

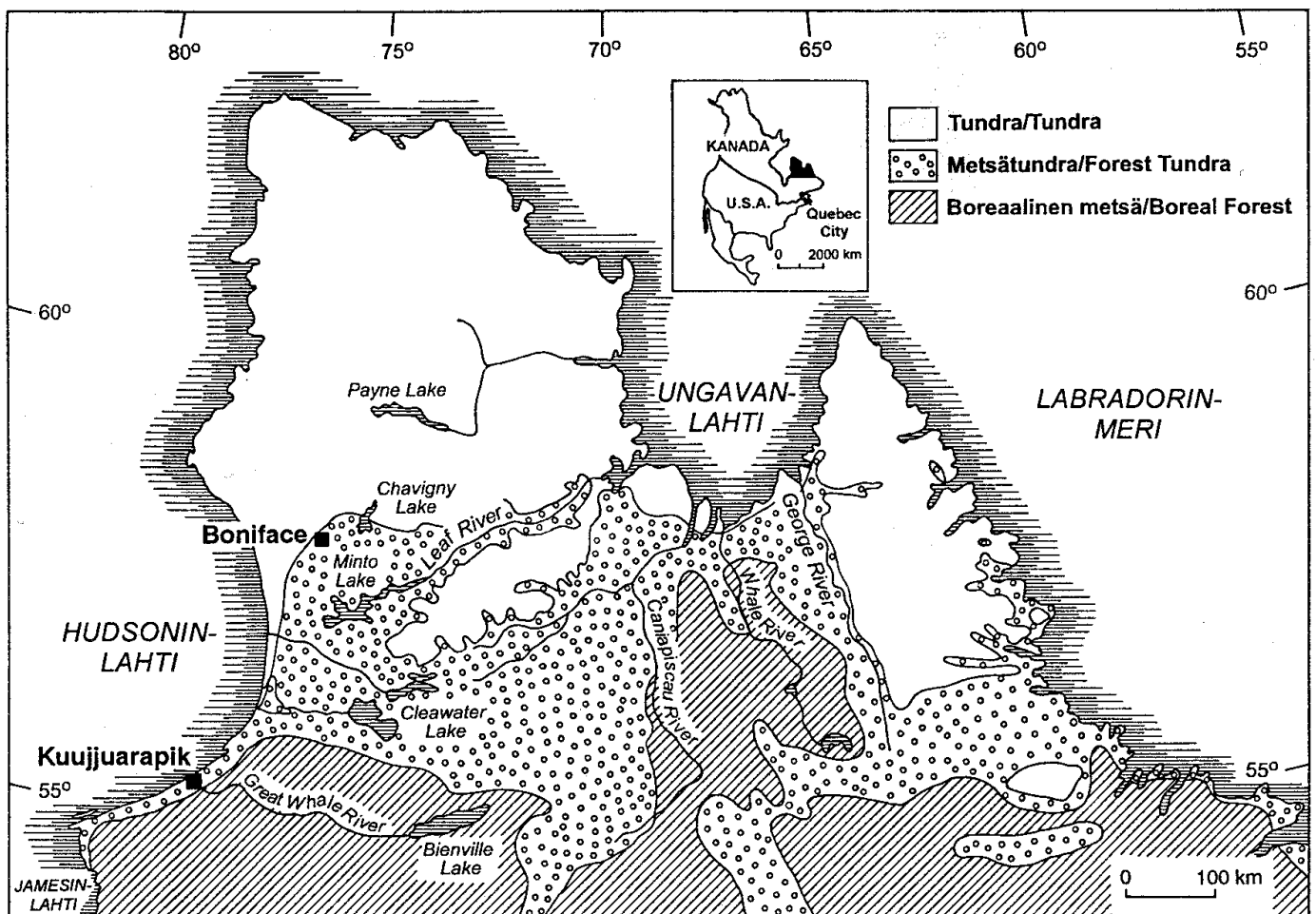
Pohjoisen tutkimusta Kanadan Quebecissä

OLAVI HEIKKINEN

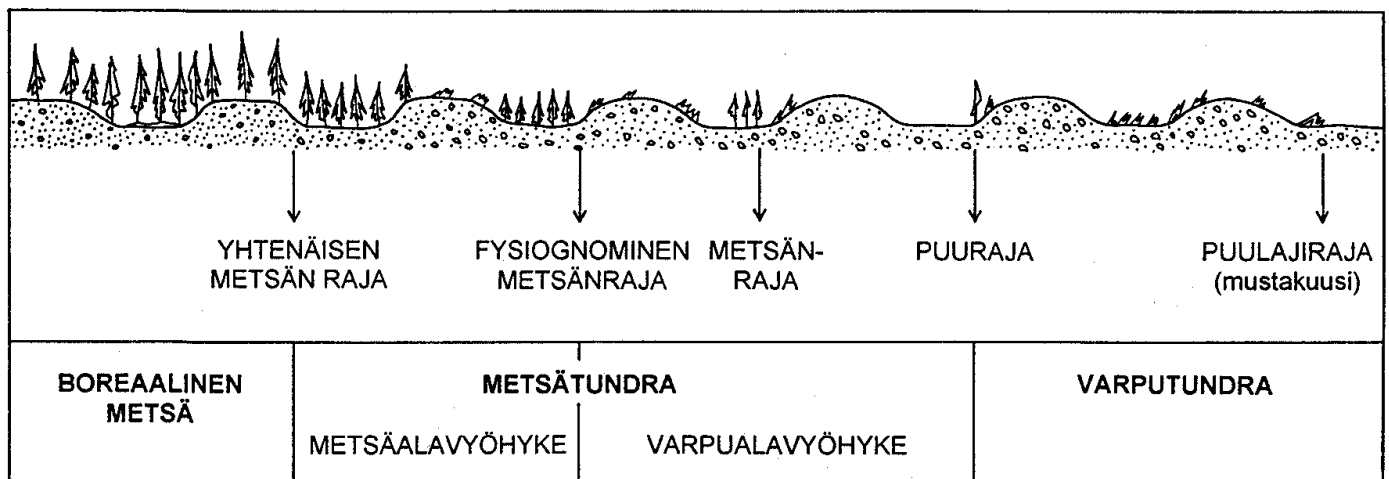
Maantieteen laitos, Oulun yliopisto

Vierailin loppuvuodesta 1998 Suomen Akatemian varttuneena tutkijana Quebecin provinssissa, Kanadassa. Tutustuin Quebec Cityssä sijaitsevaan Lavalin yliopistoon ja sen boreaalivyöhykkeessä ja erityisesti pohjoisessa metsänrajavyöhykkeessä harjoittamaan tutkimustyöhön. Tässä katsauksessa esittelen Quebecin ja Labradorin pohjoisosien kasvillisuuden vyöhykkeisyyttä ja kasvillisuuden rajaamisperusteita (kuvat 1 ja 2) sekä niitä tutkimuksia, joiden tekemistä vierailuni aikana seurasin. Katsauksen yksi tarkoitus on suomalais-kanadalaisen yhteistyön lisääminen metsänrajan olosuhteita ja yleensä pohjoista koskevilla tutkimuksissa.

Ranskankieliseen Lavalin yliopistoon kuuluu monitieteinen vuonna 1961 perustettu tutkimuskeskus, Centre d'Études Nordiques'n jolla on ympäri vuoden toimiva kenttäasema Kuujjuarapikin kylässä Hudsoninlahden itärannalla, sekä kesäisin toimivia kenttäasemia, joista tärkein sijaitsee Boniface-joella (kuvat 1 ja 3). Tutkimuskeskuksella on myös laaja automaattisten ilmastoasemien verkosto, joka ulottuu Quebecin provinssiakin laajemmalle alueelle.



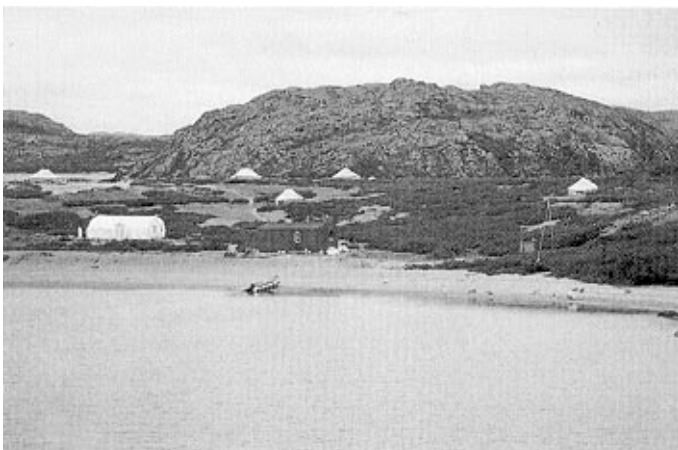
Kuva 1. Quebecin ja Labradorin pohjoisosien kasvillisuusvyöhykkeet. Karttakuva perustuu Payetten (1983: 7-8) esityksiin.



Kuva2. Quebecin ja Labradorin pohjoisosien kasvillisuusjako Payetten (1983: 9) mukaan. Esitys muistuttaa Hustiehin (esim. 1966) näkemystä. Jatkuva metsänraja vastaa suunnilleen Hustiehin taloudellista metsänrajaa. Hustich lukee vielä puulajirajankin metsänrajavyöhykkeeseen (metsätundraan) kuuluvaksi.

Centre d'Études Nordiques keskittyy työssään pohjoisen ympäristön ja paleoympäristöjen tutkimiseen. Se saattaa yhteen eri alojen tutkijoita: lähinnä biologeja, luonnonmaantieteilijöitä, fyysikoita ja insinöörejä. Centre d'Études Nordiques'n tutkimusohjelmat keskittyvät lähinnä seuraaviin ongelmiin: ilmastomuutokset, meren ja järvien pinnanvaihtelut, rannikon geomorfologia, ikiroutadynamiikka, metsään ja metsänrajaan liittyvät ongelmat, ympäristön ekologiset häiriöt sekä pohjoisten kasvien ja eläinten lisääntymisstrategiat. Tutkimuksen kohteena ovat myös pohjoisten järvien piilevästö ja valomiljö.

Lavalin yliopiston kampuksella Centre d'Études Nordiques'lla on viisi laboratoriota: dendrokronologian laboratorio, paleoekologinen laboratorio, radiokronologinen laboratorio, eläinekologian laboratorio ja ympäristötelemetrian laboratorio. Tutkimuskeskus toimittaa kahta tunnettua julkaisusarjaa (*Nordicana* ja *Écoscience*). Centre d'Études Nordiques esittelee itseään ranskaksi [www-sivuilla](http://www.ulaval.ca/cen) osoitteessa <<http://www.ulaval.ca/cen>>. Suomalaista lukijakuntaa ajatellen viittaa tässä ideapohjaisessa katsauksessa vain englanninkielisiin lähteisiin, vaikka myös ranskankielistä kirjallisuutta olisi runsaasti tarjolla.



Kuva 3. Kenttäasema Boniface-joella Pohjois-Quebecissä (ks. kuva 1). Metsänrajaseudun pohjoisosassa sijaitseva asema toimii kesäisin monipuolisen kenttätutkimuksen tukikohtana. (Kuva kirjoittajan, 07/98)

Boniface-joen leiripaikka ja sen sijainti

Hudsoninlahteen laskevan Boniface-joen varrella jo toistakymmentä kesää toiminut kenttäasema (kuva 3) on monien Quebecin pohjoisosiin suuntautuvien ympäristötutkimusten tukikohta. Siellä viettämiäni yli kahden viikon aikana seurasin Centre d'Études Nordiques'n johtajan professori Serge Payetten ja hänen oppilaittensa tutkimushankkeita.

Bonifacen aseman (leveyssijainti 57°45'N) alue on lähinnä graniitista ja gneissistä koostuvaa prekambrista kilpeä, joka on Bonifacessa kalliokumpareiden luonnehtimaa 100-200 metriä merenpinnan yläpuolelle

kohoavaa platoota. Seudun deglasiatio tapahtui noin 6500 vuotta sitten, minkä jälkeen valtaosa alueesta jäi transgressiivisen Tyrrellin meren vesien peittämäksi. Jääkauden jälkeinen maankohoaminen on nostanut maankamaraa niin, että korkein jääkauden jälkeinen merenranta sijaitsee aseman seuduilla nyt noin 170 metriä merenpinnan yläpuolella (Lauriol & Gray 1987; Lavoie & Payette 1997). Tätä korkeammalle kohoavilla kalliopinnoilla on yleisesti kivenmurikoita ja rapautumisen murentamaa kiviainesta. Alemmiltä rinteiltä aallokko on huuhtonut moreenisen kiviaineksen pääosin alas laaksoihin.

Varhaisimmilla turve- ja muilla orgaanisilla kerrostumilla on ikää noin 6000 vuotta. Vanhimmat mustakuusen (*Picea mariana*) jäänteet on ajoitettu noin vuoteen 4600 ennen nykyaikaa. Mustakuusi on nykyäänkin alueen lähes ainoa puumainen puulaji. Sen lisäksi löytyy seudulta yksittäisiä kanadanlehtikuusia (*Larix laricina*). Alue on metsänrajavyöhykettä (metsätundra), lähellä mustakuusen puulajirajaa. Vuoden keskilämpötila on $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$, ja sillä on ollut viime vuosina nouseva suunta. Alhaisesta lämpötilasta johtuen iki-routa- ja periglasiiaalimuodot ovat tavallisia (esim. Payette 1983; Payette & Fillion 1993).



Kuva 4. Kruraraholz-nruotoisia mustakuusia (*Picea mariana*) lähellä Bonifacen kenttäasemaa. Mustakuusi on täällä pohjoisin puulaji. (Kuva kirjoittajan, 07/98)

Kasvillisuusvyöhykkeet sekä metsän- ja puuraja

Quebecin ja Labradorin pohjoisosien muodostamalle niemelle on laadittu useita, toisistaan melkoisesti poikkeavia kasvillisuusrajauksia (Payette 1983). Eräs kasvimaantieteellinen jako on suomalaisen Hustichin (1949) esittämä. Payetten vuonna 1983 esittämä kasvillisuusvyöhykkeiden sekä metsän- ja puurajan rajaus ja käsitteistö (kuvat 1 ja 2) on nykyään sikäläisten tutkijoiden yleisesti hyväksymä.

Payetten (1983) metsänrajavyöhykkeeseen liittyvät käsitteet ovat pitkälle yhteneviä Hustichin (1966) esittämien ja sittemmin monien muiden suomalaisten käyttämien käsitteiden kanssa. Selvin ero on se, että kun Hustiehilla metsänrajavyöhyke (metsätundra) ulottuu aina puulajirajalle, jossa puulajeilla on usein pensastava tai varpumainen kääpimuoto, niin Payette katsoo niiden ei-puumaisten muotojen kuuluvan jo arktiseen tundraan. Niinpä esiintymisensä ääri rajoilla krummholz-muotona kasvavan mustakuusen puulajiraja kulkee tundralla (kuva 2). Kuten kuvasta 1 näkyy, metsänrajavyöhyke (metsätundra) on Quebecissä paikoin monia satoja kilometrejä leveä.

DNA-tutkimukset

Pohjois-Quebecille tyypillinen mustakuusi esiintyy monimuotoisena, puumaisesta krummholzmaiseksi ja aina varpumaiseksi muuntautuneena (kuva 4). Yleisesti ottaen koko pienenee puurajaa kohti, mikä johtuu varmaan paljolti ankarasta luonnonoloista, lähinnä lisääntyvästä kylmyydestä sekä tuulen aiheuttamasta abraasiosta ja pakkashaihtumisesta. Tulevat tutkimukset parantavat käsitystä siitä, missä määrin kasvumuoto johtuu perinnöllisistä tekijöistä.

Mustakuusi lisääntyy erityisesti metsän- ja puu~ rajalla vegetatiivisesti emopuun alaoksien juutuessa ja muuttuessa emoyksilönsä kaltaisiksi yksilöiksi. Näin muodostuu klooneja, jotka voivat olla alueellisesti laajoja ja iältään jopa tuhansia vuosia.

Mustakuusen perimän vaihtelun selvittämiseksi hankittiin puulajista näytteitä DNA-tutkimuksia varten. Helikopterilla tehdyt näytteenottomatkat ulottuivat borealivyöhykkeestä aina arktiselle tundralle saakka.

Näytealoja oli seitsemän. Jokaiselta näytteenotto paikalta otettiin satunnaisesti valitulta noin 20 metrin etäisyydellä toisistaan olevalta kolmelta linjalta näytteet noin 10 metrin välein. Kultakin linjalta otettiin näytteitä 13 puusta, joten näytealan näytepuiden lukumääräksi tuli 39. Kunkin näytepuun oksista leikattiin saksilla muovipussiin vähintään 10 versoa, jotka muodostuivat kahden viimeisimmän vuoden (1997 ja 1998) kasvuista.

Edellä kuvattu näytteenottostrategia ei tuntunut soveltuvan tundran pensastaviin mustakuusikasvustoihin. Siellä oli ilmeisenä vaarana, että näin valittavat näytteet saattoivat edustaa samaa kloonია ja samaa genotyyppiä. Niinpä suvuttoman lisääntymisen luonnehtimilla alueilla näytteenottostrategiaa muunneltiin tarpeen mukaan.

Otettujen näytteiden DNA-analyysit tehdään Lavalin yliopiston laboratoriossa. Tuloksista tehdään johtopäätöksiä siitä, miten mustakuusen perimä vaihtelee näytteenotto paikkojen välillä ja sisällä.

Metsäpalojen ekologinen vaikutus

Metsäpalot ovat luonnollinen ekologinen tekijä ja samalla metsäekosysteemien häiriötekijä. Metsäpalot ovat yleisiä sankkapuustoisessa boreaalivyöhykkeessä, mutta käyvät harvinaisemmiksi metsänrajavyöhykkeessä, jossa puiden väliset etäisyydet kasvavat ja palavan aineksen määrä pienenee. Kanadan asumattomilla tai harvaan asutuilla alueilla metsäpaloja ei edes yritetä sammuttaa.

Kulojen ympäristövaikutuksia tutkitaan. Boreaalivyöhykkeessä Quebec Citystä pohjoiseen tehdään heti metsäpalon jälkeen aloitettua seurantatutkimusta koealojen avulla. Työssä selvitetään, miten ja milloin kasvillisuus palaa takaisin, jos palaa.

Empiiristen havaintojen pohjalta on esitetty hypoteesi, että boreaalivyöhykkeen tiheät, kosteat ja sammaleiset metsät muuttuvat toistuvien palojen myötä kuiviksi, harvapuustoisiksi jäkälälustaisiksi metsiksi. Hypoteesi pyritään todistamaan oikeaksi muun muassa väitöskirjoja tuottavin tutkimuksin. Esimerkiksi tietyn vuonna 1939 palaneen alueen hiiltyneiden kantojen ja runkojen kartoituksella on jo saatu selville, että ennen paloa alueella oli kasvanut noin kolme kertaa enemmän puita kuin mikä on tuon palon jälkeinen puiden määrä.

Kuusensilmukoin (*Choristoneura fumiferana*) toukka on tavallinen mustakuusen vaiva. Toukan tuhoamat puut syttyvät salaman iskusta helposti tuleen aiheuttaen usein metsäpaloja.

On esitetty vahvoja perusteluita sille, että rajut jääkauden jälkeisenä aikana toistuneet metsäpalot, joissa maaperän orgaaninen aineskin on tuhoutunut, ovat muuttaneet laajalti boreaalivyöhykkeen ja metsänrajavyöhykkeen maita puuttomiksi kallio- tai jäkäläpinnoiksi. Metsäpalojen on myös osoitettu muuttaneen metsien puulajisuhteita (Payette 1983). Pohjoisella puurajalla tulipalot ovat muuttaneet paikoin krummholz-kasvuston aloja jäkälätundraksi varsinkin, jos palon jälkeinen ilmasto on ollut puiden uusiutumisen epäsuotuisa (esim. Arseneault & Payette 1992). Kylminä ilmastokausina metsäpalot ovat heikentäneet metsän ja puiden uusiutumista pohjoisborealisista metsistä varputundralle (shrub tundra) ulottuvassa vyöhykkeessä (Payette & Gagnon 1985; Filion ym. 1991). Aukeiksi palaneilla metsänrajaseuduilla alustansa suojaava lumipeite jää ohuemmaksi kuin puuta kasvavilla aloilla. Tästä syystä ainakin puurajalla kulot lisäävät maaperän routavaurioita ja vaikeuttavat uudelleen metsittymistä (Arseneault & Payette 1997). Palojen vaikutus metsien tuhoutumiseen, uudistumiseen ja puulajien väliseen kilpailuun riippuu paljon tulipalon voimakkuudesta.

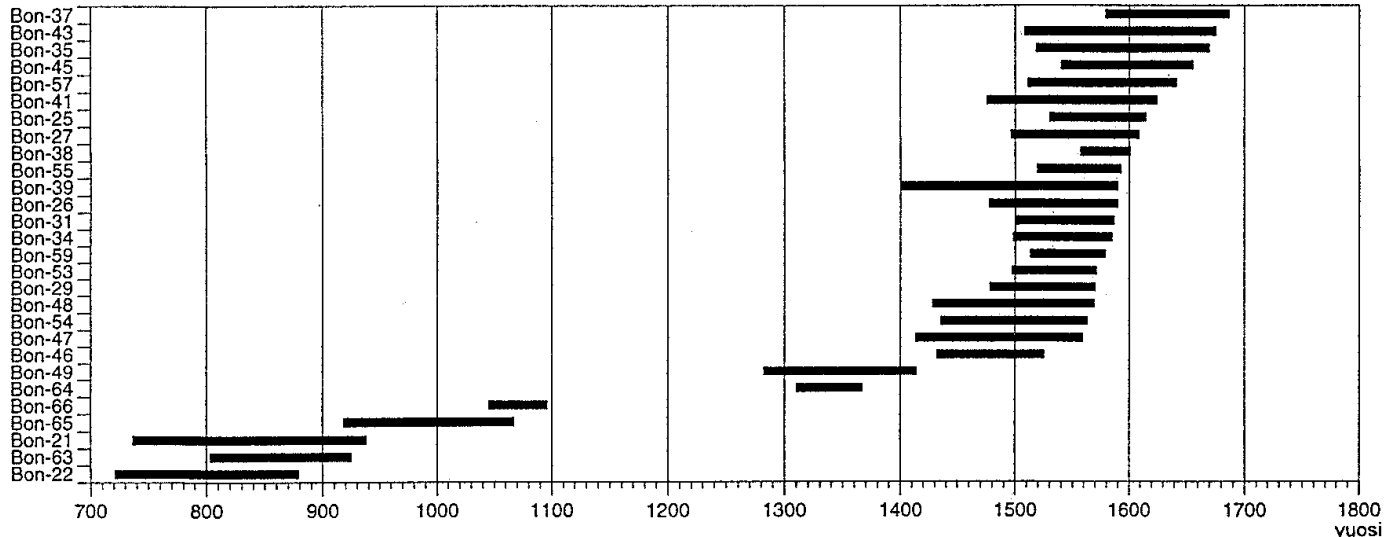
Eläinten jäljet puissa

Karibujen määrä on Quebecin provinssissa viime vuosikymmeninä lisääntynyt, mikä näkyy ympäristön kulumisena. Lavalin yliopiston tutkijat ovat laatineet ikäfrekvenssijakautumia karibujen sorkkien aiheuttamista arvista puiden juurissa ja alaoksissa ja pystyneet näin tekemään johtopäätöksiä karibujen lukumääristä sekä aktiivisuudesta lumettomina kausina (Morneau & Payette 1998).

Dendrokronologisesti on tutkittu myös piikkisian populaatioita ja levinneisyysmuutoksia puurajavyöhykkeessä. Kasvavia puita ja ärsivät piikkisiat aiheuttavat puiden runkoihin arpia, jotka ovat

luettavissa vuoden tarkkuudella puiden vuosilustoista. Piikkisikapopulaatioilla on havaittu olevan tietty suhde ilmastonmuutoksiin (Payette 1986).

Myös jo metsäpaloja käsittelevässä osassa mainitun kuusensilmukoin toukan esiintymistä tutkitaan puulustoanalyysin. Metsänrajavyöhykkeen kanadanlehtikuusien neulasia tuhoavan pistiäisen (*Pristiphora erichsonii*) toukan ja boreaalivyöhykkeessä kasvavaa paperikoivua (*Betula papyrifera*) vaivaavan toukan (*Rheumaptera hastata*) esiintymiä tarkkaillaan ja vaikutuksia tutkitaan.



Kuva 5. Erästä Bonifacen alueen kuivatetusta lammesta nostettujen mustakuusten runkojen iät. Ilmaston kylmyydestä johtuva vähälumisuus ja vedenpinnan mataluus ovat mahdollistaneet näiden puiden kasvamisen. Tarkemmin tekstissä. Julkaisematon aineisto, esitetään Serge Payetten luvalla.

Puulustokronologiat ja niiden hyödyntäminen

Quebecin provinssin puiden vuosilustoista on laadittu lukuisia kronologioita. Puulustojen laskut, leveysmittaukset, röntgenkuvaukseen perustuvat tiheysmittaukset sekä mikroskooppiin ja tietokoneeseen kytketyn digitaalisen videokameran käyttöön perustuvat ns. »image-analysit» (esim. Cournoyer & Filion 1994) tehdään Lavalin yliopiston dendrokronologisessa laboratoriossa.

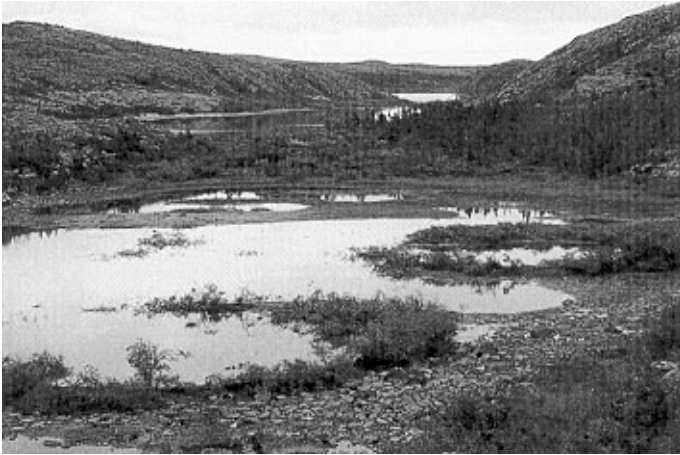
Mustakuusesta ja joskus myös valkokuusesta (*Picea glauca*) sekä muista puulajeista on rakennettu paikallisia ja alueellisia kronologioita. Niitä käytetään yleismaailmalliseen tapaan menneen ilmaston jäljittämiseen sekä tapahtumien ja kohteiden ajoittamiseen. Dendrokronologiaa on sovellettu massaliikuntojen tutkimiseen (136gin & Filion 1988), järvien vedenpinnan tason jäljittämiseen (136gin & Payette 1988), talvisen jääpeitteen liikkeiden ajoituksiin (136gin & Payette 1990), rantojen kasaantumisen ja kulumisen kartoittamiseen (136gin ym. 1991), dyniprosessien selvityksiin (Filion & Morisset 1983; Marin & Filion 1992) ja puiden runkovaurioiden tutkimiseen (esim. Payette ym. 1996).

Esimerkiksi Bottifacen alueella on huomattu, että lampareissa on veteen hukkuneita mustakuusen runkoja. Kun erästä pientä järveä kuivattiin ja hukkuneet rungot ajoitettiin, havaittiin, että useimmat puut olivat kasvaneet ns. pienen jääkauden (noin vuosina 1300-1800) aikana, osa aikaisemmin vuosituhannen vaihteen tienoossa tai sitä ennen. Hukkuneita puita ei juuri löydy keskiajan »lämpökaudelta» (noin vuosina 1000-1200) eikä pienen jääkauden jälkeiseltä ajalta (kuva 5). Tilanne on tulkittavissa niin, että kylminä aikoina sadanta on vähäisempää ja veden pinta alempana kuin lämpimämpinä ilmastollisina aikoina, jolloin nuo puut hukkuivat. Lumen vähäisyys, vaikka onkin seurausta kylmyydestä, suosii täällä yleisesti mustakuusen taimettumista. Lämpimiin kansiin liittyvä paksu lumipeite sulaa pitkään ja lyhentää kesän kasvukautta estäen puuston uudistumista.

Pienen jääkauden aikana myös Bonifacien joen vesi oli matalalla. Noissa kylmissä vähälumisissa oloissa periglasiialiset prosessit voimistuivat, ja joen rannoille muodostui ikiroudin luomia kumpuja (Payette & Filion 1993). Ilmaston sitten lämmettyä sadanta-arvot kasvoivat, talven eristävä lumipeite syveni,

sulamisvedet kävivät runsaammiksi ja joen vedenpinta nousi. Tuolloin ikiroutaiset kummut sortuivat veden täyttämiksi termokarstiaitaiksi (kuva 6), ja myös kohoumille juurtuneet puut reagoivat alustansa liikkeisiin. Kesällä 1998 noita altaita pumpattiin tehokkaalla moottoripumpulla kuiviksi ja altaisiin sortuneita puita nostettiin tutkittaviksi. Puiden iät, oksien muuttuminen juuriksi, lustojen leveydet, reaktiopuu ja lustojen eksentrisyys valottavat ikiroutakumpujen historiaa.

Palsaisilta turvekentiltä Boniface-joen lähetyviltä on jo vuosia kaivettu esiin ikiroutaan ankkuroituneita mustakuusen runkoja. Niiden vuosilustosarjoja on ajoitettu ja niistä on rakennettu sekä absoluuttisia että kelluvia kronologioita. Tämä pitkäjänteinen työ jatkuu yhä (kuva 7).



Kuva 6. Jäänteitä ns. pienen jääkauden aikaisista ikiroutakummuista Boniface-joen varressa. Nuo kummut sortuivat lähinnä siksi, että lämmennyt ilmasto lisäsi talvisia lumisateita ja kevään sulamisvesiä, mikä nosti joen vedenpintaa. (Kuva kirjoittajan 07/98)

Puiden vaaleat lustot (*light rings*) on osoitettu Pohjois-Quebecissä dendrokronologisiin tarkoituksiin erinomaisen sopiviksi. Vaaleille lustoille on ominaista, että myöhäispuu koostuu vain yhdestä tai muutamasta solukerroksesta (Filion ym. 1986). Nuo solut ovat lisäksi ohutseinäisiä, ja niitä luonnehtivat matalat tiheysarvot (Delwaide ym. 1991; Liang ym. 1997). Vaaleita lustoja on erityisen paljon metsän- ja puurajan mustakuusella. Ne sattuvat eri puissa varsin tarkkaan samoille vuosille, mistä syystä ne ovat erinomaisia merkkilustoja vuosilustosarjoja ristiinajoitettaessa (Filion ym. 1986).

Vaaleita lustoja näyttää muodostuvan silloin, kun kasvukausi äkisti päättyy eli kun ilman lämpötila nopeasti laskee. Mustakuusten vaaleat lustot käyvät yleisemmiksi etelästä pohjoiseen eli kylmempään ilmastoon siirryttäessä (Delwaide ym. 1991). Lavoie ja Payette (1997) osoittivat, että suolla kasvavissa mustakuusissa on vaaleita lustoja enemmän kuin kuivalla maalla kasvavissa mustakuusissa. Syyksi tähän he arvelevat sitä, että vuosina jolloin turpeen sulaminen kestää pitkään, pyrkivät mustakuuset muodostamaan vaaleita lustoja. Ainakin kanadanlehtikuusen tapauksessa on vaaleiden lustojen muodostumisen havaittu johtuvan paitsi matalaksi käyneestä lämpötilasta myös hyönteistuhoista ja neulaskadoista (Liang ym. 1997). Tarkasti ottaen on jossain määrin tulkintakysymys sanoa, milloin on kyseessä vaalea lusto.

Myös hallalustot (*frost rings*) on havaittu vaaleiden lustojen tapaan hyviksi merkkilustoiksi ristiinajoituksissa kronologioita rakennettaessa. Hallalustoissa niiden muodostumisaikainen kylmyys on aiheuttanut soluvaurioita joko luston varhais- tai myöhäispuuosassa.



Kuva 7. Mustakuusen runkoja paljastetaan ikiroutaisesta maasta dendrokronologisia tutkimuksia varten. (Kuva kirjoittajan, 07/98, Boniface)

Ilmastoasemat tutkimuksen tukena

Lavalin yliopiston Centre d'Études Nordiques on perustanut Itä-Kanadaan, lähinnä Quebecin provinssin alueelle, meteorologisen tiedonkeruuverkoston tukemaan monipuolista ja pitkäjänteistä tutkimusta. Verkostoon kuuluu kasvava joukko automaattisia ilmastoasemia, joilta tiedot voidaan lukea puhelimitse vaikkapa Lavalin yliopistossa. Monet asemat mittaavat eri korkeuksilta ilman lämpötilaa, kosteutta, sadantaa, tuulen suuntaa ja voimakkuutta, monet myös lumen syvyyttä. Asemien yhteydessä voi olla muitakin mittalaitteistoja, esimerkiksi dendrografeja, »puupantoja», jotka mittaavat puiden ympärysmittan vaihtelua. Tarkimmat itserekisteröivät dendrografit ovat Oulun yliopistosta hankittuja.

Esimerkiksi Kuujuarapikista etelään sijaitsevan La Granden tekojärven alueella on viisi ilmastoasemaa. Näillä asemilla seurataan myös itse tekojärven vaikutusta paikallisilmastoon. On jo havaittu, että tekojärven perustamisen jälkeen tuulisuus ja lumiolot ovat muuttuneet ja että tuulen rasittamat puut ovat alkaneet tuottaa reaktiipuuta.

Tiedonkeruuta uhkaavat monet vaarat. Joskus jyräjät tai karhu (kuva 8) tekevät tuhojaan. Joskus asema joutuu metsäpalon liekkeihin.

Yleistä ilmastodataa tuottavien asemien lisäksi Lavalin yliopiston tutkijat tekevät paikallisia meteorologisia mittauksia erilaisten pienimuotoisten tutkimusten yhteydessä. Esimerkiksi Boniface-joella pari opiskelijaa seurasi kesällä 1998 vaivaiskoivun (*Betula nana*) kasvua erilaisilla kasvupaikoilla. Tietääkseen, mitkä ilmastotekijät vaikuttavat vaivaiskoivun verson pituuskasvuun ja rungon paksuuskasvuun, opiskelijat mittasivat muun muassa ilman ja maan lämpötilaa sekä sadantaa.



Kuva 8. Säähavaintoasema, jonka hurisevan tuulimittarin utelias karhu on toistuvasti kiivennyt noutamaan. Tämä automaattinen asema kuuluu Lavalin yliopiston Centre d'Études Nordiques'n laajaan meteorologiseen tiedonkeruuverkostoon. (Kuva kirjoittajan 07/98)

Quebec Cityn pohjoispuolella boreaalivyöhykkeessä puolestaan tarkasteltiin puunkasvun ja maanpintainversion yhteyttä. Tutkittavissa tapauksissa puut olivat paljon pienempiä ja hidaskasvuisempia laaksoissa kuin rinteillä, ja laakson pohjalla oli myös kylmää kielivää pounikkaa. Tutkimuksissa monitoroitiin mikroilmastoa ja pohjavettä.

Toivottavasti tämä kirjoitus antaa virikkeitä suomalaisille tutkijoille ja herättää halun perehtyä omakohtaisesti Kanadassa harjoitettavaan pohjoisen tutkimukseen. Lisääntyvä Euroopan ja Pohjois-Amerikan välinen opiskelija- ja tutkijavaihto avaisi uusia henkilökohtaisia näkökulmia ja johtaisi kansallisia ja Euroopan unionin hankkeita laajempiin yrityksiin ymmärtää pohjoisen ääreviä oloja. Tällaisen yhteistyön edistämiseksi Lavalin yliopiston Centre d'Études Nordiques'n johtaja professori Serge Payette suunnittelee kanssani amfiatlantisen puurajakokouksen järjestämistä Kanadassa kesällä 2000.

KIRJALLISUUS

- Arseneault, D. & S. Payette (1992). A postfire shift from lichen-spruce to lichen-tundra vegetation at tree line. *Ecology* 73, 1067-1081.
- Arseneault, D. & S. Payette (1997). Landscape change following deforestation at the arctic tree line in Québec, Canada. *Ecology* 78, 693-706.
- Bégin, C. & L. Filion (1988). Age of landslides along the Grande Rivière de la Baleine estuary, eastern coast of Hudson Bay, Québec (Canada). *Boreas* 17, 289-299.
- Bégin, Y., D. Langlais & L. Cournoyer (1991). A dendrogeomorphic estimate of shore erosion, Upper St. Lawrence estuary, Québec. *Journal of Coastal Research* 7, 607-615.
- Bégin, Y. & S. Payette (1988). Dendroecological evidence of lake-level changes during the last three centuries in subarctic Québec, Canada. *Quaternary Research* 30, 210-220.
- Bégin, Y. & S. Payette (1990). Population structure of lakeshore willows and ice-push events in subarctic Québec, Canada. *Holarctic Ecology* 14, 9-17.
- Cournoyer, L. & L. Filion (1994). Variation in wood anatomy of white spruce in response to dune activity. *Arctic and Alpine Research* 26, 412-417.
- Delwaide, A., L. Filion & S. Payette (1991). Spatiotemporal distribution of light rings in subarctic black spruce, Québec. *Canadian Journal of Forest Research* 21, 1828-1832.
- Filion, L. & P. Morisset (1983). Eolian landforms along the eastern coast of Hudson Bay, Northern Québec. Teoksessa Morisset, P. & S. Payette (toim.): Treeline Ecology. *Nordicana* 47, 73-94.
- Filion, L., S. Payette, L. Gauthier & Y. Boutin (1986). Light rings in subarctic conifers as a dendrochronological tool. *Quaternary Research* 26, 272-279.
- Filion, L., D. Saint-Laurent, M. Despons & S. Payette (1991). The late Holocene record of aeolian and fire activity in northern Québec, Canada. *The Holocene* 1, 201-208.
- Hustich, I. (1949). Phytogeographical regions of Labrador. *Arctic* 2, 36-43.
- Hustich, I. (1966). On the forest-tundra and the northern tree-lines. *Reports from the Kevo Subarctic Research Station* 3, 7-47.
- Lauriol, B. & J. T. Gray (1987). The decay and disappearance of the Late Wisconsin ice sheet in the Ungava Peninsula, northern Québec, Canada. *Arctic and Alpine Research* 19, 109-126.
- Lavoie, C. & S. Payette (1997). Late-Holocene light ring chronologies from subfossil black spruce stems in mires of subarctic Québec. *The Holocene* 7, 129-137.
- Liang, C., L. Filion & L. Cournoyer (1997). Wood structure of biotically and climatically induced light rings in eastern larch (*Larix laricina*). *Canadian Journal of Forest Research* 27, 1538-1547.
- Marin, P. & L. Filion (1992). Recent dynamics of sub arctic dunes as determined by tree-ring analysis of white spruce, Hudson Bay, Québec. *Quaternary Research* 38, 316-330.
- Morneau, C. & S. Payette (1998). A dendroecological method to evaluate past caribou (*Rangifer tarandus* L.) activity. *Écoscience* 5, 64-76.
- Payette, S. (1983). The forest tundra and present treelines of the northern Québec-Labrador Peninsula. Teoksessa Morisset, P. & S. Payette (toim.): Treeline Ecology. *Nordicana* 47, 3-23.
- Payette, S. (1986). Recent porcupine expansion at tree line: a dendroecological analysis. *Canadian Journal of Zoology* 65, 551-557.
- Payette, S. & L. Filion (1993). Holocene water-level fluctuations of a subarctic lake at the tree line in northern Québec. *Boreas* 22, 7-14.
- Payette, S. & R. Gagnon (1985). Late Holocene deforestation and tree regeneration in the Forest Tundra of Québec. *Nature* 313, 570-572.
- Payette, S., A. Delwaide, C. Morneau & C. Lavoie (1996). Patterns of tree stem decline along a snowdrift gradient at treeline: a case study using stem analysis. *Canadian Journal of Botany* 74, 1671-1683.

SUMMARY

Northern research in Quebec, Canada

The Centre d'Études Nordiques was established in 1961 by the Laval University (Quebec City). Currently the research centre is engaged in multidisciplinary studies of northern environment and palcoenvironments mainly in eastern Canada. This review primarily presents the research themes and problems which were demonstrated to the author in the summer 1998. The work and themes presented here could also be carried out in Finland. The focus of the paper is on the vegetational zonation, dendrochronological applications, importance of forest fires, DNA analyses of black spruce, and minor studies related to local climates. One of the aims of this review is also to encourage Finnish geographers to collaborate with Canadian scientists in northern studies.