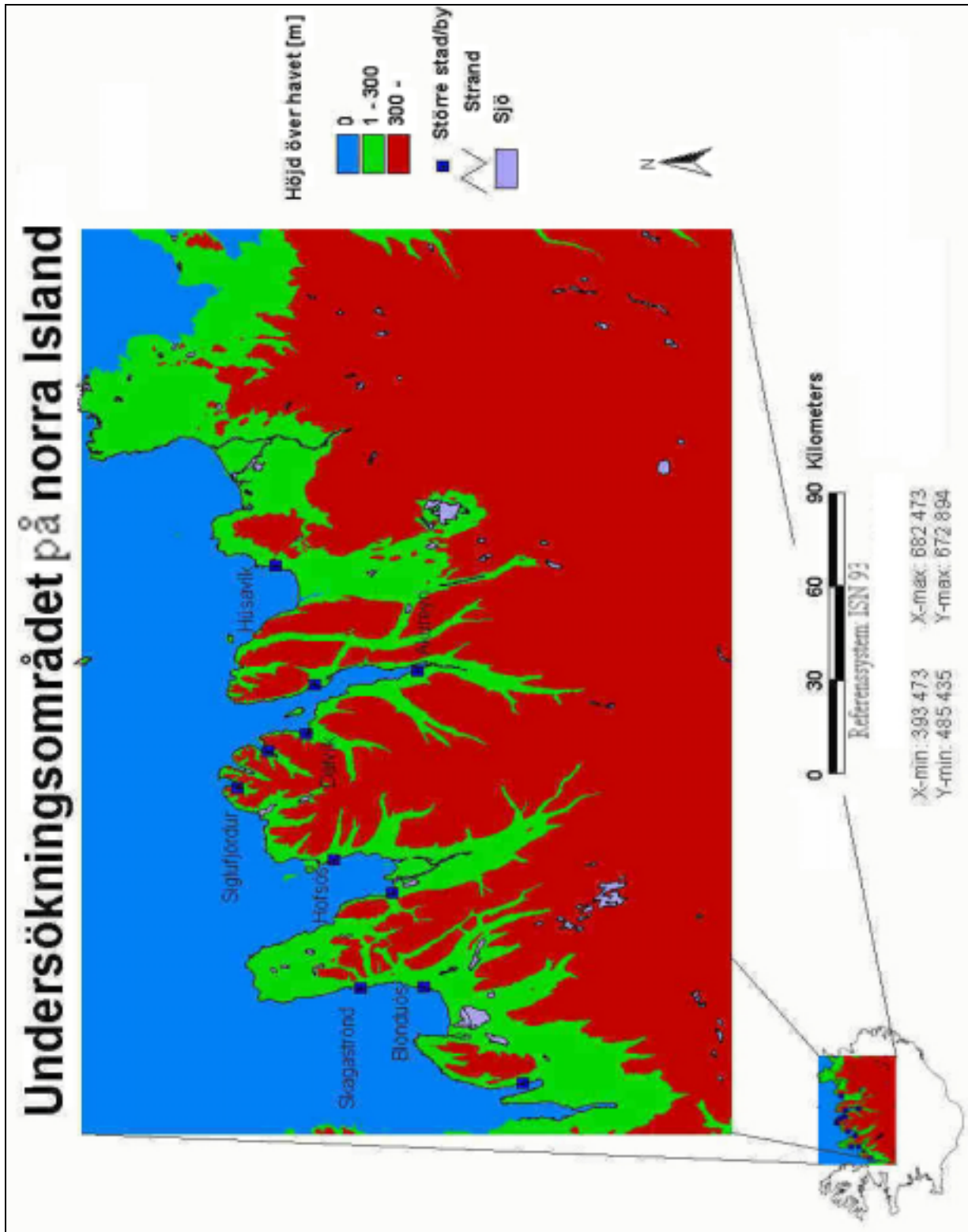
- Jarensk (62 30 N, 40 O)
- Onega (64 N, 38 O)
- Sverdlovsk (57 N, 62 O)
- Arkangelsk (64 35 N, 40 40 O)
- Schenkursk (62 8 N, 42 53 O)

De provenienser av *L. sibirica* som planterats på norra Island mellan 1955 – 1970 är (Bilaga 2)(Þorsteinsson, 1994):

- Askiz (Krasnoj.) (53 N, 90 O)
- Sarala (Hakask.) (54 52 N, 89 14 O)
- Altai (50- 52 N, 84- 89 O)

4.6 Områdesbeskrivning

Undersökningsområdet är begränsat från kustlinjen och upp till ca 300 m ö h (figur 1). Området är ett mycket kuperat dal-, fjord- och bergssystem med den generella riktningen nord-nordväst till syd-sydost. Reliefen är mycket stor och medelhöjden ligger kring 500 m ö h och omkring 25 % av landet befinner sig under 200 m ö h. Den stora relativa höjdskillnaden kan medför stora lokala skillnader i klimatet på såväl lokal som regional nivå. Det befinner sig inga jöklar inom undersökningsområdet men närliggande påverkar exempelvis flödet av vatten och luftströmmar genom delar av landskapet. Det finns stor tillgång av färskvatten från fjäll och sjöar.



Figur 1. Undersökningsområdets utsträckning utgörs av de partier som ligger 0 – 300 m ö h. För närvarande ligger minst 86 % av respektive trädslag inom det område som understiger 200 m ö h och 98 % under 300 m ö h.

4.7 Klimat

Den årliga totala strålningsbudgeten är klart negativ. Dock hjälper de varma och nordgående vind- och havsströmmarna till att värma upp Island till en viss grad. Denna påverkar också den norra delen av Island men till en mindre del än för den södra delen. Trots påverkan från den kalla Grönländska sydvästgående havsströmmen på vintern håller sig havsytan oftast över fryspunkten. Därför är havet utanför norra Islands kust i regel öppet året runt. Under vintern byggs dock packis upp från Grönlands östra kust och kan nå in till det Isländska fastlandet (Einarsson, 1984). Härvid kan mycket kalla och torra vintrar uppkomma då det lättare byggs upp kraftiga blockerande högtryck över området och på grund av en då till viss del avsaknad av den uppvärmade Irmingerströmmen. På sommaren påverkar östgrönlandsströmmen norra Island än mer och därför är det en stor skillnad i havstemperaturen mellan norra och södra Island.

Grönland är en stor källa till de kalla och torra luftmassorna medan Irmingerströmmen står för den största källan till varma och fuktiga luftmassor. Dessa närliggande kontraster skapar i sin tur stora skillnader i luftmassornas lufttryck. Polarfronten är ett känt uttryck för mötandet av kalla och varma luftströmmar som ofta bildar intensiva cykloner med höga vindhastigheter som följd.

När varma sydliga luftmassor dominerar, p.g.a. lågtryck sydväst om Grönland och högtryck över västeuropa, kommer ofta torra och varma föhnvindar in över norra Island. Ibland förekommer det varma och förorenade luftmassor med ursprung från Europa. Det brukar då bli varmare med dimma samt regn vid Islands nordkust. Om ett lågtryck är stationärt över en längre tid kan ytterligare ett lågtryck komma att länkas ihop med den stationära. Vid denna händelse bildas det ofta dimma runt nordkusten. Ett kraftigt högtryck över Grönland brukar leda till starka nordöstliga vindar och mycket nederbörd. När djupa lågtryck befinner sig nordväst om Island, främst på vintern, råder ofta höga vindhastigheter. Snö eller regn kan i dessa fall vara i dagar (Einarsson, 1984).

Cyklonerna för också med sig stora mängder regn över delar av fastlandet. För undersökningsområdet skiftar den årliga nederbörden från mindre än 400 upp till 1600 mm. För låglandet, 0 – 400 m ö h, ligger den årliga nederbörden runt < 400 till 800 mm. Nederbördens fördelning beror mycket på naturliga barriärer som berg och av de dominerande vindriktningarna. Marken i undersökningsområdet är täckt med snö ca 5- 6 månader om året vilket leder till kalla dagar och nätter (Einarsson, 1984). Dock fungerar snötäcket som en isolator mot den ibland mycket stränga kylan och skyddar därmed främst låglänt vegetation och exempelvis unga trädplantor.

Den årliga medeltemperaturen ligger runt 2 - 4 °C men kallare på höglandet med en skillnad omkring 13 °C mellan den varmaste och kallaste månaden. Denna temperaturskillnad tyder ganska klart på ett maritimt klimat. Temperaturen sjunker med ca 2°C/100km inåt landet samt ca 0,6°C per 100 meters h ö h. Augusti är den varmaste månaden, 8 - 10 °C, januari den kallaste, -2 – (-4) °C. Antalet frostdagar uppmätt 2 meter ovan markytan är för Akureyri ca 150 (1951- 1960). Frost kan även förekomma då sommar råder (Einarsson, 1984). De oregelbundna luftströmmarna kan också leda till stora förändringar av temperaturen på relativt kort tid. Om exempelvis aspen börjat knoppas och mycket kall luft kommer in och skapar frost under en längre tid kan träden bli rejält skadade eller försvagade mot skadeangrepp. Särskilt inplanterade trädarter som

asp och tall kan då komma till skada vilket det finns tydliga exempel på. 1963 skedde en snabb temperaturväxling. På bara några timmar sjönk temperaturen mer än 15° C. Detta ledde till en stor avgång av bland annat asp och lärk med flera. Detta skapade ett större tvivel inom återbeskogningens framtid främst gällande de exotiska trädslagen. Därför finns det få inplanterade exotiska träd från 1964, året efter den stora avgången (Glawion, 1984) (Bilaga 3 - Snorrasson, 1986).

Vindarna över norra Islands kustland är vanligen nordost- till ostliga. Sjöbrisen påverkar distributionen av vindar ganska mycket och främst under sommaren. Inåt landet styrs vindarna och klimatet mycket av dalgångarna och dess dalbris. På grund av dalarnas nord-sydliga riktning har Akureyri en vinddistribution motsvarande nord och syd till sydöst. Den årliga medelhastigheten för vindarna är omkring 4 - 7 m/s vid kusten och lägre inåt landet (Einarsson, 1984). Under 1991 var medelhastigheten för Grimsey 7,9 m/s, Hraun 5,9 m/s, Akureyri 5,1 m/s och Mýri 3,8 m/s (Veðráttan, 1991). Data är hämtade från summeringen av den årliga rapporten från Islands meteorologiska station 1991. Grimsey ligger ute i havet norr om Islands norra kust och Akureyri inne i dalsystemet Eyjafjörður. Grimsey samt Akureyri upplever ca 250 respektive 200 molniga samt ca 5 respektive 15 klara/molnfria dagar per år. Akureyri upplever ca 950 – 1 000 soltimmar per år vilket är ca 21% av den högsta möjliga vilket kan jämföras med Reykjavíks 27,2% (Glawion, 1985).

5. METODIK

5.1 Definitioner

Lokal aspekt är den aspekt som mäts direkt från det uppmätta beståndet. Med tillväxt menas i detta arbete tillväxt i höjddled av överhöjdsträd per år, ej kubikcentimeter per år och hektar som används ofta när tillväxt anges. Överhöjdsträd är i detta fall det enstaka träd som mäter störst omkrets och behöver därför nödvändigtvis ej vara det träd som är högst i ett bestånd. Överhöjdsträdet är i detta fall ett mått på områdets potential för bästa möjliga tillväxt. Normalt sett är övre höjden den aritmetiska medelhöjden för de 10 grövsta träden på en 0,1 ha stor provyta. Eftersom det ej fanns tillräckliga statliga medel och därmed tid mättes endast det enstaka överhöjdträdet. Tetraterm är medeltemperaturen för sommarmånaderna juni, juli, augusti och september. Proveniens är ett trädslags geografiska ursprungsort. Ståndortsfaktorer eller ståndortsegenskaper är de egenskaper som en växtplats innehar för hur frodig växtligheten kan bli. Egenskaperna som brukar studeras är bland andra temperaturklimatet, vattnet i marken och utbudet av växtnäring.

5.2 Val av oberoende klimatologiska/topografiska faktorer

I första hand görs korrelationer mellan tillväxt och avstånd till hav, höjd över hav och medeltemperaturen för vegetationsperioden juni till september (tetraterm). Ut över dessa faktorer testas även korrelationer mot de indikatorer som beskrivs under kapitlet begränsning.

Ytterligare förklaringar för valet av de klimatologiska/topografiska faktorerna beskrivs nedan. Detta görs för att hjälpa läsaren att förstå varför de medtas och testas.

1) Höjd över hav har en klar påverkan på klimatet. Normalt sett är lufttrycket och därmed temperaturen lägre ju högre i terrängen vi befinner oss. Ju högre i terrängen desto större kan också sannolikheten vara för en större mängd nederbörd. Samtidigt förekommer regnskuggor vilket kan ge en ganska komplex bild av nederbördsfördelningen. En ökad höjd över havet kan också ge en ökad solexponering.

2) Avstånd till hav kan vara en indikator för tillväxten av sitkagran och lärk. Ju närmre havet ett träd står desto större är sannolikheten att mängden saltavlagringar på barr och löv ökar. Salt, som har en negativ effekt på tillväxten, kommer in med vind och regn. Det finns tendenser till en lägre vindhastighet från kusten och inåt landet. Ju högre vindhastighet och ju närmre havet mätpunkten befinner sig desto större chans för saltdeposition. I genomsnitt sjunker temperaturen 2 °C/100 km från kust inåt landet (Einarsson, 1984).

3) Temperatur bör vara en viktig faktor för trädens tillväxt. Exempelvis behöver träden gå i dvala under vintern vilket de gör då temperaturen sjunkit till en viss grad. Om det är ovanligt varmt under viloperioden kan detta stressa träden. De kan då bli mindre motståndskraftiga mot skadeangrepp. Låga och starkt fluktuerande temperaturer vid höst

och vår kan orsaka frostsador på träden. Tetratermen, medeltemperaturen för juni, juli, august och september månad, är väl beprövad inom skogsforskningen och brukar påvisa samband med skogens tillväxt (Snorrasson muntligen).

4) Aspekt/sluttningsriktning bestämmer bland annat andelen av den inkommande solinstrålningen. Normalt sker den största uppvärmningen i en sydvästlig riktning på grund av att solinstrålningen är som störst vid ett-tiden på dygnet. Ju större solinstrålning desto större fotosyntes kan träden tillgodogöra sig. Därmed kan också tillväxten vara som störst i den syd- till sydvästliga riktningen. Samtidigt kan det finnas skuggkrävande trädarter varvid den bästa tillväxten kan tänkas ske på en sluttning med nordlig aspekt. Aspekten för en mätpunkt behöver nödvändigtvis ej vara densamma som för den omkringliggande regionen vilket är viktigt att komma ihåg. Exempelvis kan en mätpunkt ligga i en sydlig sluttning medan det övriga ligger i en nordlig sluttning. Därför kan den omkringliggande topografien komma att skymma mätpunkten från den solinstrålning som från början antagits. Därför studeras även den lokala aspekten runt mätpunkten. Aspekten kan till en del påverka vinddistributionen beroende på de dominerande vindarna. Vinden påverkar bland annat hur mycket vatten som träden kan tillgodogöra sig vid assimilering. Om det blåser mycket kan det hända att löven släpper ut mer vatten genom stomata än vad lövet upptar från stammen.

5) Skyl kan ha en betydande påverkan på trädens tillväxt, speciellt tillväxten i höjddled. Ett närliggande hus eller berg kan motverka vindens styrka i vissa riktningar. Ju svagare vindstötarna är desto mindre risk för att toppen skadas eller helt går av. Vissa slags skyl kan dock skapa turbulenta luftströmmar vilka kan bli starkare än den genomsnittliga vindhastigheten. Vissa trädslag kan vara känsliga mot extrema väderlag och på Island kan det bli ganska starka vindar i och med det ofta snabbt växlande lufttrycket. Därmed finns stora möjligheter för ett samband mellan tillväxt och skyl/lä.

6) Underlagets form kan påverka trädens tillväxt. Om planteringen sker på ett konkavt underlag är risken större för frost än vid konvexa och plana underlag (Detta gäller främst då den omkringliggande sluttningsslutningen är nära ett nollplan). Natttid brukar kallluft dräneras från konvexiteter och höjder till svackor och plan.

Formen avgör också en del av markens dräneringsförmåga gällande vattentillförseln. Förutsatt att jorden är likartad så ansamlas det mer vatten i en konkav än i en konvex markform. För mycket vatten kan ansamlas och bilda surhål och skapa röta i träden. Nederbörden är dock ej så stor på norra Island och jordarterna har ofta en hög dräneringsbarhet. I detta fall menas 300 m ö h eller lägre. Den konvexa formen är nog snarare bra för trädet och speciellt under dess växtperiod då det kan åtgå stora mängder vatten. Exempelvis kräver träden mycket vatten under hög solintensitet/varma dagar i kombination med höga vindhastigheter. Ett konvext underlag kan göra marken ganska torr och lämpa sig dåligt för träd med lateralt förgrenade rötter och som är vattentörstiga. Formen kan vara avgörande för tillgången till näringsämnen. Den konkava markformen bör i detta fall vara bäst för ett träd eftersom mindre partiklar så som näringsämnen följer med vattnets dräneringsriktning.

7) Markens sluttningslutning för trädbeståndet styr de lokala luftmassorna och solinstrålningen till viss del. Om träden står i en sluttning är det större chans att luftcirkulationen är större och att temperatur är jämnare än vid situationen för en plan terräng. Ju större cirkulation luften har desto mindre risk för frost och därmed frostsador på träd.

5.3 Data

Ett stort projekt inom Mógilsá har varit en rikstäckande fältmätning av olika trädslag. Denna hade sin början 1997 och färdigställdes år 2001. Provmätningarna gjordes inom ett nät med i genomsnitt 15 km mellan varje mätpunkt för respektive art. Mätningarna utfördes i grupper om två man. Det var ofta flera grupper ute samtidigt och de hade ansvaret för olika områden. Mätningar gjordes i trädgårdar, läbälten och skogar/skogsdungar. Inom skogsplanteringarna strävar man efter att göra mätningarna inom en cirkel av 100 m². Det finns dock begränsningar som gjort att mätningarna skett inom en cirkel av 50 m² eller än mindre och ibland på enstaka träd. En stor mängd data dokumenteras så som diameter vid 1,3 eller 0,5 meters höjd och höjden för överhöjdsträd och medelhöjdsträd, kvalitet/krokighet, skyl i 8 riktningar, aspekt, sluttningslutning, underlagets form och jorddjup. Ett fotografi tages på alla mätta bestånd och katalogiseras. För just norra Island skedde insamlandet av data under åren 1999 och 2000.

All digital data som används har Lamberts koniska konforma projektion, WGS 84 som datum och sfäroid. Parametrarna som används för det nationella referenssystemet ISN 93 är följande:

1:a standardparallellen	65 45 0.000
2:a standardparallellen	64 15 0.000
enhet	meter
centralmeridian (medelmeridian)	-19 0 0.000
latituden för projektionens ursprung	65 0 0.000
false easting	500000.000
false northing	500000.000

Fältdatapunkterna plottas ut på en digital höjdkarta i rasterformat hämtad från RALA. Vidare göres manuella observationer för att få ut höjd över havet till respektive observationspunkt. Höjdkartan har 100 * 100 yards (ca 92,85 meter) upplösning i x- och y-led. Upplösningen i höjddled ligger på 1 meters ekvidistans. För att studera den digitala höjdkartans tillförlitlighet jämfördes den mot en inscannad ekonomisk karta med 20 meters ekvidistans. Det förekommer skillnader och de uppskattas till +/- 10 meter. GPS-data med z-värden fanns tillgängliga men dessa är osäkra eftersom de kan variera stort på en och samma observationsplats vid två olika mätningstillfällen. Observationer i fält visar att z-värdet kan skifta över 20 meter inom en och samma mätpunkt. Dessutom finns ej z-värden för alla mätdatapunkter varvid beslutet togs att använda den digitala höjdkartan.

För avståndsberäkning, från fältdatapunkt till hav, används en digitaliserad kustlinje i vektorformat. Fältdatapunkterna plottades ut över samma vy. Därefter görs en manuell avståndsberäkning med en noggrannhet på ca +/- 200 meter. Vad som bör noteras är att

Eyjafjörður som löper in till Akureyri till viss del ej räknas som hav i detta arbete (figur 2). Fjorden är omgiven av höga berg både till väst och öst. Därför har fjordens inre inte samma klimatologiska påverkan som övriga kustzoner på intilliggande trädplanteringar. Detta kan visas med bland annat vinddistributionen över norra Island (se Bilaga 9). Där visas bland annat att det över Akureyri råder helt andra vindhuvudriktningar, att medelvindhastigheten är lägre än vid övriga kuster och att det råder fler antal dagar med stiltje.

Sluttningslutningsdata är hämtade från tidigare mätningar utförda av skogsforskningsstationen (Mógilsár rannsóknastöðvar skógræktar). Sluttningslutningen är tagen med hjälp av klinometer inom mätområdet och mäts i %.

Data över mätpunktsaspekten är hämtade från tidigare mätningar utförda av skogsforskningsstationen. Lokalaspekten är beräknad genom en GIS-operation där grunddata är DEM-modellen hämtad från Agricultural research institute (ARI). Aspekten är uppdelad i 8 huvudriktningar. Huvudriktningarna är 45°, 90°, och så vidare till 360°. Ett medelvärde av tillväxten för var huvudriktning kommer att uträknas. En del mätpunkter saknar uppgifter om aspekt varvid de antagligen växer på ett plan. Därför är det samlade antalet punkter i detta fall ej lika med alla fältdatapunkter som används i arbetet. Antalet mätpunkter per huvudriktning kommer ej att överstiga 10 men kan kanske ändå indikera/visa något av värde.

Materialet till topexberäkningen är hämtad från tidigare utförda fältmätningar över norra Island gjorda av IFS. Det består av två sorters lä nämligen fjärr- och närs kyl. Närs kyl gäller från mätpunkt till ett avstånd motsvarande 50 meter och fjärrskyl därbortom. För de båda mäts lutningen, i grader, för de 8 delriktningarna nord, nordost, ost och så vidare. Lutningen mäts från observatörens ögonhöjd till toppen av vad hon konstaterar är ett skyl. Naturliga som antropogena skyl tages med i dessa mätningar. I detta arbete kommer alla lutningar, positiva som negativa, för respektive delriktningar att adderas ihop. Sedan adderas summorna av när- och fjärrskyl ihop till ett slags index för skyl. Det måste noteras att storleken på den omkringliggande skogsarealen ej medtages i dessa beräkningar vilka kan och bör ha en stor inverkan på vindhastigheten och vinddistributionen.

Data för underlagets form är hämtad från tidigare fältmätningar på norra Island gjorda av IFS. Markformerna är begränsade till tre olika slag nämligen planmark, konkavitet och konvexitet. En medeltillväxt för respektive markform kommer att beräknas och vidare utvärderas. Det tas ingen hänsyn till lutning, h ö h, jordart och var i terrängen varje mätpunkt befinner sig.

Temperaturdata är hämtade från Veðurstofan den Isländska meteorologiska väderstationen i Reykjavik. Totalt används 27 klimatstationer (Bilaga 4). Grunddata är medeltemperaturen per månad för varje år 1991 – 2000 samt medeltemperaturen för varje månad för perioden 1961 - 1990. Alla medeltemperaturer är omräknade till en ny månadsmedeltemperatur för en längre period. Denna period hänger ungefär samman med åldern vid planteringen av sitkagran och lärk som använts i detta arbete. Månadsmedeltemperaturen för perioden 1960 – 2000 är framtagen genom viktning av perioderna 1961 – 1990 och 1991 - 2000. Månadsmedeltemperaturen för juni till september, även kallad tetraterm, räknas ner till noll meter över havet med temperaturgradienten och den ursprungliga höjden till hjälp. Därefter interpoleras den, till havsnivån, beräknade tetratermen. Med hjälp av höjdmodellen kunde sedan rätt

temperatur för aktuell höjd beräknas enligt: Tetraterm (slutlig) = Tetraterm (interpolerad på havsnivå) – höjd över hav * temperaturgradient. Resultatet är en digital tetratermkarta. Temperaturgradienten som används är satt till den teoretiska 0.006°C per meter (Ahrens, 1999). Under 1954 – 1968 släpptes ballonger rakt upp i luften från Keflavik på sydvästra Island (Eythorsson et al., 1971). Mätningar av temperaturgradienten gjordes för 50 - 500, 500 - 1000, 1000 - 1500 och 1500 - 2000 samt 50 – 2000 meters höjd. Undersökningsområdet på norra Island är som högst ca 1500 – 1600 meter varvid temperaturgradienten för 2000 meter kommer att uteslutas. Efter uträkningar från detta material blev den genomsnittliga temperaturgradienten för 50 – 1500 meters höjd ca 0.0059°C/meter varvid det antagligen är godtagbart att använda den teoretiska 0.006°C/meter.

Utöver skapandet av digitala tetratermkartor görs även regressionsanalyser mellan dem och höjdtillväxt för sitkagran och lärk.

Interpolationsmetoderna som används är Radial Basis Function (RBF) och Universal Kriging. Därför kommer två tetratermkartor att skapas. Den som anses bäst lämpad väljs ut och den andra sorteras bort inför regressionsberäkningarna.

I användandet av RBF tas ej den regionala trenden bort. Istället används anisotropi som skall utjämna förstärkande effekter i olika riktningar. Anisotropin beräknas genom att studera ett semi-variogram (se förklaring i Universal Kriging nedan). RBF är en exakt interpolationsmetod som kan skapa utjämnande ytor (Keckler, 1994). Ursprungsdata kommer alltid att ha samma värden som innan interpolationen. Enligt rekommendationer baserat på antalet datapunkter används RBF med en multikvadratisk funktion $B(h)$ och den ser ut som följer:

$$B(h) = \text{SQRT}(h^2 + R^2);$$

- h är den anisotropiska omskalade, relativa distansen från punkten till noden
- R^2 är den för ytan utjämnande parametern (smoothing parameter)

Funktionen är analog till variogrammet i Kriging och därför kan resultatet från de två interpolationsmetoderna antagligen bli lika varandra. Funktionen definierar den optimala viktningen till datapunkterna.

Polynomisk regressionsinterpolation innebär framtagande av den regionala trenden. Denna metod används egentligen ej som interpolator (Keckler, 1994). Metoden kan bilda en linjär, kvadratisk eller kubisk yta. Resultatet visar den regionala temperaturtrenden och den kommer att vara till nytta vid interpolation med Universal Kriging.

Den regionala temperaturtrenden tas automatiskt bort vid Universal Kriging interpolationen. Genom att studera ett semivariogram kan exempelvis graden och riktningen av anisotropi, range och nugget klargöras. Anisotropi råder exempelvis då den regionala temperaturen skiftar stort i en N-S riktning medan den är ungefär densamma i en O-V riktning. Anisotropin kan minskas genom att lägga olika vikt på data i olika riktningar. I detta fall beräknas en slags viktning, ofta kallad ratio, där range för den minsta skillnaden i landskapet divideras med range vinkelrät mot den minsta skillnaden. Range är det geostatistiskt längsta avståndet där rumsliga samband råder. Nugget är den del av den rumsliga variationen som rent statistiskt kan förklaras som slumpvariation. Om nugget sättes till noll kommer en exakt interpolation att ske och om inte blir

interpolationsytan utjämnad och tappar de verkliga temperaturvärdena över de ursprungliga klimatdatapunkterna.

För att undvika för stora datamängder är de ursprungliga pixlarna från höjddata förstörade fyra gånger i x- och y-led och medelvärdet av de 16 pixlarna ges till den förstörade pixeln. Pixelstorleken blir då ca 0,14 km².

Alla mätpunkterna insamlade från fältmätningarna för lärk och sitkagran kunde ej medföras till kommande beräkningar. Det beror på förekomst av betydande ålderskillnader. Därför valdes ett åldersintervall för respektive trädslag. För lärk valdes 30 till 45 och för sitkagran 37 till 48 års ålder (tabell 1). Dels fås då en stor del av de ursprungliga fältdatapunkterna (bilaga 5) samt en stor spridning av tillväxten (cm/år) per ålder med. Det är variationerna i tillväxten för likvärdig ålder som i detta arbete är intressant för test mot andra variabler. Det är först då jämförelser mot de klimatologiska/topografiska faktorerna/indikatorerna kan göras.

Tabell 1. Tillväxt korrelerad mot ålder. Genom användandet av programmet NCSS visas att korrelationskoefficienten är liten för urvalet och att spridningen därmed är stor.

r^2	Larix	Picea sit.	n (Larix)	n (Picea sit.)
för alla punkter	0,008	0,0002	96	69
för urval av punkter	0,013	0,0003	50	45

Som tidigare nämnts har träd som vuxit upp i trädgårdar tagits bort. För att visa att det förekommer skillnader visas den genomsnittliga tillväxten för träd uppvuxna i trädgård respektive skog i tabell 2.

Tabell 2. Skillnad i tillväxt mellan träd uppvuxna i trädgård respektive som skog.

Trädslag	Larix cm/år	Larix (n)	Picea sitchensis cm/år	Picea sitchensis (n)
Trädgård	11,2	7	11,6	8
Skog	18,8	50	16,3	37

Fördelningen av sitkagran samt lärk för altituderna 0 – 99, 100 – 199 samt 200 – 299 möh redovisas i tabell 3. Som synes håller sig majoriteten av mätpunkterna under 200 och alla utom en under 300 m ö h.

Tabell 3. Fördelning av sitkagran och lärk efter altitud

Altitud (m ö h)	Sitkagran (%)	Lärk (%)
< 300	100	98
< 200	86	88
< 100	67	60

6. RESULTAT

6.1 Statistik och förutsättningar

För att regressionsberäkningarna statistiskt sett skall gälla måste det finnas en normalfördelning inom populationen (Andersson et al., 1994). Efter test i statistikprogram visas att både lärk- och sitkagrandata har en normalfördelning.

Allt som allt används 5 faktorer/indikatorer för regressionsanalyserna. Dessa är, tetraterm (se figur T), avstånd till hav, slutningslutning, höjd över havet och topex. Först studeras möjligheter för multipla regressioner (figur 4 och 5) och därefter enkla regressioner (figur 6 och 7). Möjligheterna för multipla regressioner fås genom att studera p-värden från de enkla regressionerna och från regressionsmatriser mellan de olika faktorerna.

Övriga faktorer, underlagets form och lokal aspekt, studerades separat för utvärderingar utan några korrelationsberäkningar.

6.2 Korrelationsmatriser

För att kunna utöva multipla regressioner skall det ej finnas några samband mellan faktorerna/indikatorerna. Därför har korrelationsmatriser utarbetats (tabell 4 och 5).

Enligt korrelationsmatriserna finns det många samband mellan de olika indikatorerna/faktorerna. Exempelvis finns det ett klart samband mellan avstånd till hav och höjd över hav samt avstånd till havet och tetraterm. För att det statistisk skall råda ett samband skall p-värdet vara < 0.005 .

Tabell 4: Korrelationsmatris från parametrar i sitkagrandata. Pearsons konstant visar hur stort sambandet är. Exempelvis är 0.403 lika med 40.3% samband.

<i>Indikator/faktor</i>	<i>Topex</i>	<i>Slutningslutning</i>	<i>Avstånd till havet</i>	<i>Höjd över havet</i>
Slutningslutning	0.403 (Pearsons konstant)			
p-värde	0.022			
Avstånd till havet	0.303	0.012		
p-värde	0.086	0.946		
Höjd över havet	0.212	-0.004	0.750	
p-värde	0.253	0.984	0.000	
Tetraterm	0.575	0.143	0.361	0.161
p-värde	0.000	0.404	0.028	0.363

Tabell 5: Korrelationsmatris från parametrar i lärkdata. Pearsons konstant visar hur stort sambandet är. Exempelvis är 0.403 lika med 40.3% samband.

<i>Indikator/faktor</i>	<i>Topex</i>	<i>Slutningslutning</i>	<i>Avstånd till havet</i>	<i>Höjd över havet</i>
Slutningslutning	0.246 (Pearsons konstant)			
p-värde	0.100			
Avstånd till havet	-0.189	-0.159		
p-värde	0.203	0.280		
Höjd över havet	-0.077	0.109	0.498	
p-värde	0.607	0.460	0.000	
Tetraterm	-0.137	-0.263	0.296	-0.485
p-värde	0.360	0.071	0.037	0.000

6.3 Regressionsanalyser

Tabell 6: Korrelationer mellan sitkagranens (*Picea sitchensis*) tillväxt och de oberoende variablerna.

<i>Variabel</i>	<i>p-värde</i>	<i>koefficientriktning</i>	<i>R²</i>
Tetraterm	0.004	+	0.209
Avstånd till hav	0.328	+	0.046
Slutningslutning	0.829	+	0.010
Höjd över havet	0.481	-	0.016
Topex	0.047	+	0.121

Tabell 7: Korrelationer mellan lärkens (*Larix sibirica* & *Larix sukaczewii*) tillväxt och de oberoende variablerna.

<i>Variabel</i>	<i>p-värde</i>	<i>koefficientriktning</i>	<i>R²</i>
Tetraterm	0.008	+	0.137
Avstånd till hav	0.001	+	0.210
Slutningslutning	0.143	-	0.046
Höjd över havet	0.459	+	0.011
Topex	0.483	-	0.011

Korrelationsplotten mellan lärk och avstånd till hav indikerar att det förmodligen råder ett mer kvadratisk än linjärt samband (se bilaga 8).

Det finns ej något multipelt samband mellan några faktorer/indikatorer och tillväxten för sitkagran. Resultatet av en stegvis multipel regression gav att tillväxten för lärk hyser ett samband med tetraterm och avstånd till havet. Regressionsekvationen lyder som följer:

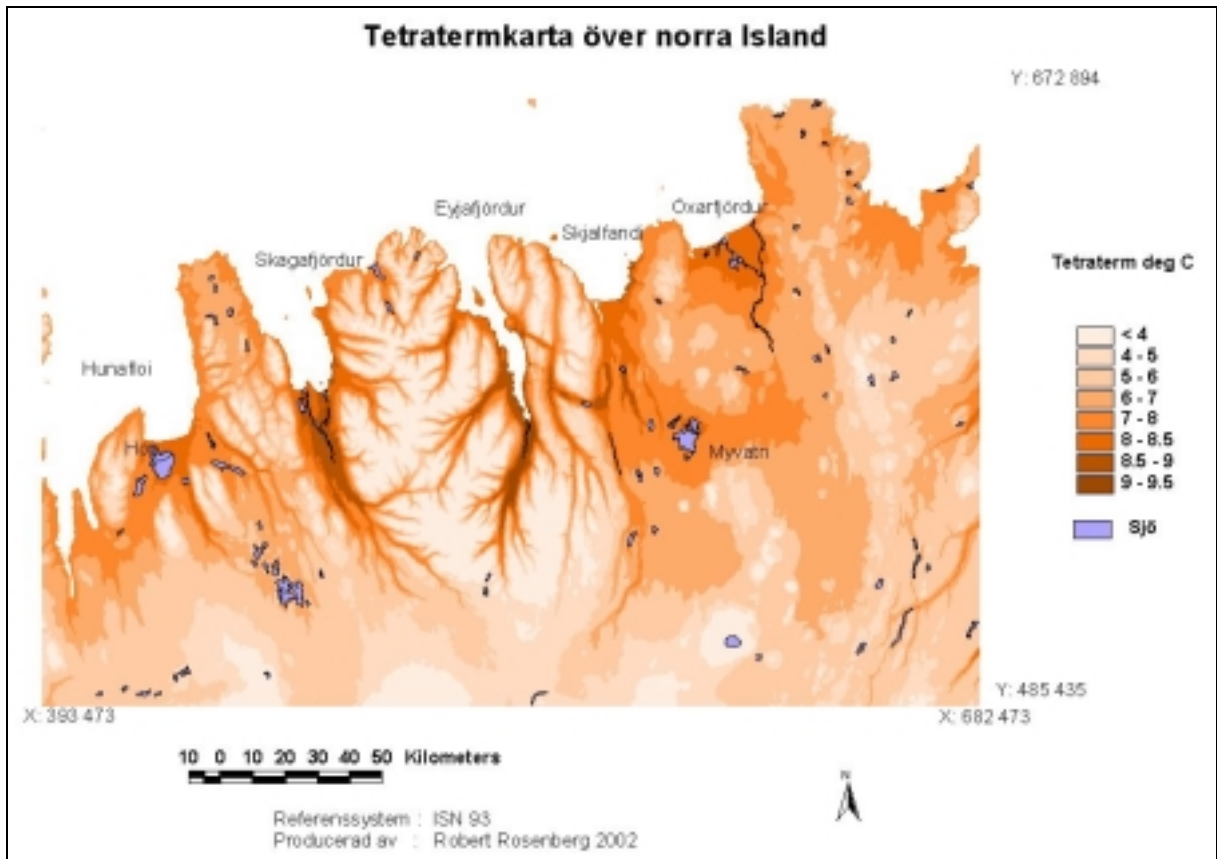
$$\text{Tillväxt (cm/år)} = -10.0 + 0.000114 \cdot \text{Avstånd till hav} + 3.15 \cdot \text{Tetraterm} \quad (R^2=0,270).^{1)}$$

- ¹⁾: Ekvationen gäller för ett krav på p-värde < 0.06.
Avstånd till hav är satt till meter.
Tetraterm är satt till °C.

6.4 Tetratermkarta över norra Island

Universal Kriging valdes som den mest korrekta interpolationsmetoden därför att den regionala temperaturtrenden då skalas bort. Den kvadratiska avskalningsmetoden Quadratic Drift valdes efter utvärdering i trendmetoden polynomial regression. Den kvadratiska trenden har (R^2) 87 % samband medan den linjära bara svarade för (R^2) 61 % mot ursprungliga temperaturdata. Sfärisk modellering i variogramet passar i detta fall bäst till semivariansen.

Resultatet från interpolation med RBF blev väldigt lik den med Universal Kriging. En regressionsanalys mellan samtliga 393 890 pixlar visar att sambandet dem emellan är (R^2) 99.95% med en standardavvikelse på 0.059°C vilket är mycket högt. Detta beror på att allt hav har ett värde på 11. Den fungerar alltså som uteliggare och medverkar starkt till den höga signifikansen i regressionsanalysen.

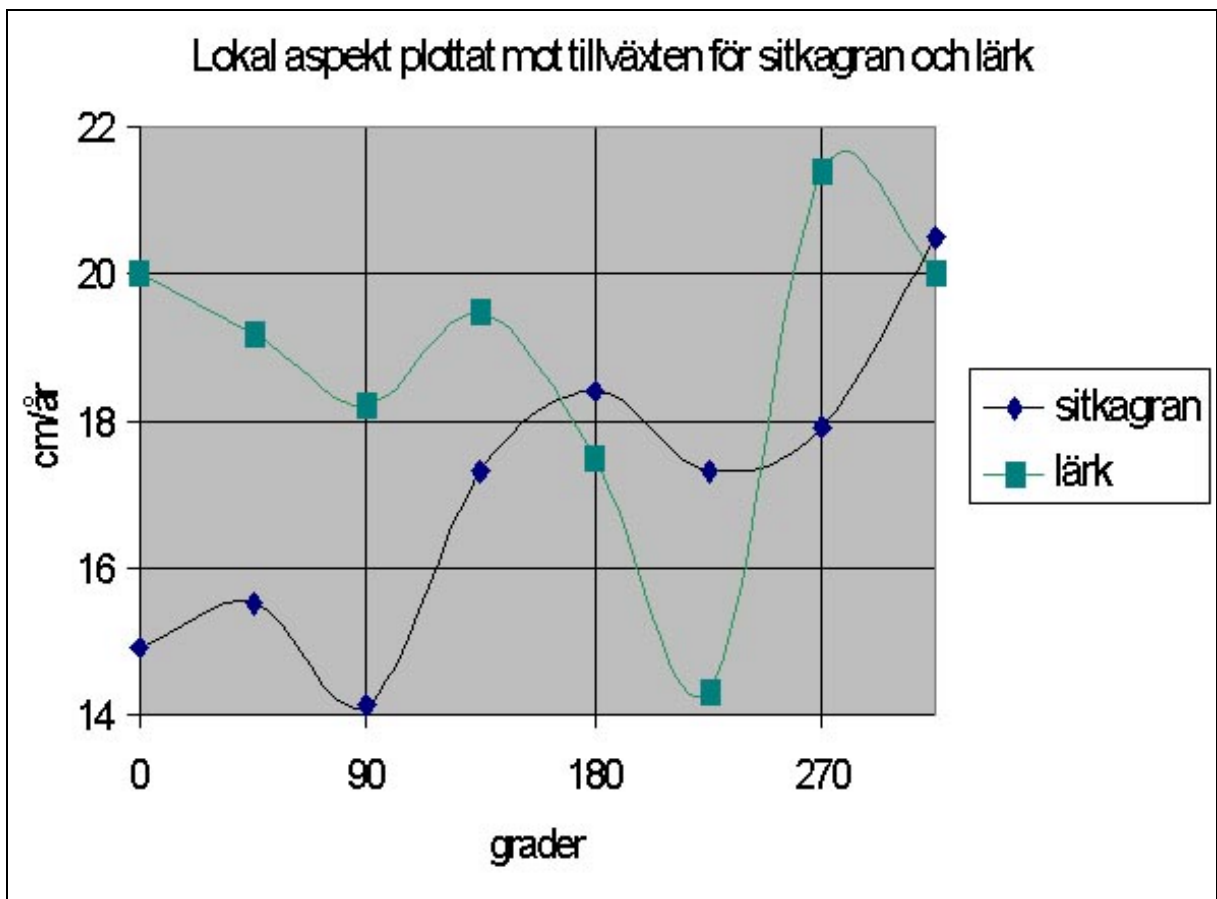


Figur 2: Tetratermkarta över norra Island. Kartan är baserad på en höjdkarta, 27 klimatstationer och temperaturgradienten 0.006°C/meter. Temperaturen är medeltemperaturen för juni – september för perioden 1961 – 2000. Upplösningen per pixel är 371.6*371.6 meter.

De högsta tetratermvärdena (figur 2) hamnar främst i dalgångarna innanför Eyjafjörður (max 9.4°C), Skagafjörður (max 8.9°C) och Skjálfandi (max 8.9°C). Lägre tetratermvärden finnes i dalgångarna innanför Húnaflói (max 8.3°C) och Öxarfjörður (max 8.3°C). Den från vinden skyddande dalgången söder om Akureyri är den klart varmaste. Det är främst i denna dalgång men även dalgången innanför Skjálfandi som den bästa tillväxten för både lärk och sitkagran har noterats. Det råder stora temperaturskillnader inom undersökningsområdet där den stora relativa höjdskillnaden är den största bidragande faktorn till detta.

6.5 Aspektförhållanden

Antalet punkter för varje delaspekt, 45 °, 90 ° och så vidare, är ojämnt fördelade vilket måste noteras och kan ses i tabell 8. Resultaten från tabellen kan också ses i figur 3.



Figur 3. Notera att det finns vissa likheter mellan kurvorna för lärk respektive sitkagran.

Från diagram 1 ovan kan utläsas att lärk har den bästa tillväxten vid 270° aspekt och att den därefter avtar successivt medsols till och med den sydvästliga aspekten. Sitkagranens bästa tillväxt sker i en nordvästlig aspekt och därefter avtar den successivt motsols till den nordliga aspekten 0°.

Lärk som växer i en aspekt motsvarandes 270° - 0° uppvisar de högsta och 180° - 225° de lägsta värdena för medeltillväxten. För sitkagranen däremot sker den sämsta medeltillväxten i en nord till östlig (0° - 90°) och den bästa i en syd till nordvästlig (180° - 315°) aspekt. Fördelningen av mätpunkter är mycket ojämn (tabell 8). Antalet värden för några av aspektens delriktningar är bara 2 och för någon som mest 10 stycken.

Tabell 8. Andelen och medeltillväxten för sitkagran och lärk för den lokala aspekten.

Aspekt (°)	Sitkagran			Lärk		
	n	Andel (%)	cm/år (medel)	n	Andel (%)	cm/år (medel)
0	2	6	14,9	3	7	20,0
45	2	6	15,5	7	15	19,2
90	8	26	14,1	9	20	18,2
135	2	6	17,3	4	9	19,5
180	3	9	18,4	5	11	17,5
225	5	16	18,5	4	9	14,3
270	7	22	17,9	10	22	21,4
315	3	9	20,5	3	7	20,0
Σ	32	100	-	45	100	-

6.6 Markformens påverkan

Den högsta medeltillväxten för både *Larix* och *Picea sitchensis* tenderar att ske på slättmark medan den sämsta för båda tenderar att ske där markformen är konvex (tabell 9). Skillnaden är ganska markant för *Picea sitchensis* men ej för *Larix*.

Tabell 9. Medeltillväxt (cm/år) jämfört mot underlagets form som är antingen plant, konkavt eller konvext. Tänk dock på att slutningslutningen ofta är olik från en mätpunkt till en annan. Notera det låga antalet för mätpunkter på slättmarker för *Picea sitchensis*.

Form	<i>Picea sit.</i> (cm/år och antal)	<i>Larix</i> (cm/år och antal)
Plan	18,1 – 5	19,5 – 10
Konkav	16,2 – 17	19,1 – 23
Konvex	16,3 – 15	18,8 – 13

7. SLUTSATS

Tillväxten för både lärk och sitkagran visar positiva och klara samband med tetraterm. Lärk ökar sin tillväxt 4,5 cm/år vid en temperaturökning motsvarande 1°C inom intervallet 7,5°C - 9,3°C och för sitkagran är ökningen 5,5 cm/år inom intervallet 7,3°C – 8,9°C. Eftersom tetraterm påverkar de båda kan tetratermkartan kanske därför användas vid liknande arbeten med andra trädslag. Högst samband återfinns mellan lärk och avstånd till hav. I detta fall är en kvadratisk regressionslinje mycket bättre anpassad än för den linjära. Tillväxten ökar med ökat avstånd till havet men stagnerar vid 50 km ifrån kusten och längre in i landet. En svag men ändå signifikant och positiv korrelation konstaterades mellan tillväxt hos sitkagran och topex. Stegvisa multipla regressioner gav en, på gränsen till 95% konfidensintervall, signifikans mellan tillväxt hos lärk och avstånd till hav och tetraterm men ingen för sitkagran. Den låga men inom marginalen konstaterade signifikansen beror bland annat på en, enligt korrelationsmatrisen, positiv regression mellan tetraterm och avstånd till hav. Övriga faktorer visade närmanden till eller inga samband alls med tillväxten.

Resultaten visar att sitkagran har sin största tillväxt på plan markform och då de växer i områden med en sydlig till nordvästlig aspekt medan lärk växer bra oavsett markform samt i områden med västlig till nordlig aspekt. Efter vad aspektanalyserna visat är det intressant och värt att utveckla och analysera dem mer ingående.

Tetratermmodellen är begränsad till stödparametern höjd över hav. Modellen kan utvecklas genom att ytterligare stödparametrar tillsätts. Ett test vid sidan om arbetet visar att vindhastighet, avstånd till hav och höjd över hav från 20 klimatstationer förklarar 74% av tetratermvariationen. Vindhastighet och avstånd till hav kan därför kanske användas som extra stödparametrar för en modell med bättre spatiell fördelning.

Mätmetoder, saknade proveniensdata, olika storlek på plantor, olika åldrar för träddata och saknade standardiserade tillväxtkurvor är de främsta av källorna till feluppskattningar i tillväxt för trädslagen. Enbart mätningen av tillväxten uppskattas kunna ge ett felvärde motsvarande +/- 1-2 cm/år eller 5 till 10 % av ett 30 – 40 år gammalt träd. Felkällorna medtages ej i beräkningarna då det är osäkert hur stora de egentligen är men medvetenheten om dem är ett måste.

8. DISKUSSION

Det påvisade sambandet för lärkens och sitkagranens tillväxt mot tetraterm var ganska väntat. Tidigare forskning har visat samband mellan temperatur och tillväxt (Worrel et al., 1990; Lindhagen, 1990; Eysteinnsson et al, 1995). Ju varmare desto bättre tillväxt. Det kan vara av intresse att inkludera fler parametrar från klimatstationerna som har ett samband med tetratermen. Testparametrar i detta fall är avstånd till hav, höjd över hav och medelvindhastighet. Resultatet ger att alla parametrar har ett samband med tetraterm ($R^2 = 0.74$, p-värden ≤ 0.02). Jämförelseanalysen mellan tetraterm och medelvindhastighet, båda för perioden 1961 – 2000, för klimatstationerna över norra Island (Bilaga 6) ($R^2 = 0.418$, p-värde 0.002 vid linjär regression) påvisar ett samband dem emellan. Med detta kan kanske indirekta antaganden göras att höjd över havet och/eller vindhastighet och/eller avstånd till havet har ett samband med tillväxten för lärk/sitkagran där residualerna är stora. Parametrarna vindhastighet, höjd över havet och avstånd till havet mycket väl komplettera tetratermberäkningen till en bättre tetratermmodell eftersom de hyser ett samband mellan varandra. Exempelvis kan residualanalys ge svar på detta påstående. De två klart lägsta residualerna för lärkbestånden ligger 100 respektive 500 meter från havet. Det är troligen salttillförsel och/eller vindhastighet som medverkar till de två residualerna. Det kan därför vara intressant att i framtiden analysera samband mellan tillväxt och saltdistribution och vindhastighet. På förfrågan om vind- och saltistributionskartor över Island på Veðurstofan meddelades att det förnärvarande ej finns några men att en vindistributionskarta var under uppbyggnad. I residualanalysen mellan tetraterm och tillväxt för sitkagran utmärkte sig 2 residualer, en med högt och en med lågt värde. Det höga residualvärdet kan bland annat bero på att den har det näst högsta uppmätta topoxvärdet, alltså bra skyl mot vind. Närheten till havet och därmed vind och salt är troligen de bidragande faktorerna till det låga residualvärdet.

Korrelationen mellan tillväxt och höjd över hav påvisar ett icke-samband mot tillväxten för båda trädslagen. Detta svar var väntat då huvuddelen av träden och därmed träddata befinner sig under 200 m ö h. Men det finns indikationer till att höjd över hav kanske ändå har ett samband med träd tillväxten vilka kan ses i resultaten från korrelationerna mellan tetraterm, avstånd till hav, höjd över hav och träd tillväxt där det råder samband mellan höjd över hav och tetraterm och avstånd till hav. Den lilla höjdskillnaden är ej stor för exempelvis sitkagranen vilken växer från kustnivå och upp till omkring 1000 m ö h i sin naturliga miljö. För att få mer klarhet i om det råder ett samband mellan höjd över hav och tillväxt behövs mätdata med större höjdskillnader sinsemellan. Ett annat alternativ är att mäta ett sammanhängande och homogent skogstäck som varierar i höjd över havet. Det sistnämnda vore nog bäst även för det sökta sambandet mellan sluttningslutning och tillväxt som i detta arbete ej gav något samband.

Regressionen mellan avstånd till hav och tillväxt gav olika resultat för lärk respektive sitkagran samt för den sibiriska och den ryska lärken. Avstånd till hav innehåller en rad olika parametrar såsom vindhastighet, temperatur, höjd över havet, saltdistribution med mera (se avsnittet metod). Därför kan det vara svårt att precisera vilken parameter som styr mest och hur stor denna påverkan är. Lärk visar ett klart samband mellan dess tillväxt och avstånd till havet och det var ganska väntat. Den är klart eller delvis kontinentalt betingad och bör därvid ha ett svagt motstånd främst mot salt. Den linjära korrelationen

visar att tillväxten för lärk ökar med ökat avstånd till havet. Residualanalysen ger dock en annan syn på förhållandet (Bilaga 7). Enligt residualanalysen är sambandet mer kvadratisk än linjärt (bilaga 8). Från havet och ca 12 km in i landet är residualerna negativa. 15 till ca 50 km inåt landet är residualerna positiva och 50 km eller längre inåt landet är majoriteten av residualerna negativa. Antagligen är det låg temperatur, salt och höga vindhastigheter som står för de negativa residualerna som befinner sig 0 – 15 km, hög temperatur och låg vindhastighet som står för de positiva residualerna 12 – 50 km och hög vindhastighet och låg temperatur som står för de negativa residualerna 50 km eller längre från havet. Sitkagranens tillväxt har enligt resultaten inget samband med avstånd till havet. Dess provenienser kommer från ett liknande klimat speciellt rörande Islands kustområden. Därför bör den också ha ett bra motstånd mot salt. Ju längre in i norra Islands dalområden desto större skillnad blir det mellan klimatförhållandena för norra Island och provenienserna från Alaska. Dock kan sitkagran från Alaska förekomma inom områden med ett mer kontinentalt klimat. Som tidigare nämnts växer sitkagranen normalt 50 och även upp till 100 km inåt landet. Det längsta avståndet från havet där sitkagan i detta arbete har tagits med är mindre än 80 km. Detta kan vara en förklaring till att det ej finns något samband. Varken sitkagranens eller lärkens tillväxt hyser något samband mot sluttningslutningen. Detta var väntat då sitkagranen normalt växer på sluttningar med hög lutning. För lärk kan dock inget sägas på grund av bristande fakta om dess ursprungsmiljö gällande aspektförhållanden. För en bättre analys krävs antagligen att en sammanhängande och jämnårig skog granskas. Det skulle ge en bättre bild över sluttningslutningens påverkan på tillväxten.

Lärk ser ut att växa bäst på västliga till nordliga sluttningar. Sämsta tillväxten sker i en syd till sydvästlig aspekt. Detta kan ha att göra med dess invintringsprocess. Det blir mörkt tidigare i en nordig än en sydlig sluttning. Invintringsprocessen kan då startas fortare på den nordliga aspekten. Detsamma kan också gälla på västkanten med en senarelagd knoppning på nordliga aspekter. Därmed kan dessa träd kanske ha en benägenhet att motstå exempelvis frost bättre än de som växer i en sydsluttning. Här menas att lärk i en sydsluttning avslutar sin vinterdvala tidigare än för lärken på nordsluttningen. Dock måste det beaktas att antalet mätpunkter för varje delaspekt är få och att det till viss del kan vara därför som de stora skillnaderna uppträder. Det finns, statistiskt sett, ett samband mellan tillväxten för lärk och aspekten -90° till 225° men detta bör vara en ren slump. Dock skall resultatet skall ej helt förkastas. Det verkar råda ganska tydliga indikationer på i vilka aspektförhållanden som lärken växer bäst och sämst. Den klart högsta tillväxten av lärk sker på västsluttningar och kan till viss del motsäga ovanstående förklaringar. Detta beror antagligen på en kombination av invintringsprocess och vindförhållandena. De dominerande ostliga till nordostliga vindarna hindras nämligen till stor del av bergskedjorna och blir därmed låga på västsluttningarna.

Sitkagran växer enligt resultaten bäst i aspektförhållandena 180° till 315° och som sämst kring 0° till 90° . Sitkagran växer i sin naturliga miljö på syd- till sydvästliga sluttningslutningar. Därmed bör samma förhållanden kunna gälla för sitkagranar som växer på Island vilket resultaten också tycks påvisa. Waring (2000) beskriver att sitkagranen reflekterar endast 4 % av det synliga ljuset jämfört med 10 – 15% för många andra trädarter. Sitkagranen är alltså mycket effektiv på att tillgodogöra sig det synliga ljuset. Därmed bör också sitkagran som växer på sluttningar med en främst sydlig aspekt

ha sin bästa tillväxt vilket till viss del tycks stämma med resultaten. De dominerande vindarna för norra Island, främst de kustnära delarna, är östliga till nordöstliga. Som resultatet visar har lärk och sitkagran i en västlig- till sydvästlig riktning den klart bästa tillväxten. Detta kan bland annat bero på att de står i lä på den västra sidan av de stora nord-nordvästgående bergsmassiven som skyddar mot den östliga vinden. Så som visats i tidigare studier kan sitkagranen ofta råka ut för grenbrott på grund av mekanisk vindpåverkan. Samtidigt måste det poängteras att en, för punkten, sluttning med västlig aspekt befinner sig på en bergssluttning med motsatt aspekt. Därför gäller det att hålla reda på den omgivande aspekten runt en mätpunkt.

Trots närheten till havet för sitkagranens provenienser är den starkt påverkbar av vindar på grund av sitt lateralt fördelade rotsystem. Vindfällor förekommer men i mindre omfattning än vad många tror efter analyser av exempelvis testplanteringarna av sitkagran i Storbritannien. I sin naturliga miljö växer sitkagran i stora bestånd och tätt vilket troligen motverkar större avgångar såsom vindfällor. På Island är bestånden ofta mindre och onaturligt planterade efter struktur. Med onaturligt planterade menas här ej självsådd. Därför har vinden lättare att komma åt träden och bland annat skada dess nyårsskott och toppar. Ett mindre värde för topex kan innebära större vindhastigheter och vice versa. Om detta stämmer kan träden uppleva mer stress vid ett större topex och därmed tillgodogöra sig mindre av de nödvändiga komponenterna för sin tillväxt. Glawion (1985) utarbetade en vindstresskarta över Island (Bilaga 9). Data över vinddistributionen är begränsat till året 1976 och kartan är ganska generaliserad och därför används den ej för undersökningar mellan tillväxt och vindstress i detta arbete vilket kunde vara tänkbart eftersom den är en av de få vindistributionskartor som finns över Island. Lärk används fortfarande som läbälten på grund av sitt goda infång av vind. Det är antagligen därför som lärkens tillväxt ej visar något som helst samband med variationen i topex.

För sitkagran verkar det som om underlagets form påverkar tillväxten eftersom det finns stora skillnader för respektive form. Att den bästa tillväxten tenderar att ske på en plan markform bör bero på en jämnare genomströmning och tillgång till vatten. Detta kan kanske också visa att jordarna antagligen har en minst lika hög näringshalt på en plan yta som i en konkav markform. Den sämsta tillväxten tenderar att ske på konvexiteter och konkaviteter. Den sämre tillväxten vid konvexitet kan bero på en lägre halt av näringsämnen än vid plan markform. Att tillväxten vid konkavitet tenderar att vara sämre än plan markform kan bero på att marken lätt blir mättad på vatten (växer sämre) och på större frekvens av frost samt mindre andel solinstrålning. Vad gäller lärk kan inget annat sägas än att det är en trädart som antagligen har en god förmåga att kunna växa lika bra på plan som konvex och konkav markform.

9. Felkällor

För en bättre uppfattning av felkällorna deltog jag i två veckors fältarbete. Fältarbetet gav en bra insikt inte bara i felkällorna utan också om planteringarnas karaktäristika, syften och framgångar. Nedan följer några av de noterade felkällor som kan skapas ute i fältarbeten men också över andra material som inhämtats för detta arbete.

Fältmätningarna har utförts av olika personer. Ofta har personer olika sätt och vana för hur mätningarna skall gå till väga. Därför kan exempelvis höjdmätning och diametermätning av träd vid exempelvis brösthöjd (1,3 m) eller knähöjd (0,5 m) ge olika resultat. Trots denna felkälla kan den nog ses som liten eller i alla fall mindre än för de nedanstående.

Trädens höjd mäts med en utfällbar mätare likt en utfällbar kikare. Den högsta nivå som kan mätas med den är 15 meter + så långt en människa kan lyfta upp den. För ett träd som är över 15 meter kan därför ett fel vid mätningen på ca +/- 5 cm vara realistiskt då personen måste lyfta mätstången. Precisionen vid var avläsning på mätstången ligger på en centimeters intervall. Härvid blir felet som högst +/- 0.5 cm. En person vecklar ut höjdmätaren och en annan försöker att bedöma då mätaren är i jämnhöjd med trädets topp. Oftast står observatören ej i jämnhöjd med trädtoppen och gör därför en bedömning från en fel vinkel. Ett fel på +/- 10 cm är i detta fall tänkbart. Vissa träd är böjda vilket kan medföra ytterligare mätfel. Feluppskattningen här kan vara upp till - 5 cm för lärk respektive sitkagran vilka i allmänhet är ganska raka. Det kan i vissa fall hända att mätaren ställs under eller över trädets lägsta stamnivå. Därvid kan ett fel på upp till +/- 5 cm uppstå. Med dessa felkällor kan trädets uppskattade längd variera mellan + 15,0 – (- 20,0) cm om det är lägre eller lika med 15 meter eller + 20,0 – (- 25,0) cm om trädet är över 15 meter. Inget träd, i det material som används i detta arbete, är över 15 meter och därför är det intervallet + 15,0 – (- 20,0) cm som gäller i detta fall. Dessa uppskattade felkällor gäller för extremfall och det kan mycket väl tänkas att den normala felmarginalen är ungefär + 5,0 – (- 5,0) cm. Exempelvis skulle ett trädbestånd, planterat för 30 år sedan med ett 10 meter högt överhöjdstäd, i normalfallet kunna få en beräknad tillväxt som hamnar inom intervallet 33,2 respektive 33,5 cm/år. Det handlar alltså om en skillnad på några millimetrar för denna felkälla.

Under ett mätningår, vanligtvis sommaren, kan det gå några månader mellan mätningarna av två bestånd som är lika gamla. Den ena har då hunnit växa under en längre tid. Skillnaden kan då uppgå till över 1 eller 2 dm i höjdd. Över ett tidsspänn på ca 35 – 40 år blir det ungefär en skillnad på omkring 0,5 – 1 cm/år. Således kan detta vara en av orsakerna till variationen av tillväxten i höjdd för två olika men jämnåriga bestånd.

Plantornas ålder och storlek vid plantering finns ej dokumenterad. Som regel är lärkplantorna ca 2 år gamla och jämnhöga vid planteringen. Dock förekommer det att plantorna är 3 eller 4 år gamla. De skall dock ha samma mått som för de 2-åriga. Sitkagranen är i regel 4 till 5 år gammal vid plantering och skall också ha uppfyllt vissa standardkrav på storlek med mera (Arnór Snorrasson, muntligen). Därför skall alla uppmätta trån egentligen ha vuxit i genomsnitt mindre per år mot vad som visas i detta arbete. Men eftersom de i regel är jämnåriga och framförallt jämnstora och jämnhöga

vid planteringen bortses denna felkälla från beräkningarna. Trots att det finns värre felkällor är denna ändå att tänka på. För det bör förekomma skillnader i bland annat höjd mellan de olika plantorna vid planteringen.

Det finns otillräcklig data över förekomsten av olika provenienser för sitkagran samt för sibirisk och rysk lärk inom undersökningsområdet. Om det förekommer olika provenienser och därmed olika grundförutsättningar för tillväxten bör dessa hämma resultaten i detta arbete. Vissa provenienser klarar sig bättre eller sämre än andra vilket har visats från föregående arbeten över lärkprovenienser på Island. Det verkar exempelvis finnas indikationer till en skillnad i tillväxten mellan provenienser för den ryska respektive den sibiriska lärken i det här arbetet. Det skall dock påpekas att en klar separering av dem ej är befogad efter det begränsade materialet som finns till förfogande. Eftersom denna källa är så knapphänt tas den ej med i beräkningarna.

Träd växer olika snabbt under sitt åldrande av helt naturliga skäl. Idealiskt är att använda träd som alla är lika gamla vid jämförelser mot olika oberoende variabler. Dock är antalet träd från samma årskull, i detta arbete, för få för att de statistiska resultaten skall kunna säkerställas. För att undvika för få mätpunkter och där igenom för höga t-värden samt en mindre spatial utbredning, tas därför ett urval av träd i detta arbete som har olika planteringsåldrar. Antalet mätpunkter ökar då men samtidigt medkommer ett grundläggande fel som ej kan undvikas. Nämligen att träden kan och bör ha vuxit olika snabbt på grund av deras åldersskillnader. Detta måste noteras och för närvarande finns det ej några standardkurvor för hur sitkagran och lärk växer efter ålder på norra Island. Det har utarbetats för Hallgrimsstaður, östra Island, men bör ej användas för norra Island på grund av bland annat de olika klimatologiska och topografiska faktorerna. Därför kan inte tillväxten för träden normeras till något känt intervall.

Den digitala höjdmodellen har en upplösning i höjddled på 1 meter men eftersom pixlarna är 100 * 100 yards stora blir ändå den verkliga upplösningen i z-led ganska dålig. Vid en stor lutning kan det, inom 100 yards och då speciellt in åt landet, mycket väl skilja tjugotalet meter i ekvidistans.

Temperaturdata som är använd för interpolering och vidare applicerad till en tetratermkarta är ej komplett för 6 stycken klimatstationer. Dessa har temperaturvärden från 1961 men ej fram till 2000 (Bilaga 10). En klimatstation har temperaturdata fram till och med 1990, en till och med 1993, två till och med 1994 och två till och med 1997. Detta gör att tetratermen i vissa områden antagligen blir för låga. Temperaturen har nämligen varit som högre under 1990-talet än under 1960- till 1980-talet enligt de flesta klimatstationer som använts i detta arbete.

10. REFERENSER

- Ahrens, C.,D. 1999. *Meteorology Today: An Introduction to Weather, Climate and the Environment*. 6:e upplagan. Brook/Cole, Thomson Learning. Pacific Grove, Kalifornien, U.S.A.
- Andersson, G., Jorner, U, & Ågren, A. 1994. *Regressions- och tidsserieanalys*, Andra upplagan. Studentlitteratur, Lund. ISBN 91-44-19872-8.
- Arnalds, Ólafur. 1984. Eolian nature and erosion of some Icelandic soils. *Ísl. Landbún. J. Agr. Res. Icel.* **16**, 1-2. pp 21-35.
- Barkved, M. 1964. *Kystskogbruk, Skogbrukslära flr Vestlandet og kyststrøk nordpå*. S. & JUL SØRENSEN. (Lärobok i skogbrukslära på norska).
- Blöndal, S & Gunnarsson, S, B. 1999. *ÍSLANDSSKÓGAR – hundrað ára saga*. Skógrækt ríkisins 1999. ISBN: 9979 – 9399 – 8 – 2.
- Bragason, Á. 1995. Exotic trees in Iceland. *BÚVÍSINDI, Iceland Agriculture Science*. No.9, pp 37-45.
- Einarsson, Markús Á. 1984. World Survey of Climatology, *Climate of Iceland*. Vol **15**, Kap 7. Ed: H. van Loon. pp 673–697.
- Eythorsson, J. & Sigtryggsson, H. 1971. The Zoology of Iceland, *The Climate and Weather of Iceland*. Vol. 1: 3. Eds: Bertelsen, E., Guðmundsson, F., Ingolfsson, A., Jónsson, P. M. och Tuxon. S. L. Copenhagen and Reykjavik.
- Eysteinnsson, T & Skúlason, B. 1995. Adaptation of Siberian and Russian larch proveniences to spring frosts and cold summers. *BÚVÍSINDI, Iceland Agriculture Science*. No.9. pp 91-97.
- Fredman, P. 1991. Sitkagranens överlevnad samt höjdtillväxtens korrelation med vissa klimatvariabler på Island. Examensarbete i ämnet skogsskötsel, Institutionen för skogsskötsel. Sveriges Lantbruksuniversitet. Umeå, 1991-5.
- Glawion, R. 1985. Die natürliche Vegetation Islands als Ausdruck des ökologischen Raumpotentials. Bochumer Geografische Arbeiten, Heft 45. Ferdinand Schöningh, Paderborn, ISBN 3 – 506 – 71255 – 1.
- Greipsson, S. & El-Mayas, H. 1998. Large-scale reclamation of barren lands in Iceland by aerial seeding. *Land Degrad. Develop.* No.10. pp 185-193.
- Gunnarsson, Karl. 1999. Afforestation projekts and rural development in Iceland. Regional Forest Programmes: A participatory Approach to Support Forest Based

Regional Development. Eds: Anssi Niskanen & Johanna Väyrynen. *EFI Proceedings* No.32. pp 197-204.

Henriksen. H. A. 1958. Sitkagranens vækst og sundhedstilstand i Danmark- The increment and health condition of sitka spruce in Denmark. Særtryk af Det forstlige Forsøgsvæsen i Danmark, Vol. **XXIV**. Hft.1, København.

Hummel, E, P. 1976. An investigation into the relationship between the climate and potential forest vegetation of Iceland. Examensarbete inom departementet meteorologi och oceanografi, New Brunswick, New Jersey.

Karlsson, L. 1990. Ståndortsfaktorer som indikatorer på boniteten för *Larix sukaczewii* och *Larix sibirica* på Island. Examensarbete i ämnet skogsskötsel, Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för skogsskötsel. Umeå, 1990-8.

Keckler, D. 1994. SURFER for Windows, Contouring and 3D Surface Mapping. Colorado, U.S.A.

Lindhagen, A. 1990. Klimatets och årsmånens inverkan på tillväxten hos *Larix sukaczewii* och *L. sibirica* på Island. Examensarbete i ämnet skogsskötsel, Institutionen för skogsskötsel. Sveriges Lantbruksuniversitet. Umeå, 1990-7.

MacDonald. J., Wood. R. F., Edwards. M. V. & Aldhous. J. R. 1957. Exotic forest trees in Great Britain – paper prepared for the British Commonwealth, Forestry Conference, Australia and New Zealand. *Forestry Commission*, Bulletin No. **30**.

Mikola, J & Vakkari, P. 1995. Genotype * environment interactions in the Raivola provenance of *Larix sibirica* in Finland. *BÚVÍSINDI, Icelandic Agriculture Science*, No.9. pp 81-90.

Ólafsdóttir, R., Schlyter, P. & Haraldsson, H.V., 2001. Simulating Icelandic vegetation cover during the Holocene. Implications for long-term land degradation. *Geogr. Ann.* **83** A (4). pp 203-215.

Sigurjónsdóttir, S. 1996. Vegetasjons- og jordsmonnutvikling i lerkesdoger på Øst-Island. Hovedoppgave ved Norges landbrukshøgskole, Institutt for skogfag.

Snorrasson, Arnor. 1986. *Larix* i Island, Sammenligning av arter, provenienser og voksesteder. Institutt for skogskjøtsel, Norges landbrukshøgskole.

Waring, R. H., 2000. A process model analysis of environmental limitations on the growth of Sitka spruce plantations in Great Britain. *Forestry: the journal of the Institute of foresters of Great Britain*. –London 1927. Vol. **73**, No. 1.

Warren, R. 1987. Predicting the productivity of sitkaspruce on upland sites in northern Britain. *Forestry Commission*, Bulletin **72**. pp 11.

Wood, R. F. 1955. Studies of North- West American Forests- in relation to Silviculture in Great Britain. *Forestry Commission*, Bulletin No. **25**. London.

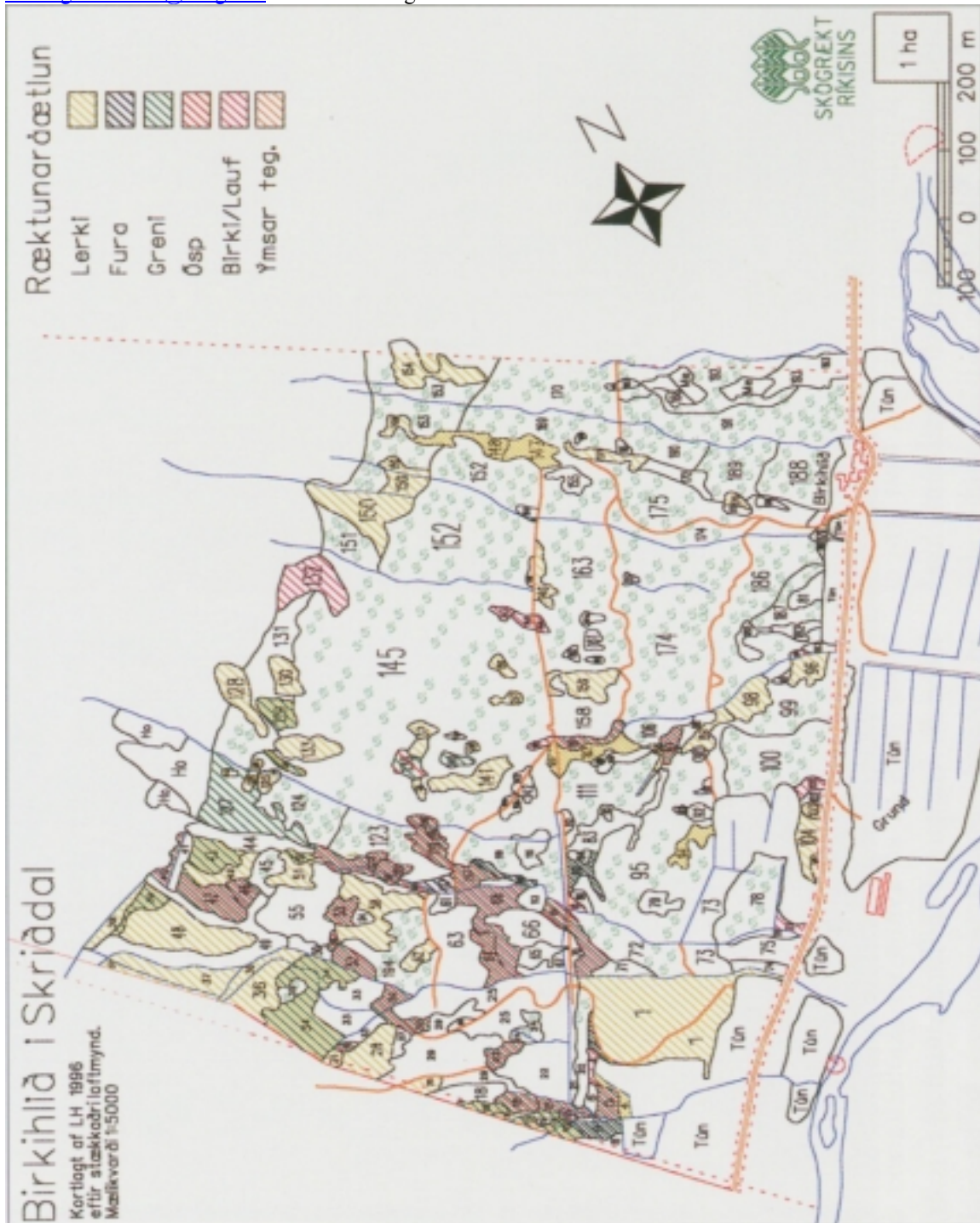
VEDRÁTTAN, 1991. Ársyfirlit samíð á veðurstofunni. *VEDRÁTTAN*, pp. 97-136. ISSN 0258-3836.

Worrel, R. & Malcolm, D. C., 1990. Productivity of Sitka Spruce in Northern Britain; 1. The Effects of Elevation an Climate. *Forestry: the journal of foresters of Great Britain*. – London 1927, Vol. **63**, No. **2**. pp 105 – 118.

Þorsteinsson, B. 1994. Fræskrá 1933- 1992, I. Barrtré.

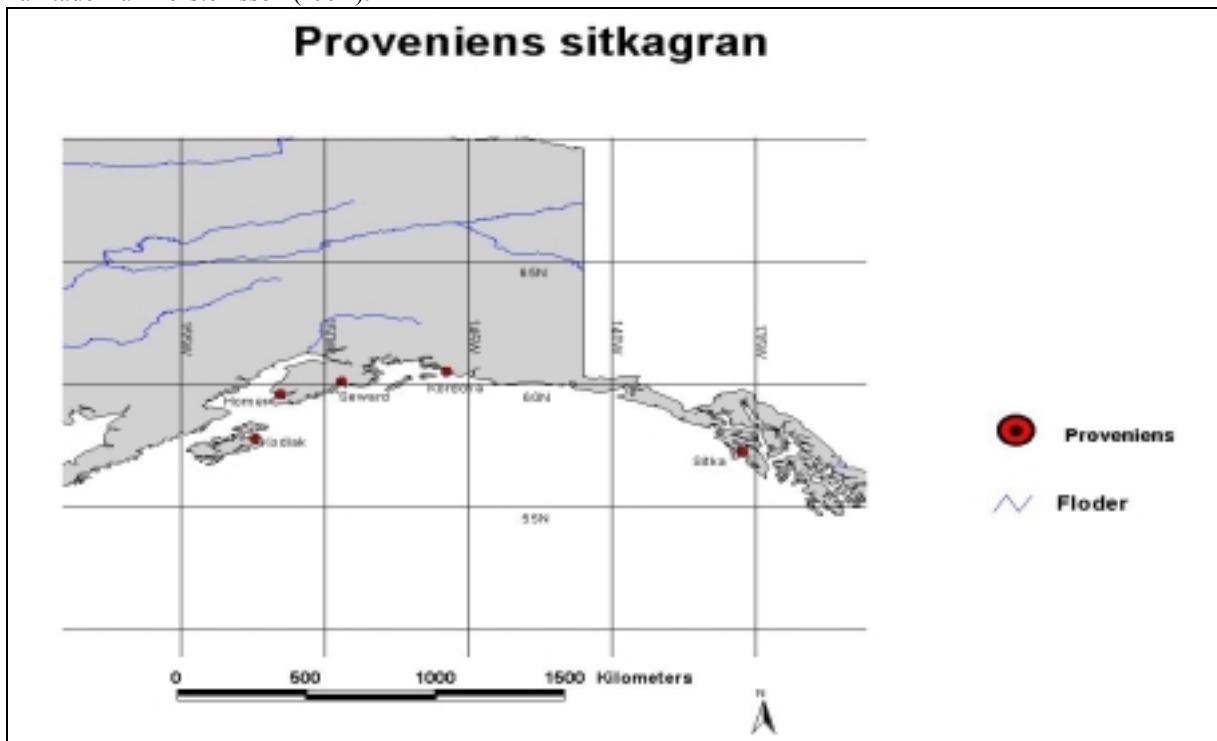
Bilaga 1

Ett exempel på skogsbruksplan i detta fall över Birkihlið, Skriðdal 1996. Enligt planering skall en mångfald av olika trädarter planteras, däribland lärk, tall, gran, asp och björk. Materialet är hämtat från skogsforskningsstationen Mógilsá og utlämnat av Karl Gunnarsson som finns att nå på adressen: karl.s.gunnarsson@skogur.is eller www.skogur.is.

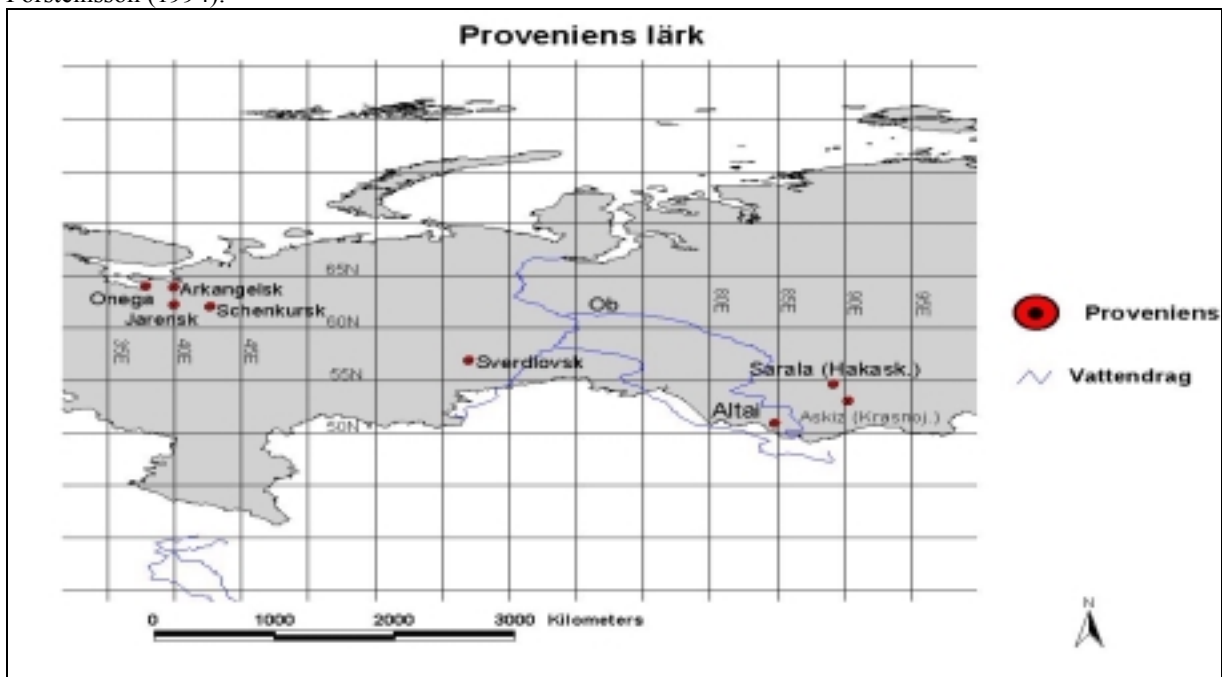


Bilaga 2

Geografiska ursprungsorter (provenienser) för sitkagran i Alaska, U.S.A. Geografiska koordinater är hämtade från Þorsteinsson (1994).

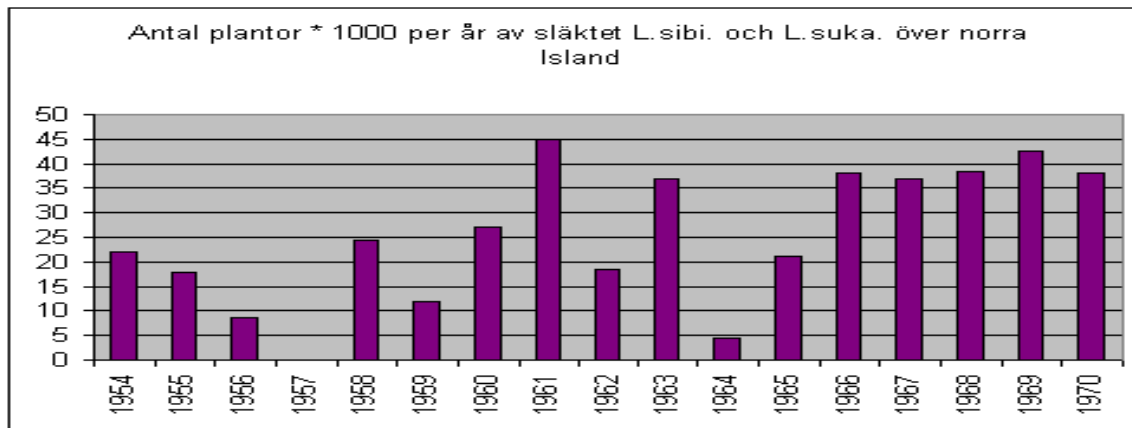


Geografiska ursprungsorter (provenienser) för lärk i Ryssland. Geografiska koordinater är hämtade från Þorsteinsson (1994).



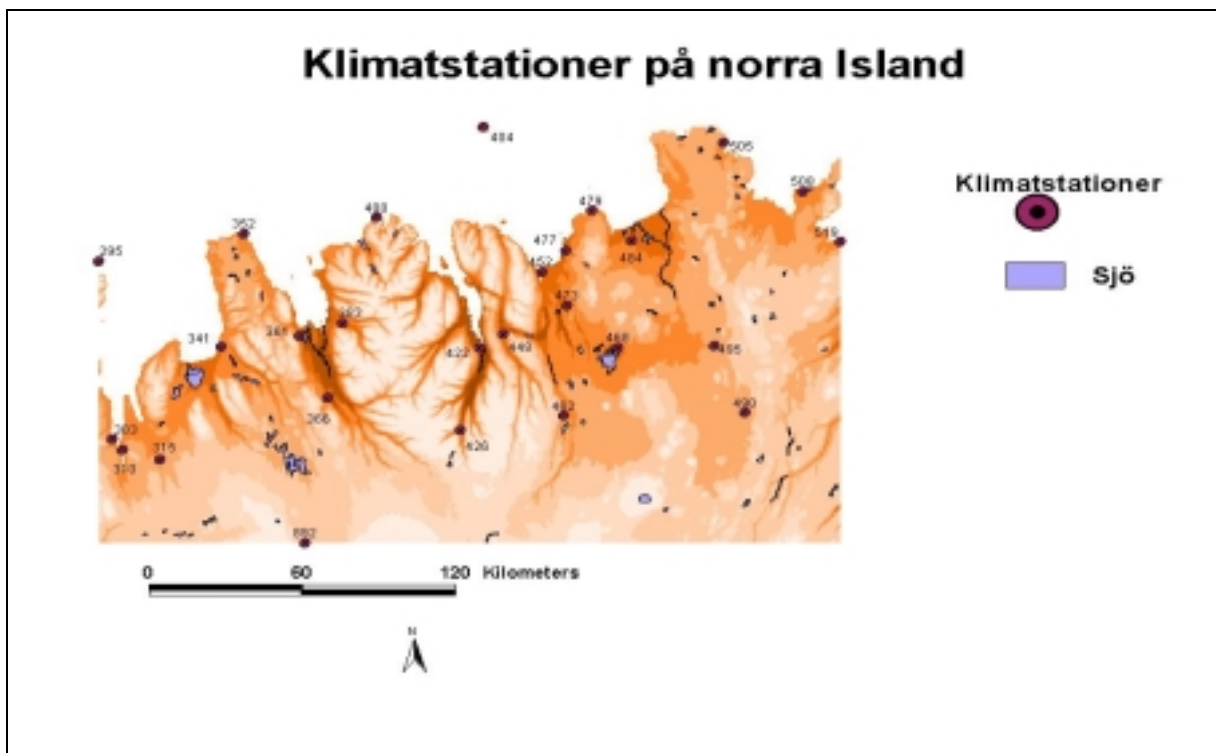
Bilaga 3

Antal planterade lärkplantor på norra Island. Notera nedgången 1964, året efter den stora lärkavgången (Omarbetat material från Snorrasson, 1986).

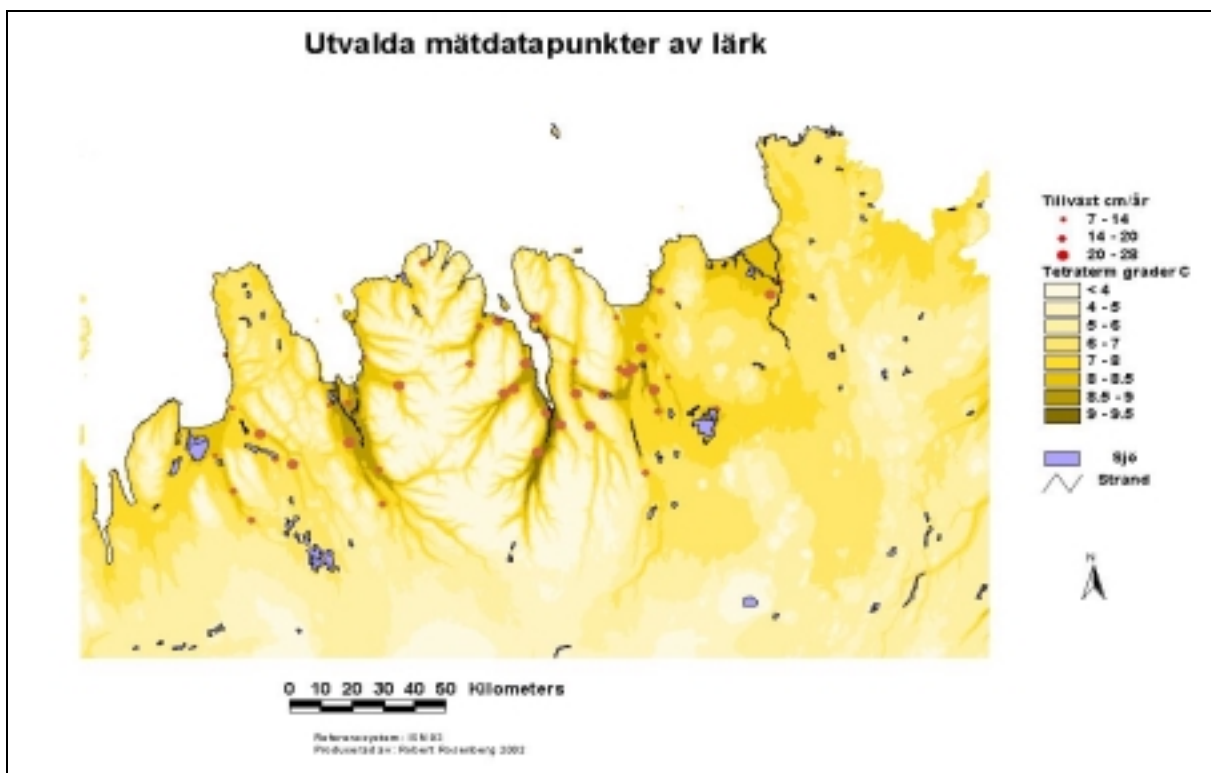
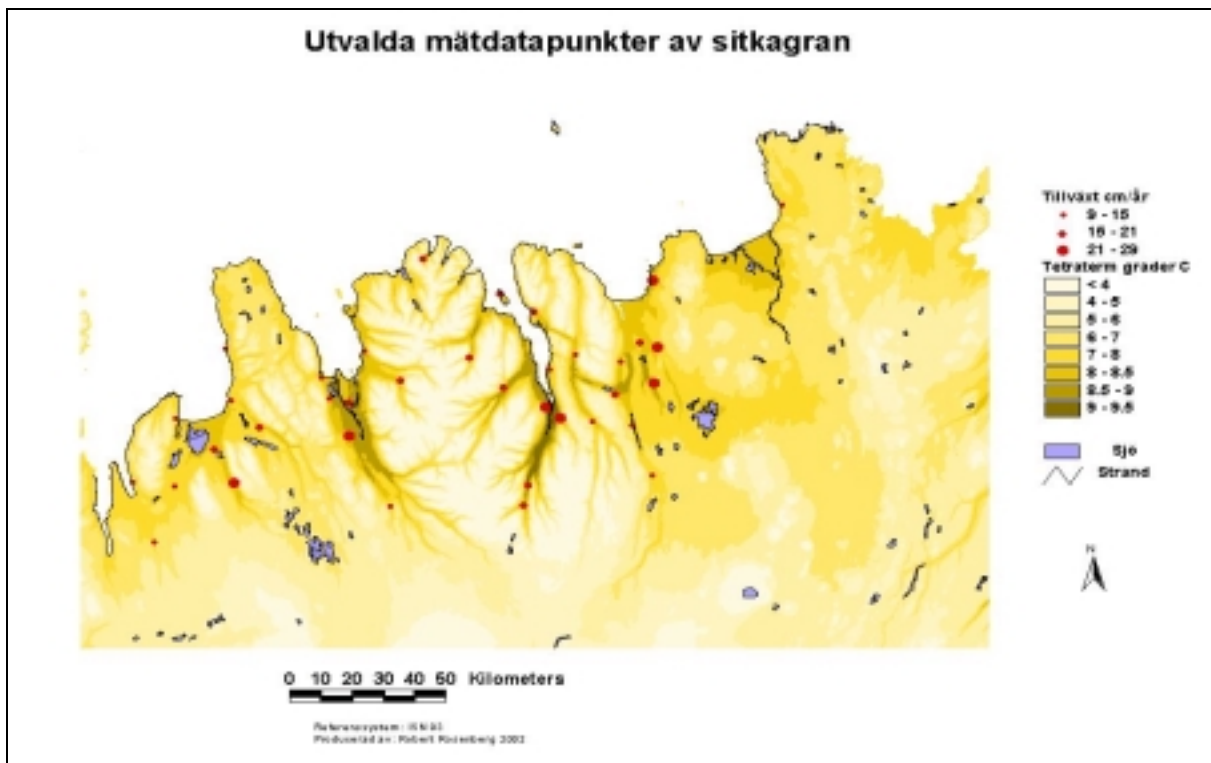


Bilaga 4

De använda klimatstationerna för interpolationsberäkningar av tetraterm. Data är hämtade från väderstationen i Reykjavik och några av klimatstationerna återfinns på www.vedur.is. Exakta positioner för respektive klimatstation återges i bilaga 10.

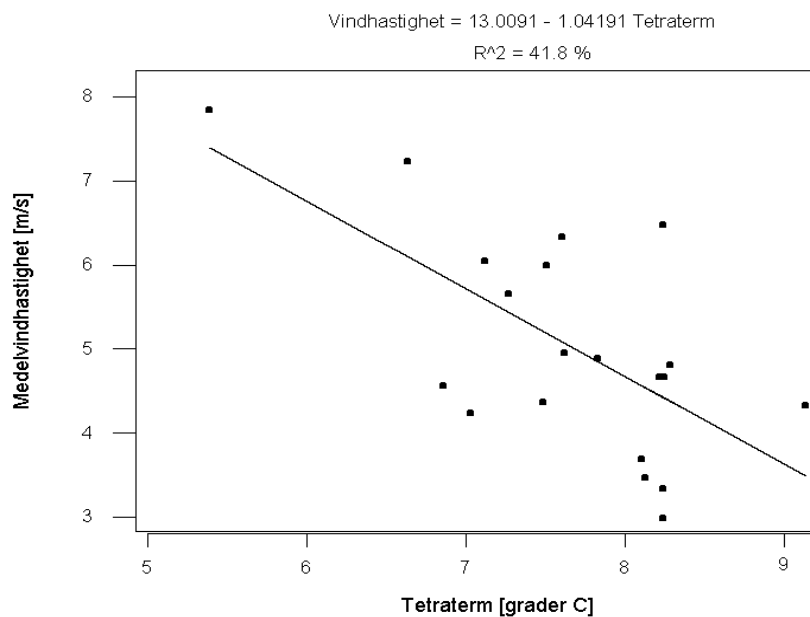


Bilaga 5



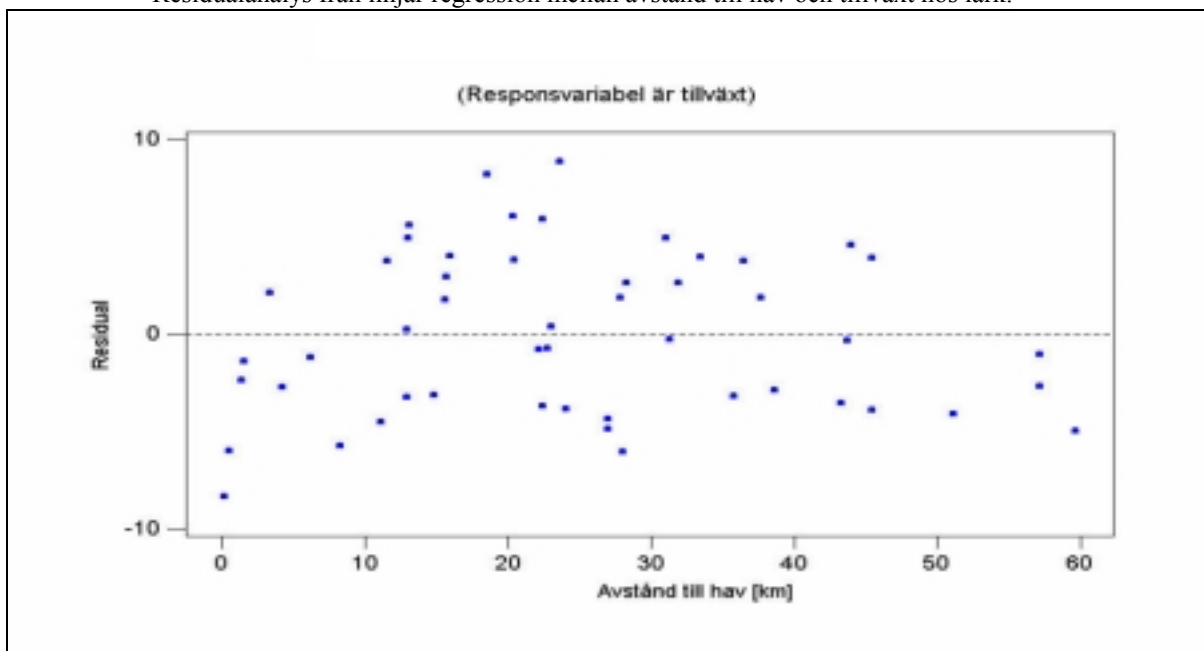
Bilaga 6

Linjär regression mellan vindhastighet och tetraterm för 20 klimatstationer inom undersökningsområdet. Totalt används 20 klimatstationer vid regressionen mellan medelvindhastighet och tetraterm.



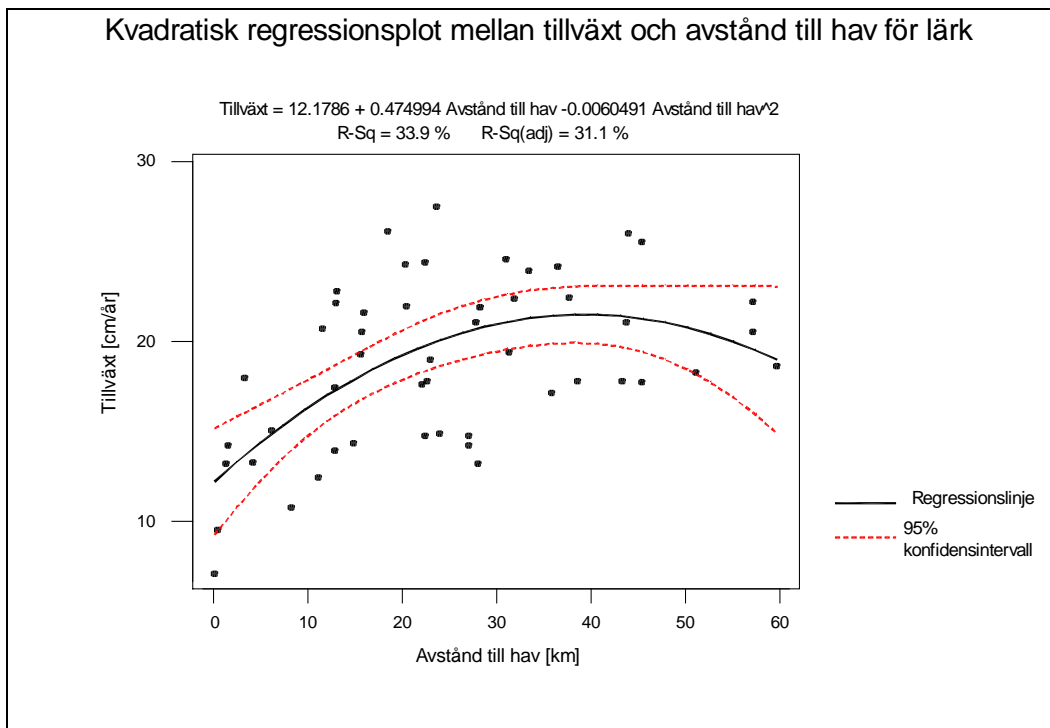
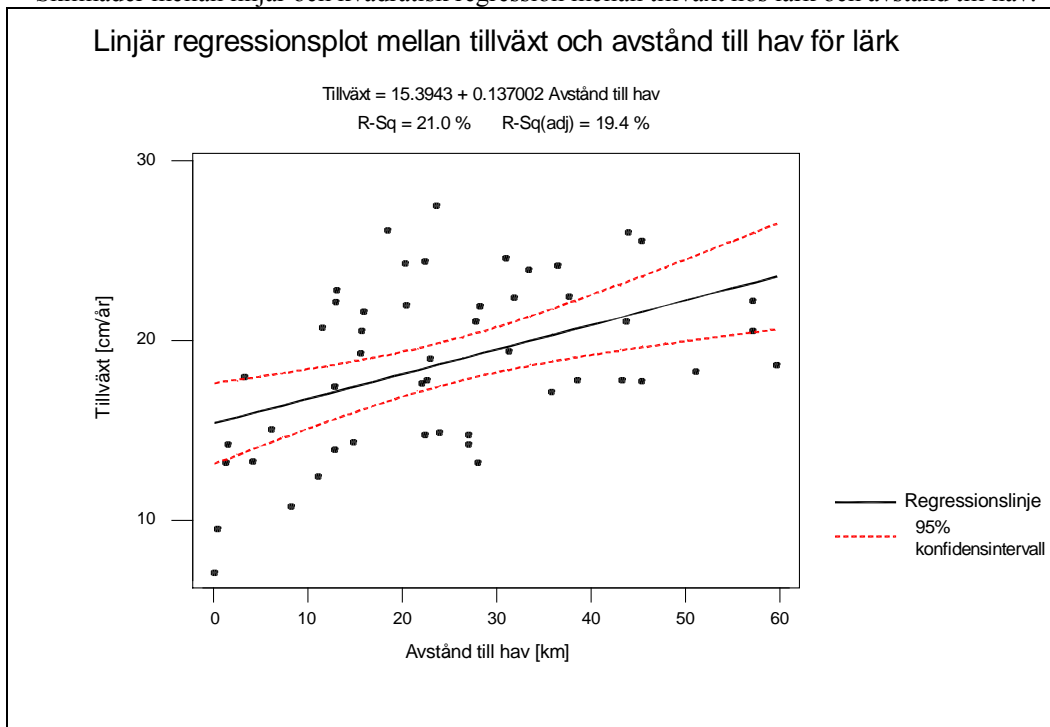
Bilaga 7

Residualanalys från linjär regression mellan avstånd till hav och tillväxt hos lärk.



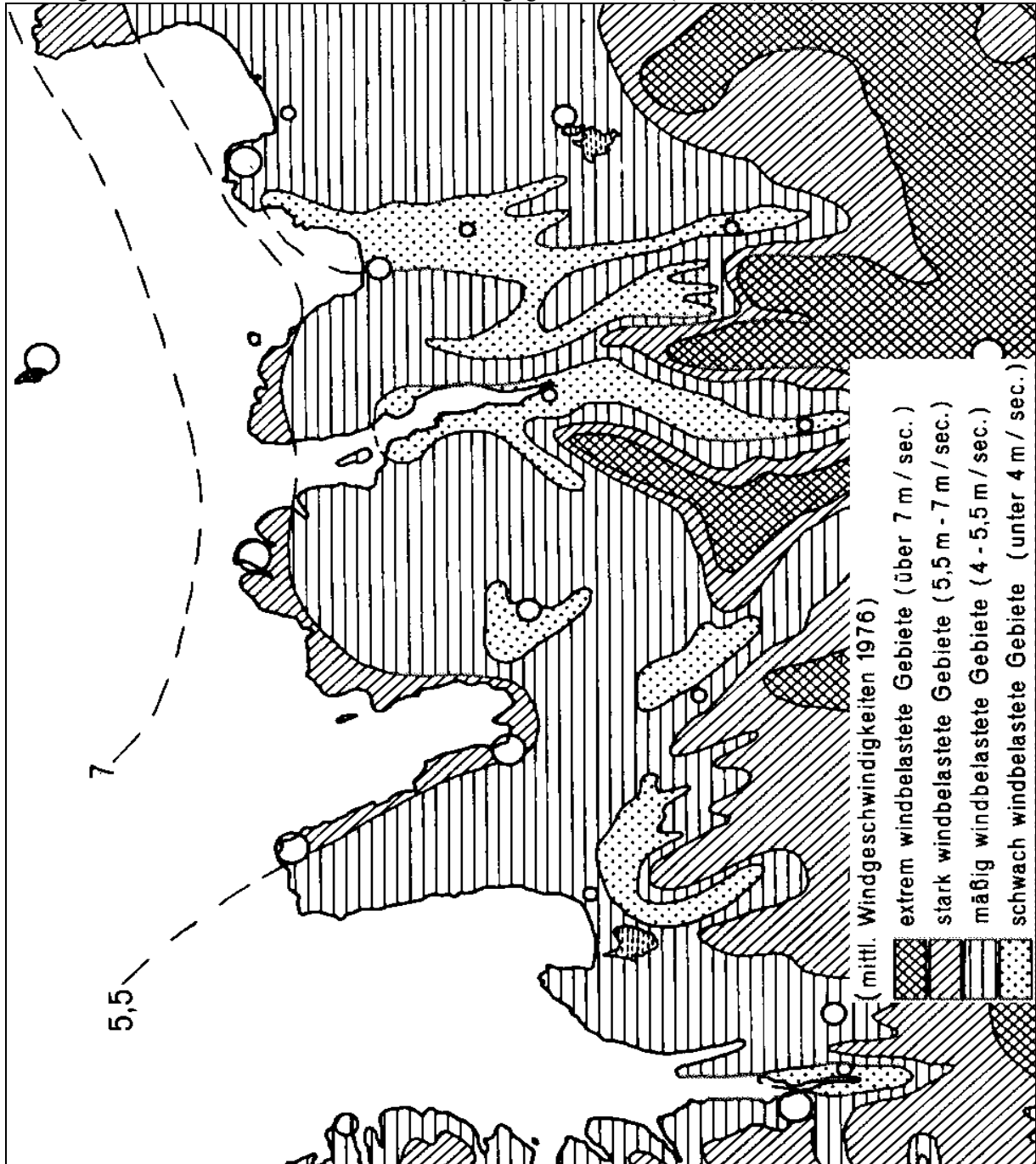
Bilaga 8

Skillnader mellan linjär och kvadratisk regression mellan tillväxt hos lärk och avstånd till hav.



Bilaga 9

Kartan visar grovt fördelning och grad av vindhastighet och därmed indirekt grad av stress av vegetation. De cirkulära markeringarna på kartan visar antalet dagar med vindar som nått stormstyrkor motsvarande mer eller lika med 20,8 m/s. Markeringarna är placerade på klimatstationer och baserade på mätningar under 1976. Den minsta cirkeln står för mindre än 6, mellancirkeln 6 - 15 och den största cirkeln över 15 stormdagar. Materialet är omarbetat och täckte ursprungligen hela Island (Glawion, 1985).



Bilaga 10

Klimatstationernas identifikationsnummer, koordinater i x- och y-led, sista mättingsåret och dess tetratermvärde vid 0 meter över havet. Identifikations- och mätperioddata är hämtad från den Isländska väderstationen veðurstofan, Reykjavik.

X_ISN93	Y_ISN93	Tetraterm	ID-station	slut år
393473.00	612252.00	6.99 295	1993	
398651.00	531936.00	7.80 303	2000	
402577.00	527120.00	7.71 310	1997	
417179.00	523076.00	7.73 315	2000	
441011.00	573577.00	8.23 341	2000	
449925.00	624645.00	7.32 352	2000	
471608.00	578503.00	8.49 361	2000	
582822.00	550805.00	8.94 366	2000	
488686.00	584410.00	9.00 383	2000	
501898.00	632110.00	7.72 400	2000	
544151.00	672895.00	6.71 404	1997	
542026.00	573487.00	9.28 422	2000	
534319.00	536090.00	9.66 426	1990	
551092.00	579289.00	9.30 448	2000	
566170.00	607548.00	8.29 452	2000	
574833.00	542661.00	9.35 462	2000	
596152.00	573379.00	9.91 468	2000	
575963.00	592514.00	8.46 473	2000	
575581.00	617146.00	8.99 477	1994	
585603.00	635058.00	7.95 479	2000	
601485.00	621152.00	8.42 484	2000	
645444.00	544004.00	9.37 490	2000	
633384.00	574143.00	9.16 495	2000	
637040.00	665513.00	7.12 505	2000	
667990.00	643735.00	7.70 508	2000	
682473.00	620882.00	7.54 519	1994	
474041.00	485435.00	8.99 892	2000	

Lunds Universitets Naturgeografiska institution. Seminarieuppsatser. Uppsatserna finns tillgängliga på Naturgeografiska institutionens bibliotek, Sölvegatan 13, 223 62 LUND.

The reports are available at the Geo-Library, Department of Physical Geography, University of Lund, Sölvegatan 13, S-223 62 Lund, Sweden.

1. Pilesjö, P. (1985): Metoder för morfometrisk analys av kustområden.
2. Ahlström, K. & Bergman, A. (1986): Kartering av erosionskänsliga områden i Ringsjöbygden.
3. Huseid, A. (1986): Stormfällning och dess orsakssamband, Söderåsen, Skåne.
4. Sandstedt, P. & Wällstedt, B. (1986): Krankesjön under ytan - en naturgeografisk beskrivning.
5. Johansson, K. (1986): En lokalklimatisk temperaturstudie på Kungsmarken, öster om Lund.
6. Estgren, C. (1987): Isälvsstråket Djurfälla-Flädermo, norr om Motala.
7. Lindgren, E. & Runnström, M. (1987): En objektiv metod för att bestämma läplanteringsläverkan.
8. Hansson, R. (1987): Studie av frekvensstyrd filtringsmetod för att segmentera satellitbilder, med försök på Landsat TM-data över ett skogsområde i S. Norrland.
9. Matthiesen, N. & Snäll, M. (1988): Temperatur och himmelsexponering i gator: Resultat av mätningar i Malmö.
- 10A. Nilsson, S. (1988): Veberöd. En beskrivning av samhällets och bygdens utbyggnad och utveckling från början av 1800-talet till vår tid.
- 10B. Nilson, G., 1988: Isförhållande i södra Öresund.
11. Tunving, E. (1989): Översvämning i Murcia-provinsen, sydöstra Spanien, november 1987.
12. Glave, S. (1989): Termiska studier i Malmö med värmebilder och konventionell mätutrustning.
13. Mjölbo, Y. (1989): Landskapsförändringen - hur skall den övervakas?
14. Finnander, M-L. (1989): Vädrets betydelse för snöavsmältningen i Tarfaladalen.
15. Ardö, J. (1989): Samband mellan Landsat TM-data och skogliga beståndsdata på avdelningsnivå.
16. Mikaelsson, E. (1989): Byskeälvens dalgång inom Västerbottens län. Geomorfologisk karta, beskrivning och naturvärdesbedömning.
17. Nhilen, C. (1990): Bilavgaser i gatumiljö och deras beroende av vädret. Litteraturstudier och mätning med DOAS vid motortrafikled i Umeå.
18. Brasjö, C. (1990): Geometrisk korrektion av NOAA AVHRR-data.
19. Erlandsson, R. (1991): Vägbanetemperaturer i Lund.
20. Arheimer, B. (1991): Näringsläckage från åkermark inom Brååns dräneringsområde. Lokalisering och åtgärdsförslag.
21. Andersson, G. (1991): En studie av transversalmoräner i västra Småland.
- 22A. Skillius, Å., (1991): Water harvesting in Bakul, Senegal.
- 22B. Persson, P. (1991): Satellitdata för övervakning av höstsådda rapsfält i Skåne.
23. Michelson, D. (1991): Land Use Mapping of the That Luang - Salakham Wetland, Lao PDR, Using Landsat TM-Data.

24. Malmberg, U. (1991): En jämförelse mellan SPOT- och Landsatdata för vegetations-klassning i Småland.
25. Mossberg, M. & Pettersson, G. (1991): A Study of Infiltration Capacity in a Semiarid Environment, Mberengwa District, Zimbabwe.
26. Theander, T. (1992): Avfallsupplag i Malmöhus län. Dränering och miljö-påverkan.
27. Osaengius, S. (1992): Stranderosion vid Löderups strandbad.
28. Olsson, K. (1992): Sea Ice Dynamics in Time and Space. Based on upward looking sonar, satellite images and a time series of digital ice charts.
29. Larsson, K. (1993): Gully Erosion from Road Drainage in the Kenyan Highlands. A Study of Aerial Photo Interpreted Factors.
30. Richardson, C. (1993): Nischbildningsprocesser - en fältstudie vid Passglaciären, Kebnekaise.
31. Martinsson, L. (1994): Detection of Forest Change in Sumava Mountains, Czech Republic Using Remotely Sensed Data.
32. Klintenberg, P. (1995): The Vegetation Distribution in the Kärkevagge Valley.
33. Hese, S. (1995): Forest Damage Assessment in the Black Triangle area using Landsat TM, MSS and Forest Inventory data.
34. Josefsson, T. och Mårtensson, I. (1995). A vegetation map and a Digital Elevation Model over the Kapp Linné area, Svalbard -with analyses of the vertical and horizontal distribution of the vegetation.
35. Brogaard, S och Falkenström, H. (1995). Assessing salinization, sand encroachment and expanding urban areas in the Nile Valley using Landsat MSS data.
36. Krantz, M. (1996): GIS som hjälpmedel vid växtskyddsrådgivning.
37. Lindegård, P. (1996). Vinterklimat och vårbakslag. Lufttemperatur och kåd-flödessjuka hos gran i södra Sverige.
38. Bremborg, P. (1996). Desertification mapping of Horqin Sandy Land, Inner Mongolia, by means of remote sensing.
39. Hellberg, J. (1996). Förändringsstudie av jordbrukslandskapet på Söderslätt 1938-1985.
40. Achberger, C. (1996): Quality and representability of mobile measurements for local climatological research.
41. Olsson, M. (1996): Extrema lufttryck i Europa och Skandinavien 1881-1995.
42. Sundberg, D. (1997): En GIS-tillämpad studie av vattenerosion i sydsvensk jordbruksmark.
43. Liljeberg, M. (1997): Klassning och statistisk separabilitetsanalys av marktäckningsklasser i Halland, analys av multivariata data Landsat TM och ERS-1 SAR.
44. Roos, E. (1997): Temperature Variations and Landscape Heterogeneity in two Swedish Agricultural Areas. An application of mobile measurements.
45. Arvidsson, P. (1997): Regional fördelning av skogsskador i förhållande till mängd SO₂ under vegetationsperioden i norra Tjeckien.
46. Akselsson, C. (1997): Kritisk belastning av aciditet för skogsmark i norra Tjeckien.
47. Carlsson, G. (1997): Turbulens och supraglacial meandring.
48. Jönsson, C. (1998): Multitemporala vegetationsstudier i nordöstra Kenya med AVHRR NDVI

49. Kolmert, S. (1998): Evaluation of a conceptual semi-distributed hydrological model – A case study of Hörbyån.
50. Persson, A. (1998): Kartering av markanvändning med meteorologisk satellitdata för förbättring av en atmosfärisk spridningsmodell.
51. Andersson, U. och Nilsson, D. (1998): Distributed hydrological modelling in a GIS perspective – an evaluation of the MIKE SHE model.
52. Andersson, K. och Carlstedt, J. (1998): Different GIS and remote sensing techniques for detection of changes in vegetation cover - A study in the Nam Ngum and Nam Lik catchment areas in the Lao PDR.
53. Andersson, J., (1999): Användning av global satellitdata för uppskattning av spannmålsproduktion i västafrikanska Sahel.
54. Flodmark, A.E., (1999): Urban Geographic Information Systems, The City of Berkeley Pilot GIS
- 55A. Lyborg, Jessie & Thurfell, Lilian (1999): Forest damage, water flow and digital elevation models: a case study of the Krkonose National Park, Czech Republic.
- 55B. Tagesson, I., och Wramneby, A., (1999): Kväveläckage inom Tolångaåns dräneringsområde – modellering och åtgärdssimulering.
56. Almkvist, E., (1999): Högfrekventa tryckvariationer under de senaste århundradena.
57. Alstorp, P., och Johansson, T., (1999): Översiktlig buller- och luftföroreningsinventering i Burlövs Kommun år 1994 med hjälp av geografiska informationssystem – möjligheter och begränsningar.
58. Mattsson, F., (1999): Analys av molnklotter med IRST-data inom det termala infraröda våglängdsområdet
59. Hallgren, L., och Johansson, A., (1999): Analysing land cover changes in the Caprivi Strip, Namibia, using Landsat TM and Spot XS imagery.
60. Granhäll, T., (1999): Aerosolers dygnsvariationer och långväga transporter.
61. Kjellander, C., (1999): Variations in the energy budget above growing wheat and barley, Ilstorp 1998 - a gradient-profile approach
62. Moskvitina, M., (1999): GIS as a Tool for Environmental Impact Assessment - A case study of EIA implementation for the road building project in Strömstad, Sweden
63. Eriksson, H., (1999): Undersökning av sambandet mellan strålningstemperatur och NDVI i Sahel.
64. Elmqvist, B., Lundström, J., (2000): The utility of NOAA AVHRR data for vegetation studies in semi-arid regions.
65. Wickberg, J., (2000): GIS och statistik vid dräneringsområdesvis kväveläckagebeskrivning i Halland.
66. Johansson, M., (2000): Climate conditions required for re-glaciation of cirques in Rasepautasjtjåkka massif, northern Sweden.
67. Asserup, P., Eklöf, M., (2000): Estimation of the soil moisture distribution in the Tamne River Basin, Upper East Region, Ghana.
68. Thern, J., (2000): Markvattenhalt och temperatur i sandig jordbruksmark vid Ilstorp, centrala Skåne: en mättings- och modelleringsstudie.
69. Andersson, C., Lagerström, M., (2000): Nitrogen leakage from different land use types - a comparison between the watersheds of Graisupis and Vardas, Lithuania.

70. Svensson, M., (2000): Miljökonsekvensbeskrivning med stöd av Geografiska Informationssystem (GIS) – Bullerstudie kring Malmö-Sturup Flygplats.
71. Hyltén, H.A., Uggla, E., (2000): Rule-Based Land Cover Classification and Erosion Risk Assessment of the Krkonoše National Park, Czech Republic.
72. Cronquist, L., Elg, S., (2000): The usefulness of coarse resolution satellite sensor data for identification of biomes in Kenya.
73. Rasmusson, A-K., (2000): En studie av landskapsindex för kvantifiering av rumsliga landskapsmönster.
74. Olofsson, P., Stenström, R., (2000): Estimation of leaf area index in southern Sweden with optimal modelling and Landsat 7 ETM+Scene.
75. Uggla, H., (2000): En analys av nattliga koldioxidflöden i en boreal barrskog avseende spatial och temporal variation.
76. Andersson, E., Andersson, S., (2000): Modellering och uppmätta kväveflöden i energiskog som bevattnas med avloppsvatten.
77. Dawidson, E., Nilsson, C., (2000): Soil Organic Carbon in Upper East Region, Ghana - Measurements and Modelling.
78. Bengtsson, M., (2000): Vattensänkning - en analys av orsaker och effekter.
79. Ullman, M., (2001): El Niño Southern Oscillation och dess atmosfäriska fjärrpåverkan.
80. Andersson, A., (2001): The wind climate of northwestern Europe in SWECLIM regional climate scenarios.
81. Laloo, D., (2001): Geografiska informationssystem för studier av polyaromatiska kolväten (PAH) – Undersökning av djupvariation i BO01-området, Västra hamnen, Malmö, samt utveckling av en matematisk formel för beräkning av PAH-koncentrationer från ett kontinuerligt utsläpp.
82. Almqvist, J., Fergéus, J., (2001): GIS-implementation in Sri Lanka. Part 1: GIS-applications in Hambantota district Sri Lanka : a case study. Part 2: GIS in socio-economic planning : a case study.
83. Berntsson, A., (2001): Modellering av reflektans från ett sockerbetsbestånd med hjälp av en strålningsmodell.
84. Umegård, J., (2001): Arctic aerosol and long-range transport.
85. Rosenberg, R., (2002): Tetratermmodellering och regressionsanalyser mellan tetraterm, topografi och tillväxt hos sitkagran och lärk – en studie i norra Island.