

## Suomen metsittyminen jääkauden jälkeen

Pentti Alho

*SUMMARY: THE HISTORY OF FOREST DEVELOPMENT IN FINLAND AFTER THE LAST ICE AGE*

Alho, P. 1990. Suomen metsittyminen jääkauden jälkeen. Summary: The history of forest development in Finland after the last Ice Age. *Silva Fennica* 24(1):9–19.

Kirjoituksessa selvitetään miten Suomi sai metsäpeitteensä jääkauden jälkeen ja millaisia vaihteluja metsät ovat kokeneet 10 000 vuoden aikana. Kirjallisuuden perusteella tarkastellaan kasvillisuuden ja puiden tuotantoedellytyksiä ja puulajeja saapumisjärjestyksessä. Ensimmäisinä, pioneeripuulajeina, saapuivat koivu ja mänty. Kuusi saapui suhteellisen myöhään eli noin 5000 vuotta sitten. Puulajien keskinäiset runsaussuhteet vaihtelivat vuosituhsien kuluessa suurestikin, mutta noin 2500–3000 vuotta sitten ne saavuttivat biologisen tasapainon. Metsiemme pitkä luonnon itsensä ohjaama kehityskausi päättyi vasta n. 300–400 vuotta sitten ihmisten puututtua yhä voimakkaammin sen vaiheisiin.

Based on literature this paper describes the natural afforestation of Finland that took place after the last Ice Age and the changes which have taken place during the last 10 000 years. The origin and development of the vegetation and trees are related to the changes in edaphic and climatic factors. The first tree species to arrive in Finland were the primary colonizing species, birch and Scots pine. The appearance of Norway spruce dates back to about 5000 B.P. There have been great changes in the species composition of Finnish forests during the last several thousands of years but some 2500–3000 years ago the various species reached their present balance. The epoch of natural forest, which had lasted some 9500 years, came to a conclusion, however, when man started to have a marked effect on the forest's development 300–400 years ago.

Keywords: review articles, natural afforestation, post glacial.  
ODC 182+231

Author's address: Saarankatu 2–4, SF-90100 Oulu, Finland.

Accepted November 30, 1989

### 1. Johdanto

Viime jääkauden jälkeisen kasvillisuuden – myös metsien – kehityshistorian tutkimukselle on ainoa tieto saatavissa geologisista kerrostumista. Maakerroksissa säilyneet, helposti tunnistettavat siitepölyhiukkaset havaittiin luotettaviksi tunnuksiksi määriteltäessä eri ajanjaksojen kasvilajien esiintymisalueita ja -runsautta. Suhteellinen siitepölyanalyysi stratigrafisena tutkimusmenetelmänä otettiin käyttöön 1900-luvun alussa (Hyvärinen 1986). Suomessa tätä menetelmää sovelsi en-

simmäisenä Auer (1927) Lapin metsänrajoja selvittävässä tutkimuksessaan. Myöhemmin suhteellisiin osuuksiin perustuva siitepölyaineiston analysointi todettiin riittämättömäksi ja osin harhaanjohtavaksikin (mm. L. Aario 1940). Tulokset tarkentuivat kun siirryttiin absoluuttisen analyysin käyttöön eli prosentiosuuksien asemasta näytteen siitepölykoostumus selvitetään absoluuttisina määrinä sedimentin tilavuus- tai paino-osaa kohti. Tulosten luotettavuus parani siitepölyanalyysiin

1960-luvun lopulla kehitetyn radiohiiliajoituksen ( $C^{14}$ - ajoituksen) avulla. Absoluuttisen analyysin ja radiohiiliajoituksen avulla on saatu uutta tietoa sitä mukaa kuin aineistoa käsitellään.

Suomessa jääkauden jälkeistä kasvillisuuden kehitystä ovat tutkineet etenkin geologit (esim. R. Aario, Donner, Eronen, Hyvärinen, Saarnisto, Sauramo), kasvitieteilijät (esim. Tolonen, Vasari) sekä maantieteilijät (esim. L. Aario, Aartolahti, Auer, Hustich).

## 2. Tulokset

### 21. Etelä-Suomen metsien alkuvaiheet

#### 211. Heinä- ja ruohokasvien muodostama tundra

Suomesta löydetty vanhimmat jääkauden jälkeiset siitepölykerrokset ajoittuvat myöhäisglasiaalin viimeiseen kauteen eli nuoremman Dryaskauden loppujaksolle (esim. Hyvärinen 1986), joka oli 10 400 vuotta sitten (B.P). Silloin jään reuna oli pysähtyneenä Salpausselän kohdalle. Paljastunutta maata oli vain Kaakkois- Suomessa ja Etelä-Karjalassa. Tämä maamme kaakkoisosaan n. 50 km:n levyisenä ja 200 km:n pituisena vyöhykkeenä työntynyt maa-alue, joka ulottui suunnilleen Imatralta Ilomantsiin (Donner 1971), kosketti Suomen aluetta vain vähän (kuva 1). Salpausselän eteläpuolinen alue oli veden alla.

Vanhimmissa siitepölykerrostumissa on lajitteisesti eniten marunan (*Artemisia*) siitepölyä, n. 30 %. Lähes sama suhteellinen määrä, 25 %, on heinien (Poaceae) ja sarojen (Cyperaceae) siitepölyä. Myös ruusukasvien (Rosaceae) siitepölyosuus oli suhteellisen suuri, 10 %. Imatralta otetussa siitepölynäytteessä on maakasvien pölysumma (NAP) 60–70% koko pölymäärästä ja marunan osuus tästä on hallitseva. Vanhimmat siitepölykerrostumat luokitellaan *Artemisia*-vyöhykkeeksi. Marunan yhdessä ruoho-, heinä- ja sarakasvien kanssa muodostama kasvillisuus oli tundraa (Sorsa 1965, Donner 1971, Hyvärinen 1975, 1976, Donner ja Eronen 1981).

Em. kasviheimoja edustavat pioneerilajit

Useimmissa tutkimuksissa on puiden osuus kasvillisuutemme kehityshistoriassa keskeisenä. Yksi tutkimus on omistettu kokonaan Suomen metsien historian tarkasteluun (Sauramo 1941) ja toisessakin metsiemme koostumuksen jääkauden jälkeiset muutokset ovat hyvin keskeisellä sijalla (Donner 1963). Tässä kirjoituksessa tarkastellaan Suomen metsien kehityshistoriasta julkaistua laajaa aineistoa metsätieteen näkökulmasta.

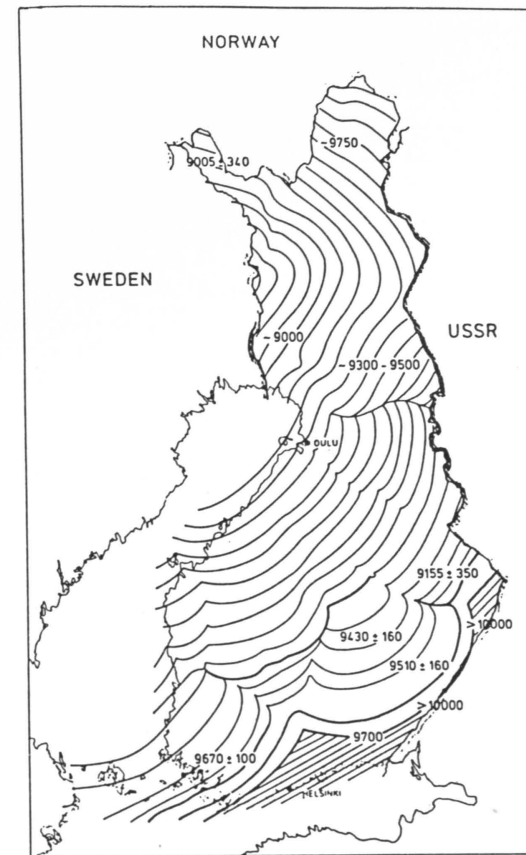
olivat valolajeja, joiden ravinnevaatimukset eivät olleet korkeat ja jotka sietivät aavikko-maisen alueen suurilmastolliset haitat kuten vesi- ja lumisateet, esteettömästi puhaltavat tuulet, suoran auringonsäteilyn ja lämpötilan jyrkät vaihtelut. Ilmasto oli kuitenkin lämpenemässä. Saapuneet lajit edustivat ns. viileän välivaiheen ilmaston lajeja.

Alkuvaiheessa kasvien siirtyminen vyöhykkeestä toiseen oli hidasta. Ne etenivät muodostaen vaihtuvalla nopeudella eteen-työntyneitä tukikohtia paikkoihin, jotka olivat ilmastoltaan tai maaperältään parhaita kasvupaikkoja. Suurilmaston vaihtelu aiheutti kasvien leviämislle sekä ajallista taantumista että edistymistä.

Marunan valta-asema oli lyhytaikainen; *Artemisia*-vyöhyke kesti pari vuosisataa päättyen n. 10 200 vuotta sitten (kuva 2).

#### 212. Koivu

Marunavyöhykkeen aikana vallinneiden ruohojen ja heinien seassa oli harvakseltaan varpuja ja pensaita, kuten pajuja ja pensasmaisia koivuja. Aikaisemmin tutkimuksissa eri koivulajien siitepölyjä ei voitu erottaa toisistaan, ei edes vaivaiskoivua puumaisista sukulaisistaan, ja siksi tässä kirjoituksessa koivu (*Betula*) edustaa yleensä kaikkia meillä kasvavia lajeja (*B. pubescens*, *B. pendula*, *B. tortuosa* ja *B. nana*). Kuori- ja kuorihedelmäjäännökset sekä muut makrofossiiliset puun osat antavat nykyisillä tutkimusmenetelmillä entistä yksilöidymppää tietoa eri koivulajien



Kuva 1. Jääkauden päättymisen Suomessa kuvattuna perääntyvän jäänreunan peräkkäisinä linjoina. Hiili-ajoitusajat ovat aikoja ennen nykyaikaa ja ne osoittavat perääntymisajankohdan minimi-ikä (Ignatius ym. 1980).

Fig. 1. The deglaciation of Finland illustrated by successive ice-marginal lines. Selected radiocarbon dates (B.P.) are suggestive of a minimum age for the deglaciation (Ignatius et al. 1980).

osuudesta metsiemme varhaishistoriaan. Jo nyt voidaan Etelä-Skandinaviasta määrittää myöhäisglasiaalin koivun siitepöly vai-vaiskoivun pölyksi. On myös ilmennyt, että vasta seuraavan aikavyöhykkeen koivut olivat puumaisia hieskoivuja (Hyvärinen 1986). Donner (1951) toteaa, että varhaisflanderin koivutulokas Etelä-Skandinaviassa ja Etelä-Suomessakin oli *B. pendula*.

Marunavyöhykkeen loppupuolella yksittäisten puumaisten koivujen määrä lisääntyi. Myös ensimmäiset männyt (*Pinus sylvestris*) ilmestyivät puumaisten koivujen kannoilla.

Kun marunan siitepölyn suhteellinen osuus laski koivun osuuden samanaikaisesti lisääntymässä voimakkaasti, tultiin käännekohtaan, jossa puiden siitepölyosuus ylitti pysyvästi pohja- ja kenttäkerroksen kasvien siitepölyosuuden. Puuttoman heinä- ja ruohotundran sekä koivuvyöhykkeen välinen raja ajoitetaan Suomessa radiohiilivuosiin 10 200–10 100. Se on veiksel- ja flanderivaiheen rajaksi sovittua aikahorisonttia lähinnä oleva biostratigrafinen raja Suomessa. Koivuvyöhykkeen alkuvaiheessa ruusukasvien ja marunan siitepölyosuus väheni huomattavasti, sensijaan sarojen ja heinien osuudet lisääntyivät. Myöhäisemmät tulokkaat, kanervakasvit (Ericaceae) ja etenkin variksenmarja (*Empetrum*), vahvistivat asemiaan rinnan koivun kanssa. Näin koivuvyöhykkeen alkuvaihetta luonnehti n. 400 vuoden ajan aukkoisen koivunummi. Siitepölystratografiassa koivuvyöhykkeen alkujakso on nimeltään varpu-ruoho alavyöhyke (*Ericales*). Loppua kohti sarojen, heinien ja marunan siitepölyt vähenivät tuntuvasti.

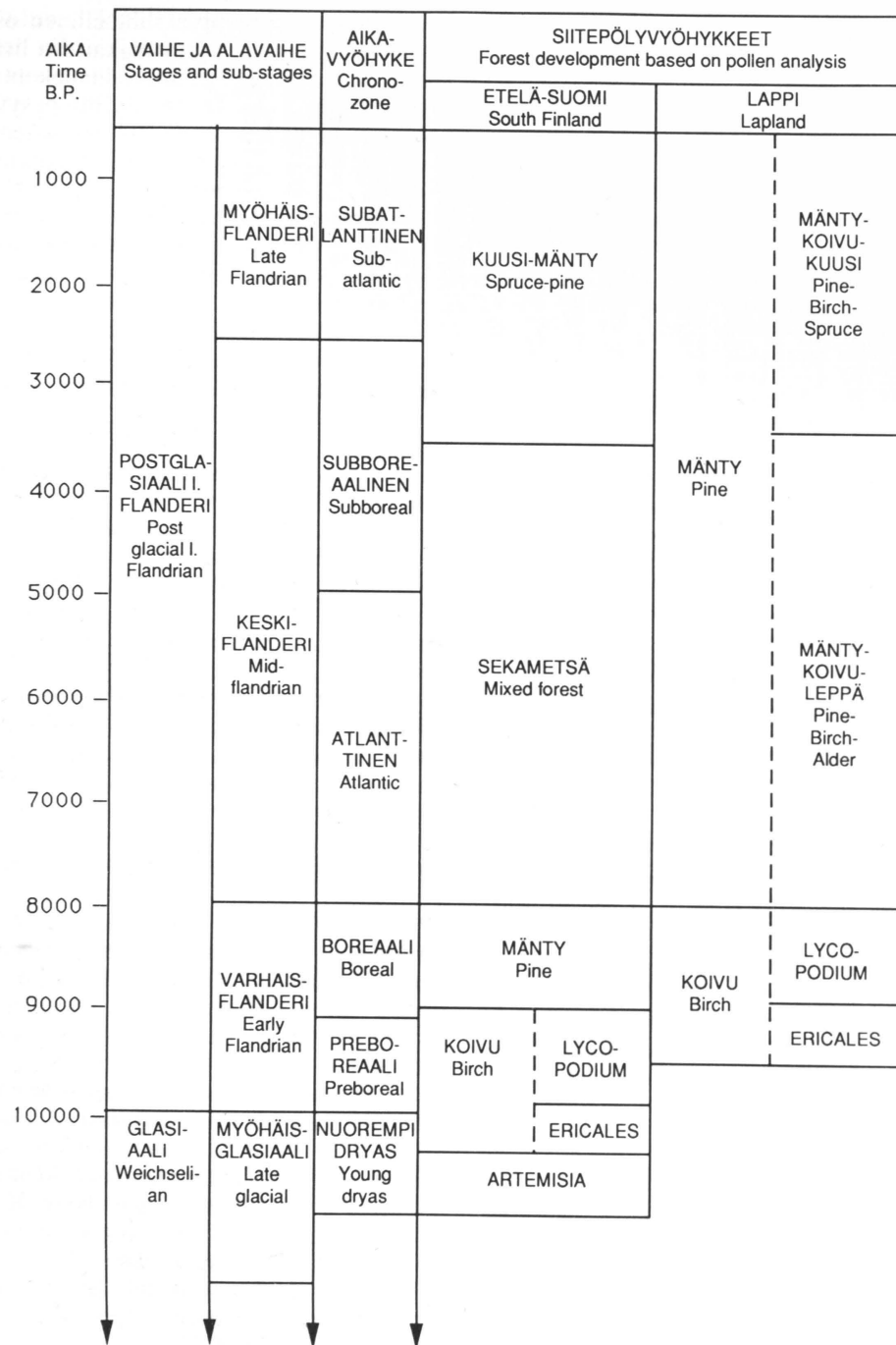
Niissä osissa Suomea, jotka vapautuivat jääpeitteestään vasta 10 200–10 100 vuotta sitten, myöhäisglasiaalin aikainen marunavyöhyke ei ehtinyt esiintyä lainkaan. Niinpä suurimmassa osassa Suomea koivuvyöhykkeen alkujakso (varpu-ruoho alavyöhyke) muodostaa alimmaisen siitepölystratigrafisen yksikön.

Koivuvyöhykkeen myöhempi vaihe oli kestoltaan kaksinkertainen alkuvaiheeseen verrattuna ja päättyi Etelä-Suomessa n. 8900 vuotta sitten. Myöhemmän vaiheen aikana koivut olivat puumaisia ja ne muodostivat metsiköitä. Sarojen, heinien, ruohojen – joukossa marunan – sekä kanervan suhteellinen siitepölyosuus väheni entisestään. Liekokasvit (Lycopodiales) ja ainakin pohjoisessa saniaiset (Polypodiales) ilmestyivät kenttäkerroksen luonnehtimaan tätä vaihetta. Koivuvyöhykkeen myöhempi vaihe on nimetty *Lycopodium*-alavyöhykkeeksi.

Koivuvyöhykkeen aikana koivun siitepölyn osuus nousi jakson loppua kohti ollen suurimmillaan 70–90 %.

#### 213. Mänty

Männyn siitepölyä tavataan jokseenkin yhtä varhaiselta ajalta kuin koivunkin. Männyn



Kuva 2. Postglasiaalin luokitus, kronologia ja stratigrafia (Sauramo 1941, Donner 1963, 1971, 1974, Hyvärinen, 1975, 1978, 1986, Denton ja Wisbjörn 1973, Mangerud ym. 1974, Imbrie ja Imbrie 1979, Eronen 1981).

Fig. 2. The post glacial classification, chronology and stratigraphy (Sauramo, 1941, Donner 1963, 1971, 1974, Hyvärinen, 1975, 1978, 1986, Denton and Wisbjörn 1973, Mangerud et al. 1974, Imbrie and Imbrie 1979, Eronen 1981).

siitepölyn määrät pysyivät vähäisinä yli tuhat vuotta. Käänte tapahtui n. 8900 radiohiili-vuotta sitten. Silloin kasvuolot olivat parantuneet siinä määrin, että biologisesti vahvempi mänty valtasi alaa koivulta.

#### 214. Muut lehtipuut

Pähkinäpensas (*Corylus avellana*) ja jalava (enimmäkseen *Ulmus glabra*) tulivat Suomeen lähes 1000 vuotta koivun jälkeen, noin 9200 vuotta sitten. Seuraavana saapui leppä (*Alnus glutinosa* ja *A. incana*), josta ensimmäiset havainnot ovat 8700 vuotta sitten. Vasta 700 vuotta myöhemmin leppä runsastui merkittäväksi lehtipuuksi koivun jälkeen.

Lepän yleistyttyä n. 8000 vuotta sitten maahamme syntyi sekametsävyöhyke, joka kesti n. 4500 vuotta. Sekametsävyöhyke on metsiemme kehityshistorian pisin yhtenäinen vaihe. Tänä aikana männyn siitepölyosuus vaihteli 35–45 % ja koivun osuus 40–45 %. Leppä runsastui nopeasti. Sen siitepölyosuus oli suurimmillaan keskimäärin 15 % 7000–6000 vuotta sitten. Eräillä Etelä-Suomen viljavilla alueilla lepän siitepölyosuus nousi lähelle 25 %. Leppä suosi erityisesti kosteita ranta-alueita. Sekametsävyöhykeen loppua kohti lepän osuus väheni nopeasti. Uusien lehtipuulajien tulo merkitsi männyn aseman heikentymistä ja koivun aseman vahvistumista.

Jalojen lehtipuiden siitepölyä esiintyi satunnaisesti ja vähäisinä määrinä jo yli 8000 vuotta sitten. Lehmus (*Tilia cordata*) ja tammi (*Quercus robur*) saapuivat Suomeen 7000 vuotta sitten ja samaan aikaan jalot lehtipuut yleistyivät. Niiden merkittävän esiintymisen kausi kesti runsaat 3000 vuotta. Jalojen lehtipuiden siitepölyosuus oli suurimmillaan sekametsävyöhykkeen keskivaiheilla, silloinkin ainoastaan 2–3%. Harvoin ja ainoastaan Uudenmaan ja Lounais-Suomen rehevillä lehtoalueilla jalojen lehtipuiden siitepölyosuus saattoi olla yli 10%. Lehmus oli yleisin jaloista lehtipuista. Tammi oli suhteellisen harvinainen ja esiintyi vain maan eteläisissä osissa. Pähkinäpensasta ja jalavaa oli 3000–4000 vuotta sitten Perämeren pohjukille saakka.

#### 22. Lapin metsien alkuvaiheet

Sulavan jään reuna perääntyi Suomen Lapi-  
sa idästä länteen (kuva 1). Peräytyminen oli nopeinta Etelä-Lapissa ja pohjoisessa Norjan rajaa vasten. Ensimmäiset maankamarat paljastuivat Koillis-Lapissa ja Utsjoella lähes 10 000 vuotta sitten. Jään peräytyminen Lapin länsirajalle kesti melkein 1000 vuotta. Koko Lapin alue oli vapaa jäistä n. 9000 vuotta sitten.

Mm. Auer (1927), L. Aario (1940, 1943, 1944), Hustich (1948, 1958), Sirén (1961), Sorsa (1965), Donner (1971), Vasari (1974), Hyvärinen (1975, 1976, 1978), Eronen (1979, 1981) ja Koutaniemi (1984) ovat selvittäneet Lapin metsien ja etenkin metsänrajan historiaa.

Alueesta riippuen eloperäisen aineksen kerrostuminen alkoi Lapin järvi- ja alueille soissa aikaisintaan 9000–9500 vuotta sitten. Kasvipeite kehittyi Lappiin n. 1000 vuotta myöhemmin kuin Etelä-Suomeen. Se johtui sekä jään perääntymisaikataulusta että kasvien saapumisreiteistä ja -vauhdista. Aluksi Lapissakin vallitsi lyhyt avoimen tundran kausi.

#### 221. Koivu

Ensimmäisenä puulajina saapui koivu, ja ensimmäiset koivut lienevät olleet pensasmaisia hieskoivuja (*Betula pubescens*). Koivu ilmestyi Koillis-Lappiin 9500 vuotta sitten ja Länsi-Lappiin kolmisen sataa vuotta myöhemmin. Kuten Etelä-Suomessakin Lapin koivu- ja alavyöhyke jaetaan kahteen alavyöhykkeeseen. Alkuvaihe, jota luonnehtii nummimainen kasvillisuus varpuineen ja pensasmaisine koivuineen, on *Ericales*-alavyöhyke. *Ericales*-alavyöhyke jäi muutaman vuosisadan mittaiseksi, sillä puumaiset koivut yleistyivät nopeasti ja ketunlieko (*Huperzia selago*) sekä saniaiset (Polypodiales) korvasivat *Ericales*-varpuja. Koivu- ja alavyöhykkeen myöhempää vaihetta luonnehti Lapissa kuten koko Suomessakin koivun siitepölyjen maksimi sekä ketunliekon ja saniaisten itiöiden runsaus. Koivu- ja alavyöhyke jatkui Lapissa alueesta riippuen vuoteen 8500–7500 B.P. Enontekiöllä koivumetsien valta-aika kesti pisimpään eli liki 2000 vuotta. Sen sijaan Itä-Lapissa koivu- ja alavyöhyke jäi huomattavasti lyhyemmäksi.

si männyn ehtiessä sinne suhteellisen nopeasti idästä ja etelästä.

## 222. Mänty

Pääosassa Lappia koivun ja männyn valta vaihtui 8000 vuotta sitten, eteläisissä osissa aikaisemmin eli n. 8000–8500 vuotta sitten ja pohjoisessa myöhemmin eli n. 7500 vuotta sitten (mm. Hyvärinen 1976, Donner 1971).

Männyn leviämässä Lappiin on kaksi vaihetta: ensimmäinen vaihe oli männyn leviäminen idästä postglasiaalisen levinneisyysalueen ulkorajoille saakka ja toinen vaihe oli sen leviäminen Lapin sisä- ja länsiosiin. Koivu-mänty-sukcessio oli Skandinaviassa leviämishistoriallisten tekijäin seurausta eikä ilmastoon mahdollisilla muutoksilla ollut osuutta siihen. Lapissa oli ollut mäntyä paikoitellen n. 1000 vuoden ajan ennen sen valtakauden alkua. Vanhin männyn esiintymisen ajoitus Fennoskandinaviasta on Pohjois-Norjasta vuodelta 8500 B.P. eli samalta ajalta kuin Etelä- ja Koillis-Lapin vanhimmat männyn esiintymiset. Mänty on siis tullut Lapin etelä- ja pohjoislaidalle n. 500 vuotta aikaisemmin kuin keskiseen Lappiin Inarin ja Enontekiön alueille. Jään perääntyminen sääteli männyn tulon vaiheita. Täten mänty eteni Lapissa pihitiliikkeen tavoin etelästä, idästä ja pohjoisesta. Laajimmillaan mänty kasvoi koko nykyisellä koivuvyöhykkeellä ja eteni laaksoja ja vuonojen reunoja pitkin Jäämerelle mm. Varangin ja Jyykeän vuonojen kohdalla. Tuntureiden rinteilläkin mänty nousi noin 200 m nykyistä metsänrajaansa korkeammalle. Männyn laajimman levinneisyyden kausi oli 5000–7500 vuotta sitten. Uloimmille alueille, jotka olivat koivun vallassa postglasiaalisen alusta lähtien ja nykyistä tundraa, mänty ei noussut. Näin jo silloin mäntyrajan yläpuolella oli koivuvyöhyke. Männyn valtakautta kesti vuoteen 5000 B.P., jolloin sen asteittainen perääntyminen alkoi nykyistä metsänrajaansa kohti. Mänty vetäytyi Jäämeren ääreltä etelään ja tuntureiden rinteillä laaksoihin päin kahden vuosituhannen ajan, voimakkaammin jakson alkupuoliskolla. Vetäytymisen syynä oli tuntuva lämpöolojen huonontuminen. Männyn vetäytyminen ja sen kasvun taantuminen on selvästi nähtävissä pienenevinä siitepölymäärinä (esim. Hyvärinen 1978, 1986).

## 223. Muut lehtipuut

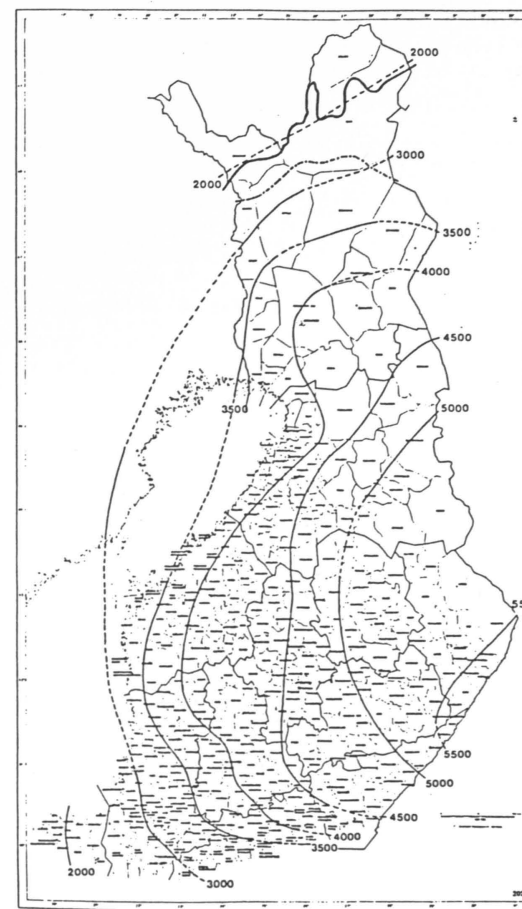
Koivun ja männyn ohella ainoastaan lepällä on merkitystä Lapin metsien historiassa. Harmaaleppää (*Alnus incana*) näkyy Etelä-Lapin siitepölyanalyysissä jonkin verran ennen vuotta 8000 B.P., mutta hyvin epätasaisesti. Pohjois-Lappiin leppä ehti vasta 1000 vuotta myöhemmin. Parhaimmillaankin lepän osuus Lapin puulajien kehityshistoriassa on jokseenkin vähäinen. Jaloista lehtipuista ainoastaan pähkinäpensas ja jalava näyttäytyivät lämpöaallon myötäileminä Lapin eteläreunalla. Lämpöolot ovat kautta aikojen olleet Lapissa siksi heikot, että vain harvahkot lajit voivat viihtyä alueella.

Kolmen valtapuulajin siitepölystöjen suhteellisen vaihtelun perusteella Lapissa on erotettavissa kolme vyöhykettä. Yksinkertaistettuna mäntvyöhykkeen voidaan todeta vallinneen sen valtaantulosta 8000 vuotta sitten aina tähän päivään. Jos männyn pitkää valtakautta halutaan luonnehtia tarkemmin, voidaan alkukauden alavyöhykkeenä pitää mänty-koivu-leppä-vyöhykettä, jota jatkui vuoteen 3200 B.P. Tämän jatkona on nykypäiviin saakka kestänyt mänty-koivu-kuusi-alavyöhyke. Tämä jaoittelu ilmaisee männyn seuralaiset eri ajanjaksoina. Pioneeripuulajien tulo Suomeen oli kaavamaisista, sillä ne tulivat perääntyvän jään määräämässä järjestyksessä ja aikataulua noudattaen. Sukcessiot toistuvat jokseenkin koko Euroopassa ajankohdasta ja paikallisesta ilmastosta riippumatta järjestyksessä: pohja- ja kenttäkerroksen kasvit, koivu, mänty.

## 23. Kuusen tulo Suomeen

Kuusen (*Picea abies*) saapuminen Suomeen on ollut suuren mielenkiinnon kohteena, koska se on viimeinen ja verrattain myöhäinen tulokas, ja sen eteneminen on noudattanut omia sääntöjään. Tutkimuksissa on pyritty selvittämään niitä biologisia syitä, jotka ajoittivat kuusen invaasion Suomeen.

Kuusen tuloa maahamme ovat selvittelleet mm. Auer (1928), Hyyppä (1932, 1933), Sauramo (1941), Virkkala (1950), Donner (1957, 1963), R. Aario (1965), Aartolahti (1966) ja Tolonen (1983). Kartografisesti kuusen tuloa ovat tarkastelleet mm. Sauramo (1941), Donner (1963), R. Aario (1965),



Kuva 3. Kuusen yleistymisen Suomessa sekä pohjoisen puuraja (paksu viiva) ja metsänraja (pistekatko viiva). Vuosiluvut korjaamattomia radiohiilivuosia ennen nykyaikaa (Tolonen 1983).

Fig. 3. Isochrones (years B.P.) for the postglacial arrival of Norway Spruce in Finland based on C14-dated pollen diagrams. Northern limits are denoted by a heavy line (tree limit) and a dotted-broken line (forest limit) (Tolonen 1983).

Aartolahti (1966), Moe (1970), Tolonen ja Ruuhijärvi (1976) sekä Tolonen (1983). Isokroonikartta (kuva 3), joka esittää kuusen yleistymistä Suomessa pohjautuu Tolosen (1983) tutkimuksiin ja on otettu tähän esimerkiksi, koska se on usuin ja kuuluu laajimpaan eli 156 radiohiiliajoitusta käsittävään aineistoon. Tämäkään kartta ei ole täydellinen eikä lopullinen, sillä uudet siitepölyajoitukset ja makrojätetutkimukset antavat entistä luotet-

tavamman kuvan kuusen Suomeen tulosta. Kuusen tuloa edelsi jo varhain esivaihe eli ns. alakuusi itarajan tuntumassa olevalla kapealla vyöhykkeellä, joka ulottui Ilomantsista ja Tuupovaarasta Kuusamoon. Sieltä on löydetty jo ensimmäisistä jääkauden jälkeisistä suoja järvisedimenteistä suhteellisen runsaasti (jopa 20 % puiden siitepölymäärästä) kuusen siitepölyä (mm. Tolonen 1983). Vanhin kuuseen liittyvä fossiilinen löytö on Ilomantsista ja se ajoittuu vuoteen 10 140 B.P. ja sisältää neulasia. Samoilta tienoilta on useitakin neulaslöytöjä vuoden 9000 B.P. molemmin puolin. Samoilta ajoilta ovat myös Kuusamossa tehdyt kuusen jäänteiden löydöt (Vasari 1965). Sorsan (1965) selvitysten mukaan kuusi olisi ollut boreaalaisella kaudella aina Sallan korkeudella saakka, joskin sen osuus siitepölystöissä on vain muutamia prosentteja.

Kuusen ensimmäinen näyttäytyminen maassamme rajottui mantereisimpaan itäosaan ja alkoi melkein välittömästi jään peräytymisen jälkeen, mutta yleistyi vasta 9000 vuotta sitten ja jatkui alkuperäisellä rajoitetulla alueella aina vuoteen 8000 B.P. Neuvostoliittolaisten tiedemiesten mukaan tämän myöhäisglasiaalisen kuusen esivaiheen mahdollistivat ikirouta ja maahan hautautunut jää. Ikiroudan ja jään hävittyä kosteus- ja lämpöolot muuttuivat siinä määrin epäedullisiksi kuuselle, että se menetti sillanpääasemansa.

Kuusen uuden tulemisen aikaan maan kamara oli ollut tuhansia vuosia jäistä vapaa ja puiden etenemissuunnat olivat muiden tekijöiden määräämät. Kuusen toinen tuleminen ja varsinainen yleistymisen Suomeen tapahtui 5500 vuotta sitten. Kuusi tuli idästä, nykyisen Moskovan tienoilta, eli ainoalta alueelta, jossa se esiintyi metsikköinä, ja saapui ensimmäisenä Parikkalan ja Ilomantsin väliselle alueelle kapeana vyöhykkeenä. Eteneminen kävi, ei etelästä pohjoiseen kuten primaaripuulajeilla, vaan idästä länteen. Tähän etenemissuuntaan vaikuttivat ilmastolliset, maaperälliset, vaellushistorialliset ja kronologiset syyt.

Pohdintaa on aiheuttanut ilmastoon muutosten korreloituminen kuusen yleistymiseen maassamme. Usein yhdistetään maassamme tapahtunut kuusen voimakkaan yleistymisen ajankohta noin 5000 vuotta sitten alkaneeseen ilmastoon kylmenemiseen. Yksinomaan

lämpötilan vähittäinen aleneminen ei riitä kuusen yleistymisen syyksi, sillä kuusen eteneminen maassamme tapahtui kohti länttä eikä meridiaanien suunnassa. Toisaalta kuusi yleistyi Baltian maissa huomattavasti varhaisemmin eli jokseenkin lämpöoptimin aikoihin eikä se yleensä kaihda lämpöä, pikemminkin päinvastoin. Kuusen levinneisyyteen ja levinneisyysalueen muodostumiseen on enemmän vaikuttanut ilmaston merseys ja mantereisuus. Levinneisyysalueensa perusteella kuusta pidetään itäisenä, mantereisena lajina ja näin ollen sen länteen siirtyminen on yhdistettävissä mantereisen vaikutuksen vahvistumiseen. Tämä puolestaan on johtunut Itämeren pienentymisestä ja maan kohoamisesta. Kuusi vaatii lisäksi riittävän pitkän talvisen kylmäkauden, jolloin lämpötila ei nouse yli 0 °C:n. Etenkin Etelä-Suomessa kuusi yleistyi tämän tekijän vahvistumisen myötä. Herää kysymys, miksi kuusi eteni Lappiin niin hitaasti, vaikka siellä on kylmä ja pitkä talvi ja sen ilmasto on yhtä mantereinen kuin Itä-Suomen. Kun kuusen lämpötilavaatimus, +12,5 °C:n ylitys kasvukauden (65 pv) aikana, täyttyi kuusen yleistymisen aikoihin, ei lämpöoloista muodostunut estettä sen leviämislle. Uskottavampi selitys kuusen hitaaseen etenemiseen Lapissa on liiallinen kuivuus, sillä kasvukauden aikainen sademäärä jää siellä 250 mm:iin. Kun ilmasto subboreaalaisella kaudella kylmeni ja kosteus samalla lisääntyi, paranivat kuusen yleistymisen ulkoiset edellytykset.

Kuusen menestymiseen on vaikuttanut myös sen oma kilpailukyky kasvupaikoista muiden puulajien kanssa. Kun kuusi saapui maahamme, olivat primaaripuulajit kasvaneet koko käyttökelpoisella maankamaralla tuhansia vuosia. Niin kauan kuin lämpöolot lähenivät optimia, olivat olosuhteet lehtipuulle ja männylle hyvät ja kasvupaikoista taisteltaessa kuusi jäi häviölle. Kun ilmasto alkoi asteittain kylmetä ja merialueiden supistuksessa mantereistua, kuusen asema vahvistui puulajien keskinäisessä kilpailussa ja se valtasi vähitellen vyöhykkeittäin alaa tunkeutamalla alikasvokseksi. Eteneminen ei ollut yhtä kaavamaisista kuin kuva 3 osoittaa, vaan se tapahtui rönsyillä, pienten erillisten metsi-

köiden syntyessä eteenyönnettyihin tukikohtiin mikroilmaston ja maaperän suhteen edullisille paikoille. Eteneminen oli nopeinta siellä, missä vastus oli heikoin ja ulkoiset kasvu-edellytykset parhaat. Hintikka (1965) ja Aartolahti (1966) toteavat kuusen nykyisen levinneisyysalueen olevan termisesti viileän mantereisen, mutta riittävän kostean. Sitä mukaa kun ilmasto jääkauden jälkeen läheni kuusen vaatimuksia, paranivat sen menestymisen mahdollisuudet. Sulkeutunut metsäkasvillisuus oli kuitenkin kuusen etenemistä melkoisesti hidastava tekijä.

Kuusi saapui maahamme leveänä rintamana. Tuhatvuotessa se ehti puoleen Etelä- ja Keski-Suomen maa-alasta ja seuraavan tuhatvuotisen aikana kuusi oli yleistynyt jokseenkin kaikkialle maahamme.

Viisisataa vuotta myöhemmin eli 3000 vuotta sitten myös Uudenmaan länsiosaa, Lounais-Suomi ja Lappi jokseenkin nykyistä metsänrajaansa myöten olivat saaneet myös kuusen puulajikseen. Kuusen Suomen mantereelle tulon toinen vaihe kesti siten yli 2500 vuotta. Mereiselle Ahvenanmaan pääsaarelle kuusi tuli 2000 vuotta sitten eli 1000 vuotta myöhemmin kuin Lounais-Suomen rannikkoalueelle.

Kuusi ei näytä ainakaan Lapin länsiosissa kasvaneen missään vaiheessa nykyistä esiintymisrajaansa pohjoisempana. Kun kuusi 2000 vuotta sitten ehti pohjoiselle äärirajalleen oli lämpöoptimi, jonka koivu ja mänty ehtivät käyttää hyväkseen, jo ajat sitten si-  
vuutettu.

Kuusen yleistyttyä sen siitepölyosuus nousi enimmillään paikoin yli 80 %:n (Huttunen 1980). Näin runsas esiintyminen oli mahdollista vain Etelä-Suomen viljavimmilla alueilla, jotka jalojen lehtipuuden voimakkaan taantumisen jäljiltä olivat kuusen käytettävissä. Kuusen valtakausi oli Litorinakauden loppujaksolla 3000–4000 vuotta sitten. Kuusen siitepölyjen suhteellinen ja absoluuttinen osuus alkoi ratkaisevasti vähetä siitä lähtien ja väheneminen kiihtyi edelleen vuoden 2000 B.P. jälkeen. Koska ilmastolliset olot eivät tuolloin enää ratkaisevasti muuttaneet on kuusen väistyminen lähinnä maaperällisten tekijöiden ja kilpailuolosuhteiden syytä.

### 3. Tulosten tarkastelu

Tiedot maamme jääkauden jälkeisen kasvillisuuden kehityksestä ovat suhteellisen niukat ja osin suurestikin toisistaan poikkeavat. Tämän ymmärtää, sillä yritetään selvittää liki 10 000 vuoden takaisia asioita. Tutkimusmenetelmätkin ovat vasta verrattain äsken kehittyneet suhteellisen luotettaviksi. Puiden leviämishistoriasta saatua kuvaa voidaan pitää jo suhteellisen hyvänä; uuden tutkimusaineiston myötä se paranee jatkuvasti.

Lämpöenergialla on ollut ratkaiseva merkitys puulajien leviämismuutoksiin ja levinneisyysalueisiin. Lämpöenergian väheneminen näkyy koivun ja männyn sekä jalojen lehtipuuden pohjoisrajojen perääntymisenä. Jos kasvukauden aikainen keskilämpötila laskee puulajin yksilöllisen vaatimuksen alle, joutuu se väistymään alueelle, jossa sen lämpöenergian tarve täyttyy. Monissa tutkimuksissa on ilmennyt, etteivät jääkauden jälkeiset lämpöolot asettaneet esteitä puiden tulolle, sensijaan niillä oli oma merkityksensä puulajien keskinäisiin suhteisiin ja levinneisyysalueisiin.

### Kirjallisuus

- Aario, L. 1940. Waldgrenzen und subrezente Pollenspektren in Petsamo Lappland. *Ann. Acad. Scient. Fenn. A* 54(8):120 s.
- 1943. Über die Wald- und Klimaentwicklung an der lappländischen Eismeerküste in Petsamo, mit einem Beitrag zur nord- und mittel-europäischen Klimageschichte. *Ann. Bot. Soc. Vanamo* 19(1): 153 s.
- 1944. Piirteitä jääkauden jälkeisestä ilmastosta kehityksestä ja sen vaikutuksesta kulttuurihistoriaan. Ref.: Über die postglaziale Klimaentwicklung und ihren Einfluss auf die Kulturgeschichte. *Terra* 56:41–53.
- Aario, R. 1965. Die Fichtenverhäufung im Lichte von C14-Bestimmungen und die Alterverhältnisse der Finnischen Pollenzonen. *Bull. Comm. Geol. Fenn.* 218:215–231.
- Aartolahti, T. 1966. Über die Einwanderung und die Verhäufung der Fichte in Finland. *Ann. Bot. Fenn.* 3:368–379.
- Auer, V. 1927. Untersuchungen über die Waldgrenzen und Torfböden in Lappland. *Comm. Inst. Quae. For. Finl.* 12(4): 52 s.
- 1928. Über die Einwanderung der Fichte in Finland. *Comm. Inst. Quae. For. Finl.* 13: 24 s.
- Denton, G.H. & K. Wisbjörn. 1973. Holocene climatic

Etäisyyksillä oli vaikutusta lähinnä puiden tuloaikaan ja järjestykseen. Kun viileän vyöhykkeen puulajeilla oli matkaa Moskovan-Jaroslavin tienoilta maamme rajoille keskimäärin 800 km ja lauhkean vyöhykkeen lehtipuilla puolestaan kolme kertaa pitempi matka, vaikutti tämä selvästi eri puulajien saapumisajankohtaan. Niinpä mm. lehmuksen ja tammen vaellukseen refugioalueiltaan maamme kului 3500–4000 vuotta.

Nykyisistä pääpuulajeistamme kuusi tuli viimeisenä. Sen tulo ajoittui biologisesti retrogressiiviseen kehitysvaiheeseen ja kytkeytyi hyvin kiinteästi maamme ilmastollisiin muutoksiin. Kun kuusi oli levinnyt koko maahamme ja vakiinnuttanut asemansa ja kun lämpimän ajanjakson ylläpitämät jalot lehtipuut olivat väistyneet nykyisille alueilleen, syntyi noin 2500–3000 vuotta sitten puulajien kesken biologinen tasapaino, joka on sen jälkeen järkkynyt suhteellisen vähän.

variations – their pattern and possible cause. *Quaternary Research* 3(2):155–205.

- Donner, J.J. 1951. Pollen-analytical studies of Lateglacial deposits in Finland. *C.R. Soc. Geol. Finl.* 24:1–92.
- 1957. The post-glacial shore-line displacement in the Kuopio district. *Ann. Acad. Scient. Fenn. A.* III 49: 34 s.
- 1963. The zoning of the Post-glacial pollen diagrams in Finland and the main changes in the forest composition. *Acta Bot. Fenn.* 65: 1–40.
- 1971. Towards a stratigraphical division of the Finnish Quaternary. *Comm. Phys.-Math.* 41:281–305.
- 1974. Klimatförändringarna efter senaste istid. *Soc. Scient. Fenn. Vuosikirja* 51 B 7: 10 s.
- & M. Eronen. 1981. Stages of the Baltic Sea and late quaternary shore-line displacement in Finland. Stencil 5. Department of Geology. University of Helsinki. 53 s.
- Eronen, M. 1979. The retreat of pine forest in Finnish Lapland since the Holocene climatic optimum: a general discussion with radiocarbon evidence from subfossil pines. *Fennia* 157(2):93–114.
- 1981. Ilmaston vaihtelut ja pohjoisimmat mäntymetsät. Summary: Climatic variations and

- northernmost pine forest in Finland. Lapin tutkimusseura. Vuosikirja 22:4–15.
- Hintikka, V. 1965. Über das Grossklima einiger Pflanzennareale in zwei Klimakordinatensystem dargestellt. *Ann. Bot. Soc. Vanamo* 34(5): 64 s.
- Hustich, I. 1948. The Scotch pine in northernmost Finland and its dependence on the climate in the last decades. *Acta Bot. Fenn.* 42:1–76.
- 1958. On the recent expansion of the Scotch pine in northern Europe. *Fennia* 82(3): 25 s.
- Huttunen, P. 1980. Early land use, especially the slash-and-burn cultivation in the commune of Lammi, southern Finland, interpreted mainly using pollen and charcoal analyses. *Acta Bot. Fenn.* 113:1–45.
- Hyyriäinen, H. 1975. Absolute and relative pollen diagrams from northernmost Fennoscandia. *Fennia* 142: 23 s.
- 1976. Flandrian pollen deposition rates and tree-line history in northern Fennoscandia. *Boreas* 5: 163–175.
- 1978. Lapin kasvivarat: Pohjois-Lapin kasvillisuuden kehitys jääkauden jälkeen. *Acta Lapp. Fenn.* 10:7–17.
- 1986. Siitepölyanalyysi ja kvartaarin siitepölystratigrafia Luoteis-Euroopassa. Helsingin yliopisto. Geol. laitos. Geol. ja paleontolog. osasto. *Moniste* 7: 110 s.
- Hyypä, E. 1932. Die postlazialen Niveauverschiebungen auf der Karelischen Landenge. *Fennia* 56:1–241.
- 1933. Klima und die Wälder der spätglazialen Zeit der Karelischen Landenge. *Acta For. Fenn.* 39(4):1–41.
- Ignatius, H., Korpela, K. & Kujansuu, R. 1980. The deglaciation of Finland after 10 000 B.P. *Boreas* 9:217–228.
- Imbrie, J. & Palmer-Imbrie, K. 1979. *Ice Ages. Solving the mystery.* MacMillan Press Ltd. 224 s.
- Koutaniemi, L. 1984. The changing natural environments in Northern Fennoscandia. *Nordia* 18(2):115–122.
- Mangerud, J., Andersen, S.T., Berglund, B.E. & Donner, J.J. 1974. Quaternary stratigraphy of Norden, a proposal for terminology and classification. *Boreas* 3:109–127.
- Moe, D. 1970. The postglacial immigration of *Picea abies* into Fennoscandia. *Botaniska Notiser* 123:61–66.
- Sauramo, M. 1940. Suomen luonnon kehitys jääkaudesta nykyaikaan. 286 s.
- 1941. Die Geschichte der Wälder Finnlands. *Geol. Rundschau* 32: 579–594.
- Sirén, G. 1961. Skogsgränställen som indikator för klimatluktuationer i norra Fennoskandien under historisk tid. *Comm. Inst. For. Fenn.* 54(2): 66 s.
- Sorsa, P. 1965. Pollenanalytische Untersuchungen zur spätquartären Vegetations- und Klimaentwicklung im östlichen Nordfinland. *Ann. Bot. Fenn.* 2: 301–413.
- Tolonen, K. 1983. Kuusen levinneisyshistoria Suomessa. *Sorbifolia* 14(2):53–59.
- & R. Ruuhijärvi. 1976. Standard pollen diagrams from the Salpausselkä region of Southern Finland. *Ann. Bot. Fenn.* 13:155–196.
- Vasari, Y. 1965. Studies on the vegetational history of the Kuusamo district (North East Finland) during the Late glacial site in Kuusamo. *Ann. Bot. Fenn.* 2:219–235.
- 1974. The vegetation of Northern Finland – past and present. *Inter-Nord* 13-14:99–118.
- Virkkala, K. 1950. Kuusen yleistymisen ajankohta Länsi-Suomessa. Summary: The date of the beginning of the general spread of the spruce in West Finland. *Terra* 62(1):35–41.
- Zackrisson, O. 1977. Influence of forest fires on the North Swedish boreal forest. *Oikos* 29:22–32.

Total of 41 references

## Summary

### *The history of forest development in Finland after the last Ice Age*

The exposure of the earth's surface in Finland began after the last Ice Age, about 13 000 years ago, and it took about 1 000 years for whole land to become ice free. Soil conditions after the Ice Age were relatively poor for the growth of plants and trees because it took centuries for the vital humus layer, formed from the remains of vegetation, to develop. On the other hand the air temperature was nearly ideal for growth; the mean temperature being 2 °C higher than present.

When the pioneer phase of the ground vegetation, which lasted a few centuries, had prepared the soil, trees were able to colonize. Birch was the first tree species to come to Finland; about 10 000 years ago. After the birch phase, about 8 900 B.P., it was the turn of Scots pine. During the period of optimum climate, the forests in southern Finland were dominated for centuries by familiar and valuable broadleaved tree species. Norway spruce, which appeared immediately after the Ice Age in the most easterly parts of the country, did not start to spread westwards until 5 500 years ago, taking about

2 500 years to do so. Forest cover in Lapland came a little later than to the rest of the country, the birch phase reaching Lapland about 9 200 years ago and the pine phase, in turn about 8 000 years ago. The distribution of pine in particular reached its maximum extent during this time, being more northerly and at higher elevations than at present.

When spruce, the last important tree species, had spread over the whole country and established its position and the dominance of the broadleaved trees, which had been maintained by the warm phase, had declined, the present day balance of tree species came into existence about 2 500–3 000 years ago. This balance has changed relatively little since. For as long as the forests were completely natural the changes were minor and slow. These natural forests, which had lasted for nearly 9 500 years, changed abruptly some 300–400 years ago when man started to manipulate the forests according to his requirements.