

FOLIA FORESTALIA 674

METSÄNTUTKIMUSLAITOS · INSTITUTUM FORESTALE FENNIAE · HELSINKI 1986

KARI MIKKOLA & PENTTI SEPPONEN

KASVUPAIKKATEKIJÖIDEN JA
KASVILLISUUDEN SUHTEET
LUOTEIS-ENONTEKIÖN
TUNTURIKOIVIKOISSA

RELATIONSHIPS BETWEEN SITE FACTORS
AND VEGETATION IN MOUNTAIN BIRCH
STANDS IN NORTHWESTERN ENONTEKIÖ



METSÄNTUTKIMUSLAITOS
THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE

Osoite: Unioninkatu 40 A
Address: SF-00170 Helsinki, Finland

Puhelin: (90) 661 401
Phone:

Ylijohtaja: Professori
Director: Professor Aarne Nyysönen

Julkaisujen jakelu: Kirjastonhoitaja
Distribution of Librarian
publications: Liisa Ikävalko-Ahvonen

Julkaisujen toimitus: Toimittajat
Editorial office: Editors Seppo Oja
Tommi Salonen

Metsäntutkimuslaitos on maa- ja metsätalousministeriön alainen vuonna 1917 perustettu valtion tutkimuslaitos. Sen päätehtävänä on Suomen metsätaloutta sekä metsävarojen ja metsien tarkoituksenmukaista käyttöä edistävä tutkimus. Metsäntutkimustyötä tehdään lähes 800 hengen voimin yhdeksällä tutkimusosastolla ja kymmenellä tutkimus- ja koegasemalla. Tutkimus- ja koetointaa varten laitoksella on hallinnassaan valtion-metsiä yhteensä n. 150 000 hehtaaria, jotka on jaettu 17 tutkimusalueeseen ja joihin sisältyy kaksi kansallis- ja viisi luonnonpuistoa. Kenttäkokeita on käynnissä maan kaikissa osissa.

The Finnish Forest Research Institute, established in 1917, is a state research institution subordinated to the Ministry of Agriculture and Forestry. Its main task is to carry out research work to support the development of forestry and the expedient use of forest resources and forests. The work is carried out by means of 800 persons in nine research departments and ten research stations. The institute administers state-owned forests of over 150 000 hectares for research purposes, including two national parks and five strict nature reserves. Field experiments are in progress in all parts of the country.

FOLIA FORESTALIA 674

Metsäntutkimuslaitos. Institutum Forestale Fenniae. Helsinki 1986

Kari Mikkola & Pentti Sepponen

KASVUPAIKKATEKIJÖIDEN JA KASVILLISUUDEN SUHTEET LUOTEIS-ENONTEKIÖN TUNTURIKOIVIKOISSA

Relationships between site factors and vegetation
in mountain birch stands in northwestern Enontekiö

Approved on 14.11.1986

SISÄLLYS

1. JOHDANTO	3
2. AINEISTO JA MENETELMÄT	4
21. Tutkimusalue	4
22. Kenttätyöt ja laboratoriotutkimukset	4
23. Aineiston käsittely	6
3. TUTKIMUSALUEEN METSÄ- JA KASVUPAIKKATYYPIT	7
4. MAAN KEMIALLISET JA FYSIKAALISET OMINAISUUDET	10
5. LUMISUUS	15
6. KASVILLISUUDEN ORDINAATIO JA LUOKITTELU	16
61. DCA -ordinaatio	16
611. Vaihtelu suuntien numeerinen tulkinta	19
62. TWINSPAN -ryhmittely	20
7. TUTKIMUSALUEIDEN SEKÄ ERI EKSPOSITIOIDEN VERTAILUA	23
8. YHTEENVETO	26
KIRJALLISUUS — REFERENCES	27
SUMMARY	29

MIKKOLA, K. & SEPPONEN, P. 1986. Kasvupaikkatekijöiden ja kasvillisuuden suhteet Luoteis-Enontekiön tunturikoivikoissa. Summary: Relationships between site factors and vegetation in mountain birch stands in north-western Enontekiö. *Folia Forestalia* 674. 30 p.

Tutkimuksessa tarkasteltiin tunturikoivikoiden (*Betula pubescens* ssp. *tortuosa*) puuston, maatumnusten, pintakasvillisuuden, lumisuuden sekä metsätyyppien välisiä suhteita mereisellä, maaperältään ravinteisella Kilpisjärvellä ja mantereisella, karummalla Lammasoivilla. Koivikoiden metsätyyppien puusto ja tärkeimmät maatumnukset (mm. Ca, Mg ja Fe-pitoisuus, pH ja johtoluku) poikkesivat toisistaan selvästi. Kasvillisuusaineiston numeerisissa analyyseissä käytettyjen DCA -ordinaation ja TWINSpan -ryhmittelyn tulosten mukaan koivikoiden kasvillisuuteen vaikuttavat eniten kompleksinen kosteus-korkeus -gradientti, ravinteisuus sekä lumen paksuus. Metsänraja ei aiheuta selvää muutosta pintakasvillisuuden lajistoon eikä rakenteeseen. Kilpisjärvi erosi Lammasoivista paitsi maaperän myös paksun lumipeitteen suhteen. Kilpisjärven seudun mereisyys ilmeni kasvilajistossa selvimmin *Barbilophozia*-maksasammalten runsautena.

Relationships between mountain birch (*Betula pubescens* ssp. *tortuosa*) stand parameters, soil fertility, snow thickness, ground vegetation and site type were studied in two areas: Kilpisjärvi and Lammasoivi, both situated in northwestern Lapland. The areas differ somewhat in the degree of maritimity, and especially in the bedrock. Clear differences were found between the mountain birch forest site types in soil parameters (e.g. Ca, Mg and Fe content, pH and electrical conductivity) and in the tree stand parameters. Numerical vegetation analysis (DCA-ordination and TWINSpan-analysis) showed that the most important gradients affecting the vegetation were a complex altitude-moisture gradient, nutrient gradient and the thickness of snow cover. There were no major changes in the structure of vegetation associated with the timber line. Kilpisjärvi differed from Lammasoivi with respect to the greater thickness of the snow cover as well as the soil properties. The greater maritimity of Kilpisjärvi was most evident in the flora as an abundance of the liverwort *Barbilophozia*.

Keywords: Mountain birch, site types, ordination, classification

ODC 114.2 + 114.5 + 181.2/.3 + (480.99) + 187

Authors' address: The Finnish Forest Research Institute, Rovaniemi Research Station, PL 16, SF-96300 Rovaniemi, Finland.

ISBN 951-40-0764-6
ISSN 0015-5543

Helsinki 1986. Valtion painatuskeskus

1. JOHDANTO

Tunturikoivikoiden (*Betula pubescens* ssp. *tortuosa* (Ledeb.) Nyman) asemasta kasvillisuuden vyöhykejärjestelmässä on esitetty viime vuosikymmeninä useita toisistaan poikkeavia käsityksiä. Wahlenberg (1812) nimesi koivikot ”regio subalpinaksi”, ja termi ”subalpiiniset koivumetsät” on vieläkin laajasti käytetty. Eräiden tutkijoiden käsityksen mukaan (Hustich 1952, 1953, 1960, 1966, Kalela 1958, 1961, Eurola 1968, 1974, Kallio ym. 1969, Thannheiser 1975) havumetsät kuuluvat boreaaliseen ja tunturikoivikot taas subarktiseen vyöhykkeeseen. Kallio ym. (1969) toteavat eron koivu- ja havumetsävyöhykkeen kasvilajistossa olevan selvempi kuin vastaavan eron alpiinisen ja subalpiinisen vyöhykkeen välillä. Heidän mukaansa vain havumetsäalueen tuntureiden korkeussuuntainen koivuvyöhyke on luettava subalpiiniseen kasvillisuuteen. Sjörs (1963) ja Hustich (1960, 1966) taas lukevat Skandinavian tunturikoivikot Siperian metsätundran jatkeeksi.

Nykyään laajasti hyväksytyyn näkemyksen mukaan tunturikoivumetsät kuuluvat boreaaliseen kasvillisuusvyöhykkeeseen mereisenä lohkona (Zoller 1956, Hämet-Ahti 1963b ja 1978, Ahti ym. 1964, Jalas 1965). Hämet-Ahti (1978) toteaa Kallion ym. (1969) näkemyksestä poiketen tunturikoivikoiden aluskasvillisuuden olevan lajistoltaan lähes sama kuin lähistöllä sijaitsevien havumetsien, vaikkakin runsaussuhteiltaan poikkeava.

Kalela (1961) erotti Suomesta ja Pohjois-Norjasta kaksi tunturikoivumetsien luonnetimaa aluetta, Tunturi-Lapin ja Vuono-Lapin. Hämet-Ahti (1963b) on tarkentanut jakoa koivikoiden osalta mereiseen, lievästi mereiseen ja lievästi mantereiseen lohkoon. Hänen mukaansa varsinaisia mereisiä koivikoita ei ole maassamme lainkaan, lievästi mereisiä on vain Kilpisjärven ympäristössä ja Utsjoen koillisosissa. Loput havumetsävyöhykkeeseen rajoittuvat koivikot ovat lievästi mantereisia. Eurolan (1978) mukaan koivu on tällä alueella täyttänyt kilpailijoiden puuttuessa sille varsinaisesti kuulumattoman ekologisen lokeron; mäntymetsän pohjoisraja on samalla lajin siemenellisen lisääntymisen raja. Suvuttoman lisääntymisen puuttuessa mänyltä jää käyttämättä sille muuten mantere-

suudeltaan sopiva alue, jonka tunturikoivut ovat vallanneet.

Huolimatta tunturikoivikoiden erikoisuudesta napapiirin pohjoispuolisina metsäekosysteeminä, ei niiden ekologiaa eikä varsinkaan puustoa ole tutkittu kovinkaan paljon. Joissain varhaisissa töissä on sivuttu koivumetsien ekologiaa (esim. Holmgren 1912, Tengwall 1918, Lippmaa 1929), mutta useimmat tutkimukset ovat olleet luonteeltaan kasvisosiologisia (esim. Nordhagen 1928, 1943, Kujala 1929, Hämet-Ahti 1963a, Thannheiser 1975). Hämet-Ahti (1963a) työ käsitteli Pohjois-Suomen ja Ruijan tunturikoivikoita erityisesti mereisyys-mantereisuus-vaihteluun sovelletun vyöhykkeisyyden kannalta. Hän loi myös tunturikoivikoille cajan-derilaisen metodin mukaiset metsätyytit.

Viime vuosien tutkimuksista voidaan mainita Kärenlammen ja Kauhasen (1972) Kevon IBP -koealojen suora gradienttianalyysi sekä Kärenlammen (1972) faktorianalyysi samalle aineistolle. Ruotsissa ovat Sonesson & Lundberg (1974) sekä Sonesson (1974) tarkastelleet koivikoiden nykyistä kasvillisuutta ja ekologiaa sekä siitepölyanalyysin avulla myös kehityshistoriaa. Kullman (1979, 1981) on tutkinut koivun metsä- ja puurajan dynamiikkaa 1900-luvulla Etelä-Skandeilla. Hän painottaa erityisesti lumipeitteen merkitystä koivikoille — mereisyys on vain välillinen syy tunturikoivikoiden synnylle, primäärinen vaikuttaja on pitkään viipyyvä lumipeite.

Vaarama & Valanne (1973) ovat selvittäneet tunturikoivun taksonomiaa ja kehityshistoriaa. He toteavat vaivaiskoivun ja hieskoivun välisen introgression olevan merkityksellisen tunturikoivun evoluutiossa. Vaivaiskoivun parempi hyönteistuhojen kesto-kyky on aiheuttanut geenivirtaa vaivaiskoivusta hieskoivuun päin. Tunturikoivu on vielä nuori ja epästabiili taksoni, eriytyminen hieskoivusta on alkanut vasta viime jääkauden jälkeen.

Koivikoiden puustosta ei liene maassamme tehty yhtään tarkkoihin mittauksiin perustuvaa tutkimusta. Poso & Kujala (1973) ovat tarkastelleet Perä-Lapin metsien puumäärien suhteita ekspositioon ja topogra-

fiaan, mutta arviot ovat tunturikoivikoiden osalta vain likimääräisiä. Valtakunnan metsien 8. inventoinnin yhteydessä on kesällä 1986 perustettu myös tunturikoivikoihin kiinteitä koealoja, joista aikanaan saadaan tietoa mm. ympäristömuutosten vaikutuksesta pintakasvillisuuteen ja puustoon.

Tämän tutkimuksen tavoitteena on tarkastella tunturikoivikoiden metsätyyppien kasvillisuutta suhteessa mitattuihin ympäristömuuttujiin sekä etsiä monimuuttuja-analyysien avulla kasvillisuuden rakenteita selittäviä ympäristögradientteja. Luoteis-Enontekiöllä vallitsevan jyrkän mereisyys-mantereisuus-gradientin sekä kallioperän vaihtelun ilmentymiä puustossa ja kasvillisuudessa etsitään numeeristen analyysien avulla. Yleisenä tavoitteena on myös tutkia monimuuttuja-ana-

lyysien TWINSPANin ja DCAn sekä jälkimmäisestä sovelletun hybridiordinaation soveltuvuutta metsäkasvillisuuden tutkimiseen ja analysointiin.

FK Jukka Lyytikäinen sekä avusti kenttätöiden suunnittelussa että oli mukana aineiston keruussa kesällä 1982. Puustomittauksissa avusti mt. Tapani Vartiainen. Työtä ideoi ja ohjasi pääosin FT Pentti Sepponen. Kari Mikkolan samasta aineistosta valmistuneen pro gradu -työn ohjaajana ja siten myös tämänkin tutkimuksen eräänä taustahahmona oli apul. prof. Leena Hämet-Ahti. Aineiston keruun, numeeriset analyysit ja tulosten tulkinnan suoritti Kari Mikkola. Laboratoriotöistä vastasi MMK Kaarina Niskan johdolla Rovaniemen tutkimuskeskuksen laboratorion henkilökunta. Käsikirjoituksen ovat lukeneet FT Eeva-Liisa Jukola-Sulonen ja Ph.D. Michael Starr. Lausumme kaikille työhön osallistuneille parhaat kiitoksemme.

2. AINEISTO JA MENETELMÄT

21. Tutkimusalue

Tutkimus on tehty Enontekiön kunnan luoteisosassa kahdella alueella. Kilpisjärven seutu (sijainti 69°3' p.l. ja 20°49' i.p.) edusti lievästi mereistä koivikkoaluetta ja 42 km Kilpisjärveltä kaakkoon sijaitseva Lammasoavi lievästi mantereista (kuva 1).

Kilpisjärven seutu on kallioperänsä ja pinnanmuodostuksensa puolesta muusta Pohjois-Lapista poikkeava alue. Kallioperä on Kölin vuorijonon kambrosiluurista ainesta. Hiekkakivet, kvartsiitit, dolomiitti ja tunturiliuske ovat vallitsevia (Matisto 1959, 1969). Kvarterikautiset kerrostumat ovat pääasiassa moreenia, so-raa ja hiekkaa (Kujansuu 1967).

Alueen tunturien laet lähentelevät tuhatta metriä. Saanan huippu on 1024 m korkeudella merenpinnasta, Jehkats kohoaa 948 metriin ja Iso-Malla 927 metriin. Myös relatiiviset korkeuserot ovat suuria — Saanan laen ja Kilpisjärven pinnan välillä on eroa 559 metriä.

Lammasoavi (737 m) kohoaa viereisen Könkämaen pinnasta 300 m. Kallioperä on arkeista kiilleliusketta ja poikkeaa siten ympäröivän alueen etupäässä granodioriiteista koostuvasta kivilajista (Uusinoka 1980). Alueen maaperä on pääasiassa moreenia. Myös laajoja avolouhikoita esiintyy erityisesti tunturin länsirinteellä. Pinnanmuodostus on Lammasoavilla huomattavasti Kilpisjärven aluetta loivapiirteisempää, jyrkkiä pahtoja ei juuri esiinny. Sekä Kilpisjärvellä että Lammasoavilla vallitseva maannostyyppi on podsoli-maannos.

Tutkimusalue kuuluu Solantien (1980) mukaan Tunturi-Lapin ilmastoalueeseen. Tyypillisiä piirteitä ovat mm. 45—60 vrk:n pituinen terminen kesä ja 60—119 vrk:n pituinen ydintalvi (= sen kauden keskimääräinen pituus, jona suojailmoja ei esiinny).

Kasvukauden tehoisa lämpötilasumma on Kilpisjärvellä 389 d.d. ja Lammasoavin seudulla n. 500 d.d. Jälkimmäinen luku on interpoloitu Kolkin (1981) kartakkeen käyrien mukaan eikä siten perustu mittauksiin.

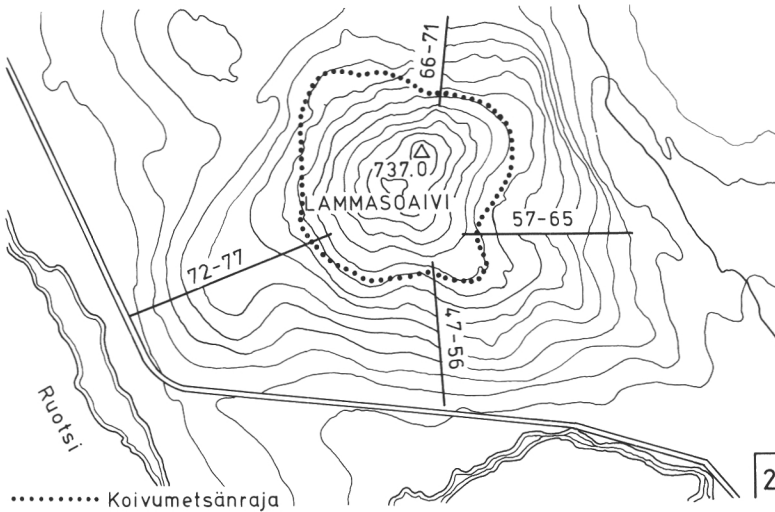
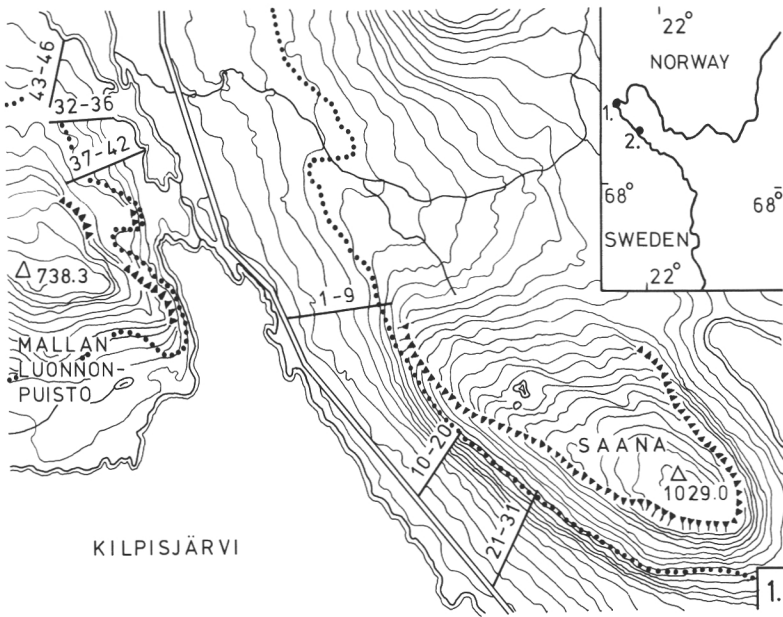
Kilpisjärven seudulla on vahva mereisyys-mantereisyys -vaihtumisvyöhyke (Hämet-Ahti 1963a). Tuhkaisen (1980, s. 78) esittämän kartakkeen mukaan Conradin (1946) mantereisuusindeksi on Kilpisjärvellä n. 32 ja Lammasoavilla n. 28. Edellinen arvo luonnehtii lievästi mereistä aluetta ja jälkimmäinen lievästi mantereista.

Tutkimusalueen kasvillisuus vaihtelee Saanan lounaisrinteiden rehevistä lehdoista Lammasoavin karuihin alapaljakoihin. Koivumetsänrajan korkeus vaihtelee ekspositiosta riippuen 550—700 metriin. Varpu- ja jäkä-läkankaat ovat vallitsevia — ruohoiset ja runsassammaleiset tuoreet kankaat ja lehdot ovat yleisiä vain vesistöjen välittömässä läheisyydessä sekä Kilpisjärven alueen ravinteisilla ja mereisillä alarinteillä.

22. Kenttätöet ja laboratoriotutkimukset

Koealat sijoitettiin erisuuntaisille rinteille kohtisuoraan korkeusgradienttia vastaan vedetyille linjoille 20 metrin korkeusvälein. Koealan korkeus merenpinnasta määritettiin pienoisbarometrillä. Ylin koeala perustettiin puurajan yläpuolelle paljakalle.

Koeala oli 6,0 metriä säteeltään oleva ympyrä. Kasvillisuus kuvattiin neljältä 1,0 m²:n laajuiselta ruudulta. Näytealaruudut sijoitettiin 5,0 metrin etäisyydelle koealan keskipisteestä systemaattisesti koealalinjan suun-



Kuva 1. Tutkimusalueet.
Fig. 1. The study areas.

taan nähden. Jos kasvillisuusruudun kohdalle sattui koivupensas tai kookas kivi, siirrettiin ruutua 1 metri myötöpäivään, ja jos tämäkään ei auttanut, 1 metri vastapäivään. Pohja-, kenttä- ja pensaskerros kuvattiin kukin erikseen. Lajien runsaudet kuvattiin prosentti-peittävyysinä. Putkilokasvien nimistö on Hämet-Ahdin ym. (1981) mukainen, sammalten Koposen ym. (1977), jäkälien Ahdin (1981) ja maksasammalten Buchin (1936) mukainen.

Eräitä vaikeasti tunnistettavia taksoneita on yhdistetty kollektiiviryhmiksi. *Cladonia mitis* sisältää lajit *C. mitis* ja *C. sylvatica*, ryhmä *Barbilophozia spp.* koostuu lajeista *Barbilophozia lycopodioides* ja *B. hatcheri*. Joi-tain hankalia sukuja kuten esim. *Hieracium* ja *Stereo-*

caulon ei ole määritetty lajilleen. Pienille maksasammalle on käytetty ryhmänimeä *Hepaticae*. Kivillä, maapuilla ym. kasvavia jäkälää ja sammalia ei ole luettu kasvillisuuskuvauksiin mukaan.

Koalojen metsätyypit määritettiin Hämet-Ahdin (1963a) tyyppikuvausten perusteella. Puustoisista koaloista lehtomaiset koivikot ja Saanan vyörysarinteet on luokiteltu pelkästään kasvupaikkatyyppinä pienenalaisuutensa ja vähäisen merkityksensä vuoksi.

Maanäytteet otettiin kolmesta 5,0 metrin etäisyydelle keskipisteestä systemaattisesti koelajinlaajaan nähden sijoitetuista kuopista. Kuopista mitattiin humuksen ja A-horisontin (huuhtoutumiskerroksen) paksuudet sekä otettiin 2 dl:n kivennäismaanäyte B-horisontin rikas-

tumiskerroksen) yläosasta. Humusnäyte otettiin vastavasti karikkekerroksen alta koekuoppien kohdalta. Kivisyttä tutkittiin Viron (1952) esittämällä painelumene- telmällä.

Koetalalta luettiin kaikki rinnankorkeudelta (1,3 m) läpimitan 0,5 cm ylittävät koivut tasaavaa luokitusta käyttäen. Jos puu haarautui rinnankorkeuden alapuo- lelta, luettiin haarat erillisiksi puuyksiköiksi. Koepuiden otantaan sovellettiin osittua systemaattista otantaa (Kilikki 1978). Jokaisesta läpimittaluokasta merkittiin puidenluvun yhteydessä koepuiksi ensimmäisenä luettu ao. luokan puuyksilö. Koepuut pyrittiin kuitenkin valit- samaan eri klooneista. Jos koepuita oli enemmän kuin klooneja, tästä menettelystä oli tietysti tingittävä. Kus- takin koepuusta mitattiin läpimitta 1 mm:n tarkkuudel- la neljältä eri suhteelliselta korkeudelta, jotka olivat 2,5, 10, 30 ja 50 % puun pituudesta. Pituus mitattiin 1 dm:n tarkkuudella.

Koepuista mitattiin myös epifyyttijäkälä *Parmelia olivacean* alimman yli 1 cm²:n laajuisen esiintymän kor- keus maan pinnasta koetalalla vallitsevan pitkäaikaisen lumensyvyyskeskiarvon määrittämiseksi (ks. mm. Nord- hagen 1928, Kujala 1929).

Kilpisjärven alueelta mitattiin yhteensä 46 koetalaa, niistä 15 Mallan luonnonpuiston pohjois- ja itärinteiltä ja 32 Saanan länsi- ja etelärinteiltä. Saanan etelärinne- koalat ovat tarkasti määriteltynä ekspositioltaan etelä- lounaisia, mutta yksinkertaisuuden vuoksi ne on teks- tissä käsitelty etelärinteinä. Lammasoain koalojen lukumäärä on yhteensä 31.

Maanäytteet analysoitiin Metsäntutkimuslaitoksen Rovaniemen tutkimusosaston maalaboratoriossa. Kal- sium, magnesium ja kalium määritettiin kivennäismaa- ja humusnäytteistä atomiabsorbtiokespektrofotometrises- ti, fosfori kolorimetrisesti molybdeenisinimenetelmällä. Uutosnesteenä oli kuuma 2N HCl suhteessa 2 g näytettä ja 50 ml HCl:a. Alumiini sekä rauta määritettiin kolo- rimetrisesti käyttäen ns. Tammin (1922) uutoksenetel- mää. Typen kokonaismäärä analysoitiin vain humus- näytteistä Kjeldahlin menetelmällä. Maanäytteiden pH määritettiin käyttäen uutoksenesteestä tislattua vettä. Joh- toluku saatiin mittamalla johtokyky ja laskemalla saa- dusta lukemasta johtoluku Westmanin (1978) mukaan.

23. Aineiston käsittely

Koelakohtaiset puustotunnukset laskettiin Heinosen (1981) ohjelmalla KPL (Koalojen peruslaskenta). Kas- villisuusaineistoa analysoitiin erityisesti yhteisöekologis-

ten aineistojen käsittelyyn tarkoitetuilla CEP-ohjelmilla (Cornell Ecological Programs, ks. mm. Gauch 1982) DATAEDIT (Singer 1980), DECORANA (Hill 1979a) ja TWINSPAN (Hill 1979b, ks. myös Mikkola & Juko- la-Sulonen 1984 ja Mikkola ym. 1984.)

Aineistolle tehtiin muunnos prosenttiasteikolta ns. oktaaviasteikolle (ks. mm. Gauch 1982, Maarel 1979) sekä karsittiin pois yhden ja kahden esiintymän lajit.

DECORANA -ohjelmaan kuuluvalla DCA -ordinaa- tiolla näytealat ja lajit järjestettiin pisteiksi ordinaatio- kuvaan. Kasvillisuudeltaan samankaltaiset näytealat tu- lostuivat lähekkäisinä pisteinä, toisistaan poikkeavat taas etäälle. Samanaikaisesti saatiin vastaava ordinaatio lajeille. Näiden kahden kuvan akselit ovat analogisia, joten näytealakuvan vaihtelusuuntien tulkinta pätee myös lajiakselleille.

Kasvillisuuden, puuston ja eräiden ympäristömuuttu- jien suhteiden selvittämiseen käytettiin ns. hybridordi- naatiota (ks. Gauch & Stone 1979, Gauch 1982). Sovel- lutus oli seuraavanlainen:

1. Lasketaan ordinaatiopisteparven aritmeettinen kes- kipiste näytealapisteden keskiarvona.
2. Lasketaan 1. ja 2. akselin pistearvot kullekin ympä- ristömuuttujalle kaavalla:

$$YO_{jk} = \frac{\sum (YM_{ij} \times OP_{ik})}{\sum YM_{ij}}$$

jossa: YM_{ij} = ympäristömuuttujan j arvo n. alal- la i

OP_{ik} = näytealan i pistearvo akselilla k

YO_{jk} = ympäristömuuttujan j pistearvo akselilla k

Tällöin YO_{jk} on ympäristömuuttujan j arvolla pai- notettu ordinaatiopisteparven keskipiste. Lopuksi arvot YO_{jk} skaalataan siten, että ympäristömuuttujien ordi- naatiopisteiden maksimietäisyys ordinaatiokuvan kes- kipisteestä on yhtä suuri kuin suurin näytealapisteen etäisyys keskipisteestä.

Ympäristömuuttujan pisteen poikkeamissuunnasta kuvan keskipisteestä voi tehdä johtopäätöksiä muuttu- jan ja kasvillisuuden rakenteiden välisistä suhteista. Mi- tä suurempi poikkeama on, sitä enemmän muuttujan korkeat arvot painottuvat tämän suunnan näytealoille. Jos muuttujan arvot ovat tasaisesti jakautuneet tutkit- tavassa ordinaatioavaruudessa, poikkeama keskipistes- tä on vähäinen.

Varianssi-, korrelaatio- ja erotteluanalyysit laskettiin BMDP -ohjelmilla (BMDP 1983) P7D, P6R, P3S ja P7M.

3. TUTKIMUSALUEEN METSÄ- JA KASVUPAIKKATYYPIT

Luoteis-Enontekiön tunturikoivikoiden pintakasvillisuus on muuhun Lappiin verrattuna melkoisen vaihtelevaa ja monilajista. Tyyppien kirjo ulottuu läntisten, mereisen ilmaston ja kalkkipitoisen maaperän lehdosta itäisempiin, peruskallioalueen karuihin metsänrajakoivikoihin. Varsinaiset lehdot on jätetty pienialaisuutensa vuoksi tämän tutkimuksen ulkopuolelle.

Seuraavassa esitellyt metsä- ja kasvupaikkatyytit perustuvat pääosin Hämet-Ahdin (1963a) työhön tunturikoivikoiden metsätyypeistä (ks. myös Cajander 1904, Fries 1913, Nordhagen 1928, 1943, Kujala 1929, Kalliola 1939, Sonesson & Lundberg 1974 ja Thannheiser 1975). Tyypittäiset keskeiset puustotunnukset sekä yleisimmät lajit on koottu taulukkoon 1.

Lehtomaiset koivikot

Lehtomaisia koivikoita esiintyy tutkimusalueella lähinnä ravinteisilla, eteläpuoleisilla ja riittävän kosteilla rinteillä sekä pienialaisina vesistöjen ja lähteiköiden läheisyydessä. Pensaskerros on epäyhtenäinen, yleisin laji on kataja. Varvuista vain mustikka esiintyy mainittavammin. Heinistä yleisimpiä ovat metsälauha ja lampaannata, ruohoista metsäkurjenpolvi ja ruohokanukka. Pohjakerroksen valtalaji on kerrossammal. Jäkälä ei juuri esiinny. Puusto on tunturikoivikoksi järeää, valtaläpimitta on 10,0 cm, valtapituus 7,3 m ja runkokuun tilavuus keskimäärin 37,0 m³/ha. Kasvutapa on karummista tyypeistä poiketen yksirunkoinen. Rungot ovat yleensä suoria — vain jyrkillä rinteenosilla esiintyy lumen liikkumisen aiheuttamaa tyvimutkaisuutta. Latvuserros on useimmiten täysin sulkeutunut.

Tämän tutkimuksen koeloille lehtomaisia koivikoita osui vain Saanan vyörysorakeilan ja sen edustalla sijaitsevan tasaisemman maastonosan vaihettumisvyöhykkeen seuduille.

CoEMT

Cornus-Empetrum-Myrtillus -tyypin (CoEMT) koivikoita esiintyy Kilpisjärven seudulla laaja-alaisina tuoreilla kasvupaikoilla lähinnä tunturien alarinteillä ja vesistöjen läheisyydessä. Lammasoavilla tyyppiä esiintyy myös, mutta karumpana ja selvästi pienialaisempana.

Variksenmarja ja mustikka ovat vallitsevia varpuja. Kenttäkerroksen tärkeimpiä heiniä ja ruohoja ovat metsälauha, tyyppilaji ruohokanukka sekä kultapiisku. Sammalia on runsaasti, seinä-, kerros- ja kynsisammalten lisäksi erityisesti suojaisilla ja varjoisilla maastonkohdilla kasvaa runsaasti pykäsammalia (*Barbilophozia* spp.). Jäkälistä vain pohjankorvajäkälää ja harmaaporonjäkälää esiintyy mainittavammin. Puuston keskimääräinen kuutiotilavuus on 23,0 m³/ha, koivut kasvavat lehtoja ja lehtomaisia kankaita selvemmin pensastaen ja usein mutkarunkoisina. Valtapituus on myös yli metrin edellistä tyyppiä pienempi.

Hämet-Ahdin (1963a) mukaan CoEMT on nimenomaan mereinen tyyppi, jonka varsinaisen esiintymisalueen itäraja Luoteis-Enontekiöllä noudattelee varsin hyvin Ala-Kilpisjärven eteläpuolella olevaa jyrkkää mantereisuus-mereisyys -rajaa. Tämän työn tulokset tukevat em. havaintoa kohtalaisen hyvin.

sEMT

Subalpiininen *Empetrum-Myrtillus* -tyyppi (sEMT) on sekä Kilpisjärven että Lammasoavin seuduilla yleinen ja laaja-alainen. Se edustaa lähinnä mesofiilistä kasvillisuutta, kasvupaikkaluokituksen termi ”kuivahko kangas” sopii tyyppille hyvin. Hämet-Ahti (1963a) on määritellyt sEMT:n mantereisiin, subalpiinisiin koivumetsiin kuuluvaksi.

Varvusto on hyvin kehittyntä ja usein fertiiliä, kuivemmillä paikoilla tuuhein varvikko keskittyy koivupensaiden tyville. Valtalajeja ovat mustikka, variksenmarja, kerros-, seinä- ja kynsisammaleet sekä metsä-

Taulukko 1. Puustotunnukset ja lajisto eri metsä- ja kasvupaikkatyypeillä. Lajit on järjestetty keskimääräisen runsauden mukaan.

Table 1. The stand characteristics and floral composition on the different forest types and site classes. Species are sorted by the cover mean values.

	\bar{X}	VySo	Lehtom.	CoEMT	sEMT	sELiPIT	sELiT	Palj.
Runkoluku kpl/ha Number of stems/ha	397	136	397	549	517	221	157	—
Valtapiitus Dominant height	5,2	3,9	7,3	6,1	5,4	4,0	3,3	—
Runkopuun tilavuus m ³ /ha Stem volume m ³ /ha	16,9	4,0	37,0	23,0	18,3	6,3	3,4	—
Laji Species	\bar{X}							
<i>Empetrum hermaphroditum</i>	17,9	15	+	12	23	23	23	22
<i>Pleurozium schreberi</i>	16,1	+	1	29	31	23	+	1
<i>Barbilophozia</i> spp.	8,0	+	2	13	15	9	3	2
<i>Hylocomium splendens</i>	6,3	2	7	11	11	4	+	+
<i>Betula nana</i>	4,8	11	2	1	4	5	4	11
<i>Juniperus communis</i>	3,7	15	6	2	3	1	.	.
<i>Vaccinium myrtillus</i>	3,4	+	2	6	5	3	3	1
<i>Dicranum fuscescens</i>	3,3	+	+	3	3	15	5	5
<i>Vaccinium vitis-idaea</i>	2,9	2	+	2	4	4	3	4
<i>Deschampsia flexuosa</i>	2,7	.	7	5	3	1	+	+
<i>Vaccinium uliginosum</i>	2,7	3	2	3	3	+	2	3
<i>Stereocaulon</i> spp.	2,5	+	.	.	+	2	8	12
<i>Festuca ovina</i>	1,9	4	6	3	1	1	+	1
<i>Linnaea borealis</i>	1,4	+	4	3	1	1	+	+
<i>Ptilidium ciliare</i>	1,2	+	.	+	+	1	2	8
<i>Cladonia mitis</i>	1,2	+	+	+	1	7	3	2
<i>Polytrichum commune</i>	0,8	.	1	1	2	+	+	+
<i>Cornus suecica</i>	0,8	.	1	3	+	1	.	.
<i>Phyllococe caerulea</i>	0,7	+	1	1	1	.	+	2
<i>Dicranum scoparium</i>	0,7	+	1	1	1	3	1	+
<i>Nephroma arcticum</i>	0,7	.	.	+	1	1	1	1
<i>Polytrichum juniperinum</i>	0,7	+	1	+	1	3	1	+
<i>Cladonia uncialis</i>	0,6	+	.	+	+	2	2	1
<i>Arctostaphylos uva-ursi</i>	0,5	5	.	.	.	.	.	.
<i>Dicranum elongatum</i>	0,5	+	.	.	+	1	1	2
<i>Betula tortuosa</i>	0,4	.	+	+	+	.	1	.
<i>Cladonia rangiferina</i>	0,4	+	+	+	1	1	1	+
<i>Brachythecium reflexum</i>	0,4	+	1	2	+	.	.	.
<i>Chandonanthus setiformis</i>	0,4	.	.	.	+	+	2	+
<i>Cladonia cracilis</i>	0,4	+	+	+	+	1	1	1
<i>Salix glauca</i>	0,3	+	+	+	1	2	.	+
<i>Pohlia nutans</i>	0,3	+	1	+	+	+	+	+
<i>Lycopodium annotinum</i>	0,3	+	+	+	1	.	+	+
<i>Cetraria nivalis</i>	0,3	+	.	.	.	.	1	1
<i>Carex vaginata</i>	0,3	1	+	+	+	+	.	.
<i>Calamagrostis lapponica</i>	0,3	+	.	+	+	1	+	1
<i>Solidago virgaurea</i>	0,3	+	1	+	+	+	+	+
<i>Trientalis europaea</i>	0,2	+	1	1	+	+	+	+
<i>Arctostaphylos alpina</i>	0,2	+	.	.	.	.	1	1
<i>Orthocaulis attenuatus</i>	0,2	+	+	+	+	+	1	+
<i>Hepaticae</i> spp.	0,2	+	+	+	+	+	1	+
<i>Polytrichum piliferum</i>	0,2	+	.	.	.	2	1	+
<i>Geranium sylvaticum</i>	0,2	.	2	+	+	.	.	.
<i>Ochrolechia frigida</i>	0,2	.	.	.	+	+	+	1
<i>Carex rupestris</i>	0,1	1	.	.	.	.	.	.
<i>Salix xerophila</i>	0,1	.	.	+	+	.	+	.
<i>Sphaerophorus globosus</i>	0,1	.	.	.	.	+	+	1
<i>Legidea granulosa</i>	0,1	+	.	.	+	.	+	1
<i>Cetraria islandica</i>	0,1	+	+	+	+	+	+	+
<i>Peltigera aphthosa</i>	0,1	+	+	+	+	+	+	+
<i>Cladonia pleurota</i>	0,1	+	+	+	+	+	+	+
<i>Pedicularis lapponica</i>	0,1	+	+	+	+	.	.	+
<i>Rubus saxatilis</i>	0,1	+	1	.	.	.	.	.
<i>Salix phylicifolia</i>	0,1	+	+	+	+	.	.	.
<i>Brachythecium starkei</i>	0,1	+	+	+	+	.	.	.
<i>Cladonia amaurocraea</i>	0,1	.	.	+	+	+	+	+
<i>Cladonia pyxidata</i>	0,1	+	+	+	+	+	+	+
<i>Cladonia cornuta</i>	0,1	+	+	+	+	+	+	+
Koealojen lukumäärä Number of sample plots		9	7	17	21	3	12	8

lauha. Erityisesti Kilpisjärven seuduilla mereisyyttä luonnehtivat pykäsammalet ovat pohjakerroksessa hyvin yleisiä. Koivikon kuutiotilavuus oli keskimäärin 18,3 m³/ha ja valtapituus 5,4 m. Monirunkoisuus on vallitseva kasvatapa.

sELIT

Subalpiininen *Empetrum-Lichenes* -tyyppi (sELIT) on karujen, mantereisten koivikoiden metsätyyppi. Myös topografialla on selvä vaikutus tällaisen kasvillisuuden esiintymiseen, rinteiden yläosat lähellä puurajaa sekä tuuliset harjanteet ja kumpareet ovat usein sELIT-koivikoita. Pintakasvillisuuden mosaikkimainen rakenne on tyypillistä. Koivupensaiden tyvillä kasvaa varpuja ja sammalia, avoimet kohdat ovat jäkälän vallassa. Puuston valtapituus oli vain 3,3 m ja tilavuus 3,4 m³/ha. Latvuskerros ei sulkeudu.

sELiPIT

Subalpiininen *Empetrum-Lichenes-Pleurozium* -tyyppi (sELiPIT) on Hämet-Ahdin (1963a) mukaan lähellä havumetsävyöhykettä esiintyvä hieman edellistä tuoreempi metsätyyppi. Varsinaisella koivumetsäalueella tällaista kasvillisuutta esiintyy sangen niukasti eikä tässäkään tutkimuksessa määritetty kuin kolme sELiPIT -koivikoksi tulkittua näytealaa.

Vyörysarinteet

Saanan etelälounainen vyörysarinne poikkeaa sekä maaperän että pienilmastonsa puolesta muusta tutkimusalueesta hyvin jyr-

kästi. Kivennäismaa koostuu yläpuolisesta jyrkästä pahdasta rapautuneesta hyvin kalkkipitoisesta dolomiittisorasta. Kalkkivaikutuksesta ja rinteiden ekspositiosta johtuen pintakasvillisuus on paikoin hyvin omaleimaista ja monilajista. Katajaa ja vaivaiskoivua on runsaasti. Kenttäkerroksessa esiintyy variksenmarjan, puolukan, juolukan ja kurjenkannan lisäksi runsaasti kissankäpäliä, kissankelloa sekä eräitä harvinaisehkoja kalkkilajeja — lajiversiteetti on muuhun tutkimusalueeseen verrattuna hyvin korkea. Mielinkiintoinen yksityiskohta on metsälauhan täydellinen korvautuminen lampaannadalla, laji ei ilmeisesti siedä korkeaa kalkkipitoisuutta. Pintamaa on rinteiden jyrkkyydestä ja aineksen irtonaisuudesta johtuen helposti liikkuvaa. Paikoitellen on laajoja alueita täysin ilman pintakasvillisuutta.

Lämpöolot ovat rinteelle varsinkin keväisin hyvin äärevät. Lumi sulaa jo varhain, päivisin voi lämpö kohota kesälukemiin mutta öisin voi olla koviakin pakkasia. Kevättalvella sattuu usein pieniä lumivyöryjä (Urho Viik, metsäntutkimuslaitos, suull.). Kenttä- ja pohjakerroksen kasvillisuus ei niistä kärsi, mutta puusto ja pensaat voivat vahingoittua pahoin vyöryn kulkureitillä. Koivikon valtapituus on vain 3,9 m ja runkokuu tilavuus 4,0 m²/ha. Puustokerros on yleensä hyvin aukkoinen ja hajanainen.

Paljakat

Paljakkakoealat on perustettu välittömästi puurajan yläpuolelle. Näillä alueilla tuuli- ja lumiolosuhteet poikkeavat koivumetsävyöhykkeestä, mutta lajisto on silti lähes samanlaista kuin ylimmissä sELIT-koivikoissa. Selvin muutos tapahtuu jäkäläfloorassa, varpujen, ruohojen ja sammalien suhteen ei eroja juuri ole.

4. MAAN KEMIALLISET JA FYSIKAALISET OMINAISUUDET

Alumiini

Alumiini (Al) pitoisuus on jokseenkin tasainen humuskerroksessa eri tyypeillä. Kivennäismaan osalta keskiarvot poikkeavat tilastollisesti merkitsevästi (kuva 2).

Jauhiaisen (1969) ja Sepposen (1985) mukaan alumiinin määrä on korkeimmillaan B-horisontissa. Alumiinin rikastuminen tähän kerrokseen ja väheneminen humuskerroksessa ja A-horisontissa on osoitus tehokkaasta podsoloitumisesta. Humuskerroksen alumiinin suhteellinen vähäisyys ja B-horisontin korkea pitoisuus korkealla sijaitsevilla, karuilla koealoilla voi olla seurausta tehokkaammasta huuhtoutumisprosessista (Sepponen 1985). Lehtomaisten koivikoiden alhaisiin pitoisuuksiin lienee osasy runsaasta puustosta johtuva tehokas haihdutus ja maan vähäisempi happamuus.

Rauta

Raudan (Fe) pitoisuus vaihtelee eri tyypeillä kutakuinkin alumiinin kaltaisesti (kuva 2). Humuskerroksesta mitattu keskiarvo on korkeimmillaan vyörysararinteillä ja alimmillaan sELiPIT:illä. Kivennäismaassa eniten rautaa on sELiPIT:illä ja vähiten lehtomaisissa koivikoissa. Humuksen pitoisuudet eroavat tilastollisesti erittäin merkitsevästi ($F = 12,2^{***}$).

Jauhiainen (1969) on todennut rautakoloidien määrän B-horisontissa olevan alhaisempi paljakoilla kuin tunturikoivikoissa. Tämän tutkimuksen paljakkakoealoilla Fe-pitoisuudet ovat jonkin verran koivikoita korkeammat. Ero ei kuitenkaan ole tilastollisesti merkitsevä.

Kalium

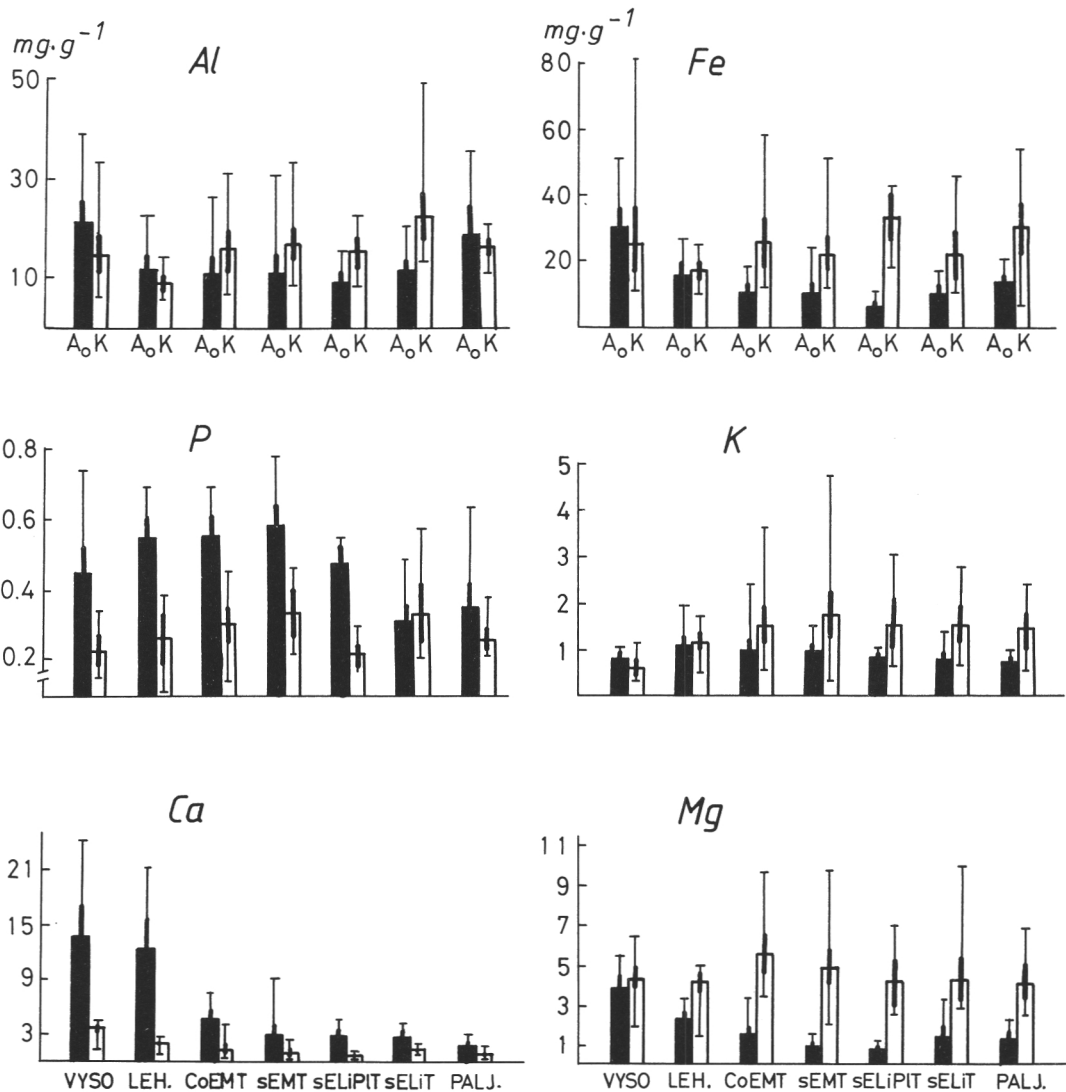
Kaliumpitoisuuden erot eri tyypeillä ovat vähäisiä, tyyppien välinen vaihtelu on kuitenkin tyyppien sisäistä vaihtelua jokseenkin

merkitsevästi suurempi ($F = 2,60^*$ humuksessa, $F = 5,99^*$ kivennäismaassa) (kuva 2). Humuskerroksen korkein keskiarvo on lehtomaisissa koivikoissa ja alin paljakoilla. Kivennäismaiden maksimi- ja minimikeskiarvot ovat vastaavasti sEMT:llä ja vyörysararinteillä.

Urvaksen ja Erviön (1974) mukaan K-pitoisuus lisääntyy boniteetin parantuessa. Humuksen osalta tämä pitääkin paikkansa, puuston tilavuuden ja humuksen kaliumin välinen korrelaatio on tilastollisesti jokseenkin merkitsevä ($r = 0,22^*$). Lyytikäisen (1983) Laanilasta mittaamiin pitoisuuksiin verrattuna tässä saadut arvot ovat selvästi korkeampia. Koska analyysimenetelmä oli sama, johtunee ero todellisista maaperän eroavaisuuksista. Erityisesti Lammasoavin seudun mineraalimaassa kaliumia on runsaasti. Tunturi on muodostunut liuskekivistä, joissa kaliumpitoisuus on korkea (Aaltonen 1940).

Magnesium

Magnesiumin (Mg) pitoisuudessa on tyyppien välinen vaihtelu humuskerroksessa erittäin merkitsevästi tyyppien sisäistä vaihtelua suurempaa ($F = 8,39^{***}$) (kuva 2). Kivennäismaan B-horisontissa ei ole merkitseviä eroja tyyppien välillä. Humuksen korkein arvo on vyörysararinteillä ja alin sELiPIT:illä. Dolomiitin ($\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$) osuus maaperässä on vyörysararinteillä ja lehtomaisissa koivikoissa suurin, näitä tyyppejähän on tutkimusalueilla vain Saanan lounaisrinteellä osin dolomiitista koostuvan pahdan alapuolisilla alueilla. Mg-pitoisuuden vaihtelu humuskerroksessa näyttää korreloivan varsin hyvin koealan sijainnin kanssa. Ylimmillä, lähellä pahtaa olevilla koealoilla pitoisuus on selvästi korkein. B-horisontin muihin tyypeihin verrattuna yllättävän alhaiset Mg-pitoisuudet selittynevät Saanan lounaisrinteen (vyörysora- ja lehtomaiset koealat) maaperän epästabiilisuudella. Näillä alueilla podsoloituminen on hyvin heikkoa. Pintamaa on geologisesti nuorta, ehkä vain joitain vuosi-



Kuva 2. Ravinnepitoisuudet humuskerroksessa (A_0 , tumma pylväs) ja kivennäismaassa (K, vaalea pylväs) eri metsä- ja kasvupaikkatyypeillä. Ohut pystyjana kuvaa vaihteluväliä ja paksu pystyjana keskijointaa. VYSO = vyörysorakeila, LEH. = lehtomaiset koivikot, Palj. = tunturipaljakka; muut tyypit metsätyyppilyhentein.

Fig. 2. The nutrient levels in the humus horizon (A_0 , dark column) and in the mineral soil (K, light column) in different forest site types and site classes in the study areas. The thin vertical lines indicate the range of variation and the thick vertical lines the standard deviation. VYSO = talus, LEH. = herb-rich birch forests, Palj. = bare fell; the other types are denoted using the normal abbreviation of the forest site type.

kymmeniä tai -satoja sitten pahdasta rapautunutta. Stabiilin maaperän omaavilla tyypeillä huuhtoutumisprosessi on edennyt pitemmälle, ja B-horisontin pitoisuudet ovat siten suhteellisen korkeita.

Kalsium

Kalsiumin (Ca) suhteen tyyppien välinen vaihtelu on erittäin merkittävästi tyyppien si-

säistä suurempaa sekä kivennäismaassa ($F = 9,96^{***}$) että humuksessa ($F = 8,84^{***}$) (kuva 2). Korkein keskipitoisuus tavataan lehtomaisissa koivikoissa ja vyörysorarinteillä. sEMT:n, sELiPIT:n, sELiT:n ja paljakoiden välillä ei ole tilastollisesti merkitseviä eroja, CoEMT:n pitoisuus näyttää olevan kylläkin suhteellisen korkea.

Jauhaisen (1969) mukaan vaihtuvan kalsiumin määrä tunturikoivikoissa on humuskerroksessa moninkertainen kivennäismaa-

han verrattuna. Tässä saadut tulokset ovat samansuuntaiset, humuksen pitoisuus on kaikilla tyypeillä kivennäismaata korkeampi.

Verrattaessa pitoisuuksia Lyytikäisen (1983) Laanilan seuduilta samalla menetelmällä saamiin tuloksiin, huomataan arvojen myös maaperältään suhteellisen karulla Lammasoaivin alueella olevan Laanilan kuusi- ja mäntymetsiä selvästi korkeampia. Viron (1955) mukaan lehtikarikkeessa on kalkkia neulaskariketta enemmän, joten ero selittyy tällöin ainakin osaksi pääpuulajeista johtuvaksi.

Fosfori

Fosforin (P) keskimääräisen pitoisuuden vaihtelu on humuskerroksen osalta tyyppien välillä erittäin merkitsevästi ($F = 9,77^{***}$) tyyppien sisäistä suurempaa (kuva 2). Kivennäismaan B-horisontin osalta vastaava ryhmien sisäisen ja välisen vaihtelun ero on myös tilastollisesti merkitsevä ($F = 3,06^{**}$). Humuksen korkein arvo on sEMT:llä ja matalin sELiT:llä. Kivennäismaista eniten fosforia on sEMT:llä ja vähiten vyörysarinteillä ja sELiPIT:llä.

Jauhaisen (1969) mukaan humuskerros sisältää B-horisonttia enemmän fosforia. Tässä työssä saatu tulos on samansuuntainen. Lyytikäinen (1983) on Laanilan seuduilla saanut sekä metsämaan humukselle että kivennäismaan B-horisontin yläosalle kauttaaltaan selvästi pienempiä P-pitoisuuksia samalla analyysimenetelmällä ja -laitteistolla. Syynä lienee kallioperän eroavuudet. Luoteis-Enontekiöllä on Laanilaan verrattuna runsaasti fosforipitoisia liuskekilajeja.

Valmarin (1921) ja Cajanderin (1925) mukaan maaperän P-pitoisuus lisääntyy boniteetin huonontuessa, mutta Urvaksen ja Erviön (1974) tutkimuksista ilmenee, että Etelä- ja Keski-Suomen metsissä fosforipitoisuudet ovat suhteellisen tasaisesti jakautuneet eri metsätyypeillä ja vaihtelu metsätyyppien sisällä on suurta. Tässä saatu tulos on samansuuntainen, puustoisimpien tyyppien keskiarvot eivät juuri poikkea toisistaan. Niukka-puustoisilla ja puuttomilla koealoilla fosforia on humuksessa vähiten. Viron (1955) mukaan koivun lehtikarikkeen fosforipitoisuus on huomattavan korkea, joten puuston määrällä ja humusfosforilla lienee tunturikoivikoissa selvä syy-yhteys. Fosfori on niissä si-

toutuneena biologiseen kiertoon, eikä huuhtoudu yhtä helposti kuin puuttomilla alueilla.

Typpi

Humuksen kokonaistyyppi (N_{tot}) vaihtelee sELiT:n 1,05 %:sta maan kuivapainosta lehtomaisten koivikoiden 1,51 %:iin. Tyyppien välinen vaihtelu on tilastollisesti jokseenkin merkitsevästi tyyppien sisäistä suurempaa — tämä selittyy jälleen puuttomien ja niukka-puustoisten koealojen alhaisilla pitoisuuksilla (kuva 3).

Urvaksen ja Erviön (1974) mukaan Etelä- ja Keski-Suomen metsissä kangashumuksen tyyppipitoisuus vaihtelee CIT:n 0,84 prosentista OMT:n 1,26 prosenttiin. Hinneri (1974) on saanut Kevon seudun tunturikoivikoille keskimääräisen arvon 0,61 %. Teivaisen (1952) tulokset Pisavaaralta vaihtelevat 0,88 prosentista EMT:llä 1,59 prosenttiin GDMT:llä, Pallas-Ounastunturin seudulla vastaavat arvot olivat 0,79 % ja 1,13 %. Lyytikäisen (1983) mukaan Laanilan vaaranrinne metsissä humuksen tyyppipitoisuus vaihtelee ECCIT-koivikon 0,83 prosentista CCIT:n 0,92 prosenttiin.

Tässä työssä saadut pitoisuudet ovat kauttaaltaan edellämäinittuja arvoja korkeampia. Ero selittyy koivumetsien karikkeeseen korkeammalla tyyppipitoisuudella havupuiden neulaskarikkeeseen verrattuna. Aaltosen (1948) mukaan koivun lehtikarikkeessa on enemmän kalsiumia, magnesiumia ja tyyppiä kuin havupuiden karikkeessa.

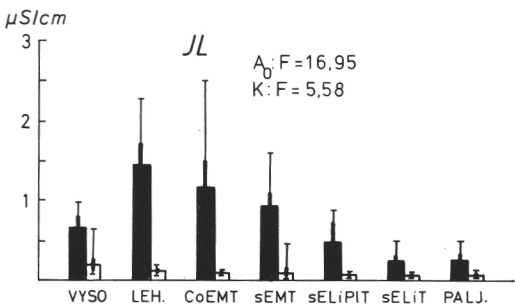
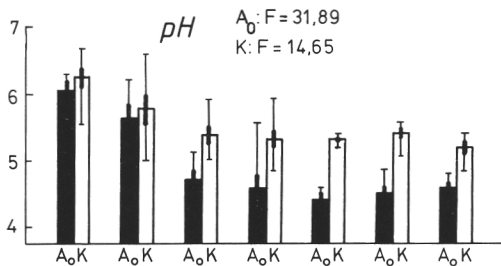
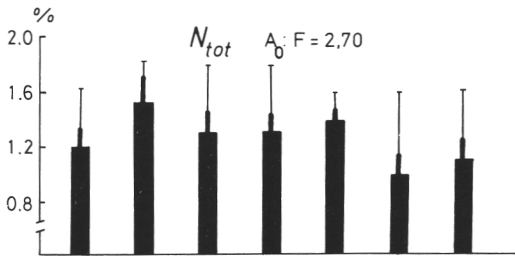
Johtoluku

Maaperän elektrolyyttien kokonaismäärää kuvaava johtoluku on humusuuhteesta mitattuna keskimäärin suurin lehtomaisilla koivikoilla, 14,6 $\mu\text{S}/\text{cm}$, ja pienin sELiT:llä, 2,3 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Kivennäismaiden B-horisontin vastaavat arvot ovat vyörysarinteiden 3,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ja sELiT:n 1,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (kuva 3).

Humuskerroksesta mitattu johtoluku korreloi puuston tilavuuden kanssa erittäin merkitsevästi ($r = 0,56^{***}$), ja se näyttääkin olevan tässä aineistossa selvän kasvupaikan tuotoskyvyn indikaattori.

pH

pH -arvojen tyyppikohtaisten keskiarvojen jakauma vastaa sangen hyvin kivennäismaan ja humuskerroksen kalsiumin ja humuskerroksen raudan ja alumiinin jakaumia (kuva 3). Selvin korrelaatio on humuskalsiumin ja humuksen pH:n välillä, $r = 0,85^{***}$. Vastaa- vat arvot humuksen pH:lle ja humusraudalle ja humusmagnesiumille ovat $0,63^{***}$ ja $0,74^{***}$. Kivennäismaan B-horisontin rauta- ja alumiinipitoisuuksien sekä humuksen



Kuva 3. Humuskerroksen (A_0) keskimääräinen tyyppi- toisuus sekä humuskerroksen ja kivennäismaan (K) keskimääräinen johtoluku ja pH-arvo eri metsä- ja kasvupaikkatyypeillä. Merkinnot kuten kuvassa 2.

Fig. 3. The mean total nitrogen content of the humus horizon (A) and the mean electrical conductivity and pH of of the humus layer and mineral soil (K) in different forest site types and site classes. See Fig. 2 for explanation of symbols.

pH:n välillä on sensijaan negatiivinen korre- laatio (Fe: $r = -0,32^{***}$, Al: $r = -0,38^{***}$). Havaksen (1977) mukaan alumiinin, man- gaanin ja raudan liukoisuus lisääntyy pH:n aletessa, tällöin näiden aineiden huuhtoutu- minen ja rikastuminen B-horisonttiin on tehokkaampaa. Myös fosfori käyttäytyy sa- moin sitoutuessaan alhaisessa pH:ssa alumii- nin ja raudan kanssa, korrelaatio humuksen pH:n ja B-horisontin fosforin välillä on negatiivinen ($r = -0,36^{***}$).

Tyyppien välinen vaihtelu on sekä kiven- näismaassa että humuskerroksessa erittäin merkitsevästi tyyppien sisäistä suurempaa. Humuksesta mitatut arvot näyttävät eroavan kivennäismaan arvoja selkeämmin toisistaan eri tyyppien välillä. On kylläkin huomattava, että tässä tapauksessa F-testisuureen korkeat arvot johtuvat pääosin vyörysaranteiden ja lehtomaisten koivikoiden poikkeamisesta muusta aineistosta — varsinaisten tutkimus- alueella vallitsevien koivumetsätyyppien välillä ei ole juuri eroja. Tämä pätee useimmille muillekin maatunnuksille.

Korkein pH -arvo on Saanan vyörysora- rinteillä, kivennäismaassa 6,2 ja humuksessa 6,0. Happaminta on humuksessa sELIPIT:llä, pH = 4,4 ja kivennäismaassa paljakoilla ja sEMT:llä, pH = 5,3.

Hinnerin (1974) mukaan Kevon koivikoi- den pH on humuskerroksessa keskimäärin 4,8 ja B-horisontissa 5,2. Sonessonin ja Lundbergin (1974) mittaamat arvot vaihtelevat humuksessa 4,1—4,8 ja kivennäismaassa 5,0—5,3. Jauhiainen (1969) ilmoittaa tutki- miensa subalpiinisten koivikoiden pH:ksi humuksessa 4,3, ja B-horisontissa 5,0. Arvot vastaavat kohtalaisen hyvin tämän tutkimuk- sen tuloksia, jos lehtomaisten koivikoiden ja vyörysaranteiden korkeita arvoja ei oteta huomioon. Näillä alueilla emäksinen kallioperä aikaansaa selvästi muista koivikkoty- peistä poikkeavat, korkeammat pH-arvot.

Tulosten mukaan humuskerroksesta mita- tut maatunnukset näyttävät indikoivan B-ho- risontin tunnuksia paremmin metsä- ja kas- vupaikkatyypin eroja. Pääosa pintakasvil- lisuuden juuristosta sijaitsee humuskerrok- sessa, myöskään koivujen juuret eivät koe- kuopista tehtyjen silmämääräisten havainto- jen mukaan näytä juuri ulottuvan 10—15 cm:ä syvemmälle kivennäismaahan.

Taulukko 2. Kivisyys metsä- ja kasvupaikkatyypeittäin. I = vähä kivinen, II = kohtalaisen kivinen, III = runsaskivinen (Ks. Viro 1952).

Table 2. The degree of stoniness by forest site type and site class. I = low stoniness, II = medium stoniness, III = high stoniness (see Viro 1952).

		VySo	Lehtom.	CoEMT	sEMT	sELiPIT	sELiT	Palj.	Yht. — Total
I	n	0	0	1	1	1	0	1	4
	%	0	0	6	4	33	0	12	5
II	n	0	2	4	10	0	3	1	20
	%	0	29	24	48	0	46	12	26
III	n	9	5	12	10	2	9	6	53
	%	100	71	70	48	67	54	76	69
Yht. Total	n	9	7	17	21	3	12	8	77
	%	100	100	100	100	100	100	100	100

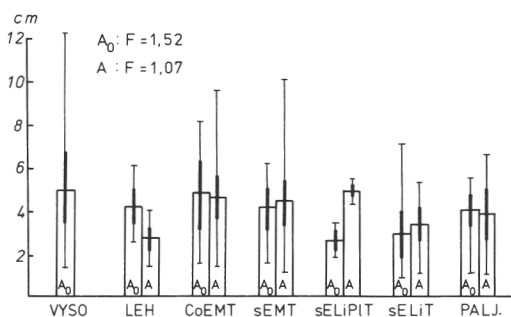
Kivisyys

Kivisimpiä ovat Saanan vyörysaranteet sekä näiden rinteiden alaosassa sijaitsevat lehtomaiset koivikot (taulukko 2). Maaperä on noilla alueilla Saanan pystypahdasta irronnutta postglasiaalista karkeahkoa soraa, lajittunutta ainesta ei maaperässä juuri ole. Muilla tyypeillä ei juuri ole kivisyyden suhteen keskinäisiä eroja, sEMT:llä kivisyysluokkaa III on hieman muita vähemmän. Aineiston pienuudesta johtuen ei tyyppikohtaisista kivisyyseroista voi tehdä kovin pitkälle meneviä johtopäätöksiä.

Humuksen paksuus

Humuskerros on tutkimusalueella paksuin vyörysaranteilla (5,2 cm) ja ohuin sELiPIT:llä (2,8 cm) (kuva 4). Myös CoEMT-koivikoissa humuskerros on suhteellisen paksu, 4,8 cm. Vyörysaranteilla vaihtelu on suurta — paikoin humuskerros puuttuu kokonaan, mutta kosteammilla kohdilla se voi olla huomattavan vahva.

Hinneri (1974) on mitannut Kevon seudun koivikoille humuksen keskimääräiseksi paksuudeksi 6,0 cm. Sonessonin ja Lundbergin (1974) Torniojärven ympäristöstä saamat arvot vaihtelevat 4,0—16,4 cm. Teivaisen (1952) mukaan Pisavaaran rinteillä paksuus vaihtelee 3,6—9,5 cm ja Pallas-Ounastunturilla 4,1—10,0 cm. Hämet-Ahdin (1963a) aineistossa paksuus vaihtelee lehtomaisten koivikoiden 3,1 cm:stä sELiT:n 2,7 cm:iin. Jauhainen (1969) on mitannut subalpiinisten koivikoiden keskimääräiseksi humuksen paksuudeksi 5,1 cm. Tässä tutkimuksessa saadut



Kuva 4. Humuskerroksen (A_0) ja huuhtoutumiskerroksen (A) paksuus eri metsä- ja kasvupaikkatyypeillä. Merkinnot kuten kuvassa 2.

Fig. 4. The thickness of the humus layer (A_0) and the leached mineral soil layer (A) in different forest site types and site classes. See Fig. 2 for explanation of symbols.

tulokset noudattelevat kohtalaisen hyvin aiemmin tunturikoivikoista saatuja mittauservoja. Tyyppien sisäinen hajonta on kuitenkin suurta, eikä tyyppikohtaisista eroista voida vetää mitään erityisiä johtopäätöksiä.

A-horisontin paksuus

A-horisontin paksuus oli suurin sELiPIT:llä (5,0 cm) ja pienin lehtomaisissa koivikoissa (3,0 cm) (kuva 4). Tyyppien välinen vaihtelu ei kuitenkaan ollut tilastollisesti merkitsevästi tyyppien sisäistä suurempaa.

Aaltosen (1941) mukaan pintamaan hienojen lajitteiden määrän ja huuhtoutumiskerroksen paksuuden välillä on positiivinen korrelaatio. Vyörysaranteilla ei maaperän geologisesta nuoruudesta ja ilmeisesti myös kar-

kearakeisuudesta johtuen havaittukaan selvää A-horisonttia lainkaan. Myös tutkimusalueen lehtomaisissa koivikoissa pintamaa oli silmämääräisten havaintojen mukaan suhteellisen karkearakeista. Runsaan puuston aikaansaama tehokas haihdutus vaikuttaa myös osaltaan huuhtoutumisen vähäisyyteen. Myös Okko (1944) on havainnut lehtomaisen kankaan A-horisontin olevan ohuempi kuin HMT:n ja MT:n.

Jauhiainen (1969) on mitannut subalpiinisten koivikoiden A-horisontin paksuudeksi keskimäärin 5,1 cm. Sonessonin ja Lundbergin (1974) Torniojärven ympäristöstä saamat arvot ovat hieman korkeampia, 4,0–10,9 cm. Hinnerin (1974) mukaan Kevolla koivi-

koiden A-horisontin paksuus vaihtelee 2–5 cm:iin. Tässä työssä mitatut arvot ovat jonkin verran edellisiä pienempiä mutta kuitenkin n. 1 cm suurempia kuin Hämet-Ahdin (1963a) saamat tulokset (2,7–3,1 cm). Kokonaisuutena tulokset noudattelevat hyvin aiempia mittauksia.

Aaltosen (1933) mukaan A-horisontti ohenee pohjoiseen päin. Teivainen (1952) on mitannut EMT:n A-horisontin keskimääräiseksi paksuudeksi Pisavaaralla 8,5 cm ja Pallas-Ounastunturilla 7,2 cm. Tässä työssä saatiin Luoteis-Enontekiön sEMT-koivikoille keskiarvo 4,3 cm, joten selvä oheneva suuntaus on havaittavissa.

5. LUMISUUS

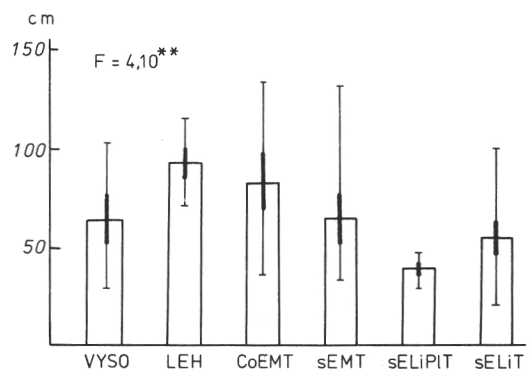
Lumikerroksen paikallinen vahvuus on tunturikoivikoissa tärkeimpiä kasvillisuuden ja puuston rakenteisiin vaikuttavia tekijöitä. Tiheäpuustoisissa painanteissa paksu, suojaava lumikerros edesauttaa rehevän varvuston ja ruohoston syntyä ja selviytymistä, kun taas tuulisilla harjanteilla läpi talven lumetomilla kohdilla menestyvät vain jäkälät, sammaleet ja tietyt kylmyyttä ja kuivumista sietävät varvut.

Parmelia olivacea -epifyyttijäkälän alimasta kasvupaikasta koivunrungolla mitattu lumiraja korreloi tässä tutkimuksessa vahvasti puuston tilavuuden kanssa ($r = 0,60^{***}$). Runsaspuustoisille kohdille kasautuu helposti tuulen tuomaa lunta, ilmenee ns. ”lumiaitavaikutus”. Tosin runsaslumisilla kohdilla voi myös koivun kasvu olla parempaa. Kullman (1979) on todennut lumenviipymäpaikkojen olevan edullisia koivun sirkkataimen kehitykselle. Myös maaston pien-topografia vaikuttaa — suojaiset painanteet keräävät liikkuvaa lunta mutta ovat samalla kosteus- ja tuuliolosuhteiltaan koivulle edullisia kasvupaikkoja.

Tyyppien välinen vaihtelu oli tyyppien sisäistä tilastollisesti merkitsevästi suurempaa ($F = 5,85^{***}$). Paksuin lumikerros oli lehtomaisissa koivikoissa, 93,3 cm ja ohuin sELiPIT:illä, 39,3 cm (kuva 5).

Hämet-Ahdin (1963a) mittaamat *Parmelia olivacea* -alarajat eri metsätyypeillä vastaavat

hyvin tässä tutkimuksessa saatuja tuloksia. Arvot vaihtelivat CoEMT:n 85,5 cm:stä sELiT:n 44,6 cm:iin. Sonessonin & Lundbergin (1974) mukaan karut, *Empetrum* -tyypin kankaat ovat ohutlumisimpia ja tuoreet *Vaccinium myrtillus* -valtaiset koivumetsät paksulumisimpia. Euroolan ym:n (1980) tulokset tyyppikohtaisista lumensyvyyksistä vastaavat myös kohtalaisesti tämän tutkimuksen tulok-



Kuva 5. *Parmelia olivacea* -epifyyttijäkälän alimman esiintymän korkeuden mukaan määritetty keskimääräinen lumensyvyys eri metsä- ja kasvupaikkatyypeillä. Merkinnät kuten kuvassa 2.

Fig. 5. The mean depth of the snow cover as determined according to the height of the lowest occurrence of the epiphytic lichen, *Parmelia olivacea* in different forest site types and site classes. See Fig. 2 for explanation of symbols.

sia. Runsaspuustoiset koivikot (CoEMT, sEMT ja lehdot) olivat lumisimpia, ja karummat tyypit (sET ja sELiT) vähälumisia.

Lumen keskimääräisellä vahvuudella ja pintakasvillisuuden sekä puuston rakenteella on siis selvä yhteys. Lumen suojaavalla vaikutuksella on tietysti oma merkityksensä, mutta vielä tärkeämpi lienee lumipeitteen kesto-aika: ohutlumisilla paikoilla maa paljastuu jo varhain ja kasvillisuus joutuu alttiiksi kevään ääreille lämpöoloille kovine yöpakkasineen, kun taas myöhemmin paljastuvilla paksulumisilla maastonkohdilla kasvukauden lämpöolot ovat tasaisemmat. Toisaalta jyrkillä rinteillä lumi painaa koivut tyvestään käyräksi ja voi liikkeessaan jopa repiä puita juurineen irti. Myös lumen tiheys on merkittävä

tekijä. Eurolan ym. (1980) mukaan korkeavarpuisilla ja pensaikkaisilla paikoilla lumi on löyhää ja siten eristysominaisuuksiltaan merkittävästi esim. paljakka-alueiden tiivistä lunta parempaa.

Lumen, pintakasvillisuuden rakenteen ja puuston määrän ja laadun välillä on siis selvä vuorovaikutusten verkosto. Puuston hakkuu tai luonnollinen tuhoutuminen voi muuttaa ratkaisevasti kasvupaikan talviolosuhteita ja aiheuttaa siten jopa ns. sekundaarisen paljakan muodostumisen (vrt. mm. Lehtonen 1981). Mahdollisissa poltto- tai kotitarvepuuhakuissa latvuskerros olisi pyrittävä säilyttämään sulkeutuneena ainakin selvästi tuulelle alttiilla ja karuilla kasvupaikoilla.

6. KASVILLISUUDEN ORDINAATIO JA LUOKITTELU

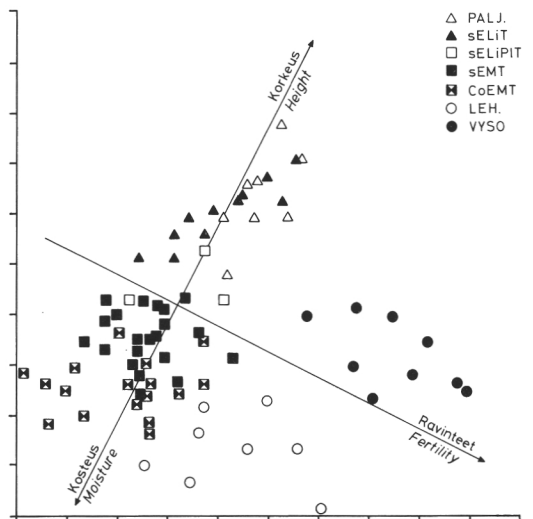
6.1. DCA -ordinaatio

Näytealat

Ordinaatiodiagrammi 1. ja 2. akselille on kuvassa 6. Jokainen kuvan piste vastaa yhtä näytealaa. Pisteiden symbolit kuvaavat maastossa subjektiivisesti määritettyjä metsä- ja kasvillisuustyyppejä. Tyypit on lisäksi rajattu viivoilla omiksi, osittain päällekkäisiksi lohkoiksi.

Vyörysorarinteet ovat selvästi muista tyypeistä erillään kuvan oikeassa laidassa. Tämä tyyppi poikkeaaakin ympäristöolosuhteiltaan muista tunturikoivikoista hyvin jyrkästi. Edullinen ekspositio, runsaskalkkinen maa-perä ja korkea sijainti saavat aikaan erikoislaatuisten pintakasvillisuuden. Lehtomaiset koivikot ovat myös selvästi omana ryhmänään, mutta kuitenkin lähellä CoEMT-koivikoita.

CoEMT, sEMT, sELiPIT, sELiT ja paljakkat muodostavat nousevan ryhmityksen kuvan ylälaitaa kohden. CoEMT ja sEMT ovat osittain päällekkäin. Käytännössä näiden tyyppien välinen raja onkin hyvin liukuva. Erottajana näiden kahden tyyppin välillä käytettiin maastossa lähinnä *Cornus suecican*



Kuva 6. DCA-ordinaatiodiagrammi näytealoille. Tyypit on kuvattu kukin omilla symboleillaan. Kuvaan on piirretty myös eräiden tulkittujen ympäristömuuttujien vaihtelua kuvaavat akselit.

Fig. 6. DCA ordination of the sample plots. The site types are denoted using different symbols. The axes depicting the gradients of some of the environmental variables are also drawn in the figure.

esiintymistä, näytealojen järjestys DCA:n akseleilla taas määräytyy niiden koko lajiston rakenteen perusteella.

sELiPIT -näytealat asettuvat sEMT:n ja paljakoiden sekä sELiT:n väliin. Tyyppi on tutkimusalueella merkitykseltään vähäinen, lähinnä sEMT:n ja sELiT:n välistä vaihteluvyöhykettä edustava. Hämet-Ahdin (1963a) mukaan sELiPIT:iä tavataankin enimmäkseen vain havumetsävyöhykkeen läheisyydessä suhteellisen mantereisilla alueilla.

Paljakat ja sELiT ovat selvästi erillään sEMT-näytealoista. Sammal- ja varpuvaltaisten koivikoiden ero runsasjäkäläisestä sELiT:stä onkin varsin jyrkkä, tyypit eivät ole kuviossa lainkaan päällekkäin sEMT:n ja CoEMT:n tavoin. Paljakat ja sELiT taas asettuvat 2-ulotteisessa ordinaatiossa päällekkäin. Käytännössä tunturirinteiden usein selviä deflaatiopintoja sisältävät sELiT-koivikot eivät eroa pintakasvillisuudeltaan juuri lainkaan alimmista paljakan varpukankaista.

Diagrammiin on myös piirretty tulkitut ympäristömuuttujien päävaihtelusuunnat. Korkealla sijaitsevat, karut näytealat ovat sijoittuneet kuvan yläosiin ja rinteiden alaosien tuoreat alat taas painottuvat alhaalle. Kosteus-korkeus -akseli on siten piirretty viistosti alavasemmalta ylös oikealle. Koska ravinteiset tyypit, lehdot ja vyörysarinteet sijaitsevat kuvassa alhaalla ja oikealla, on ravinteisuusakseli piirretty kohtisuoraan korkeus-kosteus -akselia vastaan.

Analyysin tulos tukee Hämet-Ahdin (1963a) luomaa tyyppisarjaa, samaan tyyppiin määritetyt näytealat ovat selvästi koossa ilmentäen kasvillisuuden todellista homogeenisuutta ryhmien sisällä. Tyyppien suhteet maan ravinteisuuteen ja kompleksiseen korkeus-kosteus -gradienttiin käyvät kuvasta hyvin selville.

Kärenlampi (1972) on analysoinut Kevon koivu- ja mäntymetsien kasvillisuutta faktorianalyysin avulla. Tuloksena saatiin kolme faktoria, koivumetsä-, paljakka- ja mäntyfaktori. Aineiston ja menetelmien eroista johtuen tulos ei ole suoraan tähän tutkimukseen verrattavissa, mutta 1. faktori oli kuitenkin DCA:n 2. akselin tavoin osittain selitettävissä kosteusgradientilla. Myös paljakkakan- kaiden ja ylimpien, harvojen koivumetsien ero oli tutkimuksen mukaan vähäinen.

Lajit

DCA:n lajiordinaatiodiagrammi akseleille 1. ja 2. on kuvassa 7. Kuvan yläosaan keskittyvät sELiT:lle ja paljakalle tyypilliset lajit. Äärimmäisenä ylhäällä on *Diapensia lapponica*, joka edustaa jo varsinaista alpiinista floora. Diagrammin yläosan lajit ovat lähes kaikki jäkäläitä, uuvan lisäksi vain maksasammal *Chandonanthus setiformis*, *Dicranum elongatum*, *Carex bigelowii* ja *Juncus trifidus* edustavat muita ryhmiä. *Rubus chamaemorus* on sijoittunut lähelle paljakkalajeja eikä kuvan alaosaan kosteusgradientin ääripäähän kuten olettaa saattaisi. Kyseessä on tyypillinen aineiston pienuudesta ja pienestä näytealakoosta johtuva ilmiö — kasvia esiintyi Lammasoivien rinteillä korkeilla ja karuilla paikoilla satunnaisesti pienissä kosteissa painanteissa.

Kuvan keskivaiheille ovat sijoittuneet indifferentit sekä sEMT- ja CoEMT-koivikoille tyypilliset lajit. Ryhmä käsittää lähes yksinomaan varpuja, jäkäläitä ja sammalia. Ruohoja, heiniä ja saroja ei tässä joukossa ole, *Deschampsia flexuosakin* on sijoittunut korkeus-kosteus -gradientille suhteellisen alas. *Betula tortuosa* on tiukasti kuvan vasemmassa laidassa. Kyseessä ovat kenttä- ja pensas-kerroksessa satunnaisesti esiintyneet koivun- taimet, joiden suhteista akseleihin ei muutama esiintymisen perusteella kuitenkaan voi tehdä johtopäätöksiä.

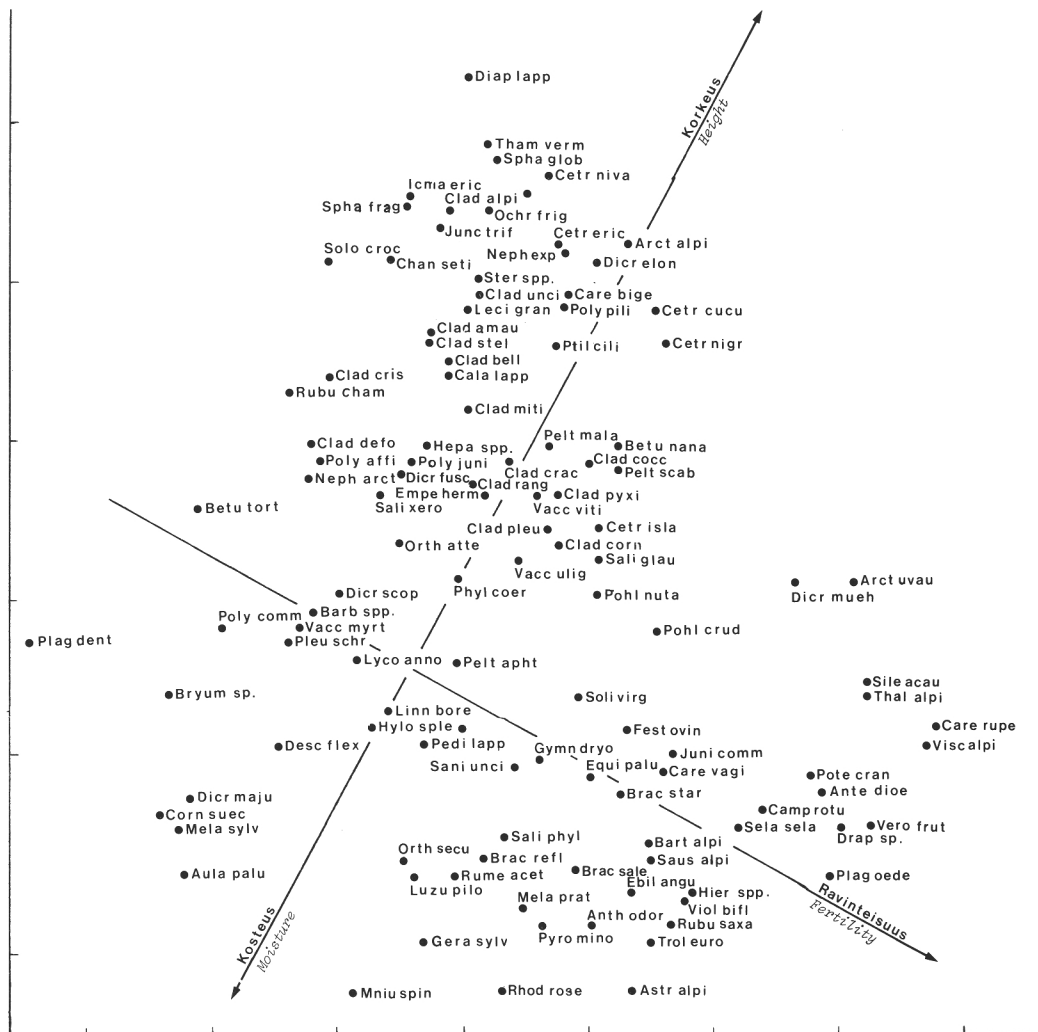
Kuvan vasempaan alalaitaan keskittyvät tuoreiden koivumetsien lajit kuten *Dicranum majus*, *Plagiothecium denticulatum*, *Melampyrum sylvaticum* ja CoEMT:n tyyppilaji *Cornus suecica*.

Alhaalla keskellä on selvä lehtomaisten koivikoiden lajiryhmä. Siihen kuuluvat mm. *Trollius europaeus*, *Geranium sylvaticum*, *Viola biflora*, *Rubus saxatilis*, *Anthoxanthum odoratum* ja *Rhodobryum roseum*.

Alhaalla oikealla on Saanan vyörysarinteiden emäksisellä maaperällä viihtyviä lajeja kuten *Dicranum muehlenbeckii*, *Silene acaulis*, *Potentilla cranzii* ja *Veronica fruticans*.

Lehtomaisten koivikoiden ja vyörysarinteiden lajiryhmien välille sijoittuvat mm. *Juniperus communis*, *Carex vaginata* ja *Festuca ovina*. Nämä lajit esiintyvät tässä aineistolla useilla kasvillisuustyypeillä, mutta näyttävät kuitenkin suosivan kohtalaisen ravinteista ja emäksistä kasvualustaa.

Kuvasta voi poimia eräitä mielenkiintoisia yksityiskohtia. *Hylocomium splendens* sijait-



Kuva 7. DCA-ordinaatio lajeille.
 Fig. 7. DCA ordination of the plant species.

see tulkitulla ravinteisuusakselilla selvästi *Pleurozium schreberin* oikealla (ravinteisemalla) puolella. Samoin *Melampyrum pratense* näyttää suosivan ravinteisempia kasvupaikkoja kuin *M. sylvaticum*. *Dicranum majus* on kosteus-korkeus -gradientin kosteassa päässä, *D. scoparium* ja *D. fuscescens* keskivaiheilla ja kuivia ja korkeita kasvupaikkoja taas suosii *D. elongatum*. Kasvupaikan ravinteisuuden suhteen näiden neljän lajin ekologiassa ei näyttäisi olevan eroja. Maksasammalista *Chandonanthus setiformis* on korkeiden ja karujen kasvupaikkojen laji, kun taas *Barbilophoziat* näyttävät olevan mesofiilejä ja

tässä aineistossa esiintymiseltään hyvin vahvasti *Dicranum scopariumin*, *Vaccinium myrtilluksen* ja *Pleurozium schreberin* kaltaisia. *Polytrichum*-lajeista *P. commune* on gradientin kosteahkossa päässä, *P. juniperinum* suosii selvästi kuivempia ja korkeampia alueita ja kaikkein karuimpien kasvupaikkojen karhunsammal on *P. piliferum*.

Kärenlampi ja Kauhanen (1972) ovat tutkineet Kevon IBP-koealojen kasvillisuutta suoralla gradienttianalysillä. Tässä menetelmässä akselit määräytyvät mitattujen ympäristömuuttujien mukaan. Lajit ja näytealat sijoittuvat korkeuden ja kosteuden mukaan

2-ulotteiseen koordinaatistoon. Vaikka menetelmä poikkeakin tässä käytetystä epäsuorasta gradienttianalyysistä (ks. Whittaker 1967) on yleisimpien lajien suhde korkeusakseliin verrattavissa tässä työssä tulkittuun korkeus-kosteus -akseliin. Erityisesti korkeusgradientin yläpään lajien sijainti vastaa hyvin tämän tutkimuksen tuloksia.

611. Vaihtelusuuntien numeerinen tulkinta

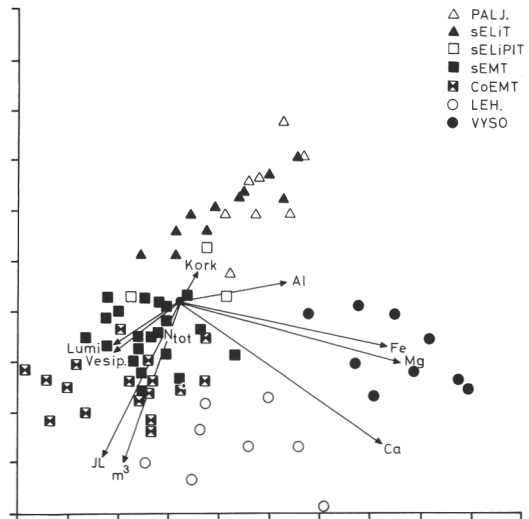
Ordinaatioanalyysien tulkinnessa usein ongelmallisin vaihe on muodostettujen akselien tulkinta ja nimeäminen. Eräät aiemmin käytetyt menetelmät kuten faktori- ja pääkomponenttianalyysi sekä polaarior dinaatio ovat erityisesti laajaa vaihtelua omaavissa aineistoissa kyvyttömiä käsittelemään epälineaarisia laji-ympäristö -suhteita. Tämän seurauksena ordinaation 2. akseli on usein vääristynyt ja vaikeasti tulkittava (Noy-Meir & Whittaker 1978). Tässä käytetty menetelmä, DCA, on kehitetty erityisesti pitkiä gradientteja sisältävien aineistojen analysointiin. Tuotetut akselit ovat sekä lineaarisesti että epälineaarisesti toisistaan riippumattomia. Tyypillisen ominaisarvomenetelmän tavoin akselien suunta määräytyy kuitenkin laji- ja näyteala-avaruudessa maksimaalisen varianssin mukaan, joka ei välttämättä ole akselien ekologisen tulkin kannalta mielekäästä. Käytännön analyyseissä DCA:lla saadut tulokset ovat vaihtelevia (ks. mm. Oksanen 1983), perimmäinen ongelma akselien tulkinnasta ympäristömuuttujien avulla on edelleen jäljellä ja tämä sangen keskeinen vaihe kaipaakin objektiivisten metodien kehittelyä.

Hybridiordinaatio on menetelmä, jolla mitatut ympäristömuuttujat, puustotunnukset yms. saadaan kuvattua pisteinä kasvillisuusaineiston pohjalta muodostetussa ordinaatiokuvassa. Tällöin kasvillisuusmatriisin sisältämä informaatio määrää ordinaatiokuvan primäärisen rakenteen ja ympäristömuuttujan pisteen sijainti kuvaa muuttujan suhdetta ordinaatioanalyysin esiintuomiin aineiston päävaihtelusuuntiin. Tulos selkeyttää huomattavasti varsinaisen kasvillisuusordinaation akselien tulkintaa, ja ennenkaikkea antaa mittaustuloksiin perustuvan, objektiivisen tuen tälle työvaiheelle.

Kuvassa 8 on eräiden keskeisten puusto-

tunnusten ja ympäristömuuttujien sekä kasvillisuusnäytealojen hybridiordinaatiogrammi. Kuvan keskellä on ordinaatiokuvan aritmeettinen keskipiste. Kustakin muuttujasta on piirretty viiva tähän pisteeseen. Tulokinnan kannalta oleellisia suureita ovat muuttujapisteeseen suunta ja suhteellinen etäisyys keskipisteeseen nähden. Näytealapisteyden ja muuttujapisteiden etäisyydet riippuvat käytetystä muuttujapisteiden etäisyyksien skaalauksesta keskipisteeseen nähden eivätkä siten ole merkityksellisiä.

Humuskerroksen Fe-, Mg-, Ca- ja Al-pitoisuudet painottuvat vyöryrsoranteiden suuntaan. Puuston tilavuutta ja humuksen johtolukua kuvaavat pisteet sijoittuvat samalle suunnalle ja suhteelliselle etäisyydelle kuvan alaosaan. Nämä muuttujat saavat korkeimmat arvonsa lehtomaisissa koivikoissa ja CoEMT:llä. Humuksen elektrolyyttien kokonaismäärää karkeasti kuvaava johtoluku näyttää tämänkin analyysin tuloksena selittävän hyvin koivikon tiheyttä ja runkopuun tilavuutta. Humuksen vesipitoisuus on kylläkin mittaussajankohdasta ja sen sääoloista vahvasti riippuva suure, mutta tässä aineistossa



Kuva 8. Hybridiordinaatio. Keskipisteestä lähtevien janojen päätepisteet kuvaavat ympäristömuuttujia. Ravinteet on mitattu humuskerroksesta.

Fig. 8. Hybrid ordination. The end points of lines emanating from the central point depict the environmental variables. The nutrients refer to values for the humus layer.

se näyttäisi olevan hyvä kasvupaikan kosteusolojen kuvaaja. Näytteiden keruujaksiksi sattui pitkiä yhtenäisiä poutajaksoja, joten humuksen aktuaalinen vesipitoisuus toimii myös kasvupaikan pitkäaikaiskeskiarvoa heijastavana tunnuksena. Humuksen vesipitoisuuden muuttujapiste on korkeuteen nähden vastakaisella suunnalla, eli alarinteet ovat keskimäärin ylärinteitä kosteampia. Lumisuutta kuvaava piste on hyvin lähellä edellistä muuttujapistettä — paljakoiden puuttuvat arvot kylläkin vääristävät tulosta.

Kokonaisuutena tulos vahvistaa jo aiemmin saatua tulosta ordinaatiokuvan akseleiden tulkinnassa. Humuksen vesipitoisuuden ja korkeuden muuttujapisteet sopivat hyvin alavasemmalta yläoikealle suuntautuvan korkeus-kosteus -akselin suuntaan. Myös eräiden ravinteiden, erityisesti kalsiumin lisääntyminen kuviossa alaviistoon vasemmalle on selvää ja tältä osin tulos vahvistaa aiemmin tulkittun ravinteisuusakselin määrittystä.

Hybridiodinaatio näyttää tässä aineistossa toimivan hyvin, tulos on kohtalaisen selkeä ja yksiselitteinen. Malli ei tietystikään ole tilastollisesti testattavissa eikä missään tapauksessa eksakti. Keskilukujen käyttäminen edellyttää tutkittavilta muuttujilta normaalia jakaumaa, jotta tulos olisi mielekäs. Lajien runsauksien suhde ympäristömuuttujiin on epälineaarinen ja usein ei-monotoninen (Austin 1976, Fewster ja Orloci 1983), joten tulos varsinkin pienellä ja lyhyitä gradientteja sisältävällä aineistolla voi olla harhainen.

Menetelmän käyttökelpoisuutta akselien tulkinnan apuvälineenä ei voi arvioida laajemmin yhden analyysin perusteella. Jos kuitenkin kasvillisuusordinaatiodiagrammi on helposti tulkittavissa ja aineistossa on selkeitä gradientteja, on hybridiodinaatio käyttökelpoinen menetelmä kasvillisuuden rakenteiden ja ympäristömuuttujien suhteiden selvittelyyn ja havainnollistamiseen.

Taulukossa 3 on verrattu DCA:n akselien pistearvoja eräisiin ympäristömuuttujiin Spearmanin järjestyskorrelaatioanalyysillä. Tulos on samankaltainen hybridiodinaation kanssa: 1. akseli heijastaa selvästi ravinteisuutta ja 2. kosteutta ja korkeutta. DCA:n kolmatta akselia ei tässä tutkimuksessa varsinaisesti tulkittu sen alhaisen ominaisarvon vuoksi, mutta korrelaatioanalyysin tulosten mukaan havaintoyksiköiden järjestys tällä akselilla viittaa tutkimusalueiden (Kilpisjärven ja Lammasoavin) välisiin eroihin. Kivennäismaan kaliumpitoisuudet olivat kor-

Taulukko 3. DCA:n akselien ja eräiden ympäristömuuttujien väliset Spearmanin järjestyskorrelaatiot.
Table 3. Spearman rank correlations between the DCA axes and certain environmental factors.

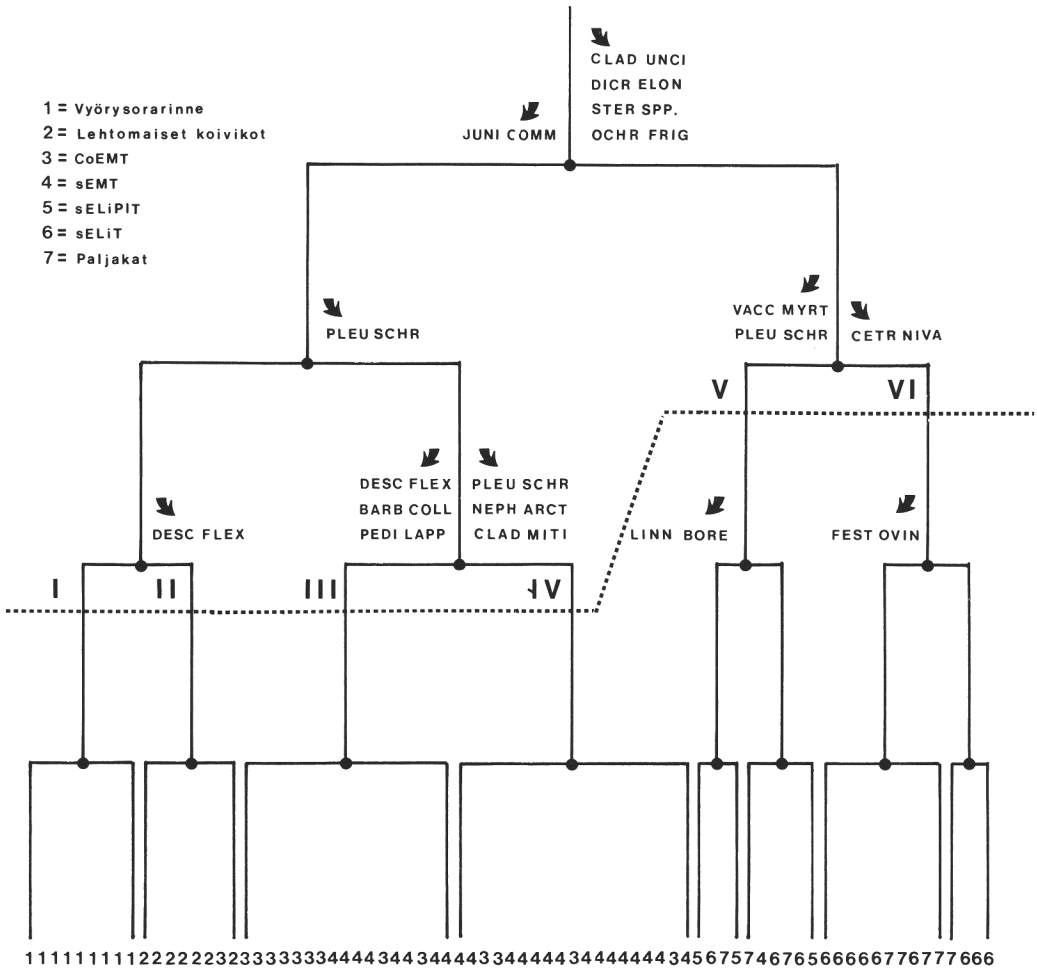
	DCA 1	DCA 2	DCA 3
Vesipitoisuus	humus	-0,251	
<i>Water content</i>			
Johtoluku	—”—	-0,754	
<i>Electrical conductivity</i>			
<i>index</i>			
pH	—”—	-0,574	0,314
N	—”—	-0,332	
K	—”—	-0,538	
P	—”—	-0,537	
Ca	—”—	-0,533	0,409
Mg	—”—	-0,601	
pH	B-hor.		0,475
K	—”—		-0,642
Ca	—”—	-0,341	
Mg	—”—		-0,514
Al	—”—	-0,580	
Korkeus mpy.			0,449
<i>Altitude</i>			
Lumen paksuus		-0,599	0,470
<i>Depth of snow</i>			
Runkoluku			-0,551
<i>Number of stems</i>			
Runkopuun tilavuus		-0,730	
<i>Stem volume</i>			

keimpia Lammasoavilla ja lumi taas paksumpaa Kilpisjärvellä. Näiden muuttujien ja 3. akselin välisten korrelaatiokertoimien itseisarvot ovat korkeita. Myös akselin pistearvojen aluekohtaiset keskiarvot poikkeavat toisistaan erittäin merkittävästi ($t = 7,53^{***}$).

Kilpisjärven ja Lammasoavin väliset pintakasvillisuuden rakenteissa heijastuvat erot ovat siis ainakin varianssia maksimoimalla vaihtelusuuntia etsivän menetelmän mukaan pienempiä kuin koko alueen sisäiset, kompleksisista korkeus-kosteus-ravinteisuus -gradien-teista johtuvat eroavaisuudet. Alueiden kasvillisuuseroja ei tämän aineiston perusteella voida jakaa ilmastosta ja maaperästä johtuviin — molemmat lienevät kuitenkin tärkeitä selittäjiä.

62. TWINSPAN-ryhmittely

Tässä tutkimuksessa kokeiltiin aineiston analysoinnissa useita erilaisia numeerisia luokittelumenetelmiä, mutta TWINSPANin antamat tulokset olivat selkeimmät ja helpoiten tulkittavat.



Kuva 9. TWINSpan-dendrogrammi. Katkoviiva rajaa tulkitut jakotaset. Haarautumiskohtiin on merkitty indikaattorilajit.
 Fig. 9. TWINSpan dendrogram. The dashed line indicates depicted division levels. The indicator species have been marked at the branching points.

Kuvassa 9 on TWINSpan-dendrogrammi kutakin haarautumista indikoivine lajeineen. Tässä käytetyllä kolmen jakotason ratkaisulla saatiin kahdeksan perusryhmää, joista neljä oikeanpuoleisinta on yhdistetty tulkinnan helpottamiseksi kahdeksi yksiköksi. Lopullinen tulkittavien ryhmien lukumäärä on siis kuusi. Kuvioon piirretty katkoviiva ("community level") leikkaa dendrogrammin haaroja kuudessa kohdassa. Alimman jakotason ryhmät voivat TWINSpan-analyysissä joskus olla keinotekoisia (Oksanen ja Vuorinen 1983), joten tällainen subjektiivinen ryhmittelyn muokkaaminen on tietyissä tapauksissa perusteltua. Ryhmät on numeroitu kuviossa roomalaisin numeroin yhdestä kuuteen.

Ensimmäisessä eli dendrogrammissa ylimpänä sijaitsevassa jaossa aineisto on halkaisut kahtia. Vasemmalle puolelle ovat joutuneet Saanan vyörysararinteen näytealat, lehtomaiset koivikot sekä sEMT ja CoEMT. Oikealla puolella ovat karummat sELiPIT- ja sELiT-näytealat sekä paljakat. Vasemman puolen eu- ja mesotrofisia kasvupaikkoja indikoi *Juniperus communis* ja oikean puolen karumpien tyyppien indikaattoreina ovat alapaljakoilla yleiset *Cladonia uncialis*, *Ochrolechia frigida* ja *Dicranum elongatum* sekä sELiT:llä runsaana esiintyvä *Stereocaulon*-lajiryhmä.

Toisessa jaossa on muodostunut edellisen tason puolikkaista neljä ryhmää. Ravinte-

semman vasemman puolikkaan kahtiajaossa erottuvat vasemmalle lehtomaiset koivikot (II) ja vyörysorarinteet (I) selvästi eutrofisena ryhmänä, oikealle taas tuoreiden ja kuivahkojen kankaiden CoEMT- ja sEMT-näytealoja sisältävä mesotrofinen ryhmä. *Pleurozium schreberi* on tulostunut tässä jaossa oikean puolikkaan indikaattoriksi. Ensimmäisen jakotason oikean puolikkaan kahtiajaon vasen osa koostuu karuhkoista, runsassammaleisista sEMT, sELiPIT ja sELiT -näytealoista sekä paljakoista (V). Oikealla on taas karujen, korkealla sijaitsevien runsasjäkälaisten sELiT- ja paljakkänäytealojen ryhmä (VI).

Kolmannessa jaossa kuvan vasemman laidan eutrofinen ryhmä on jakautunut vyörysorarinteisiin ja lehtomaisiin koivikoihin (I, II) ja mesotrofinen ryhmä runsas- ja niukka-ruohoiseen osaan (III, IV).

Ryhmien väliset rajat ovat tietysti keinotekoisia. Muuttamalla analyysin alussa annettuja parametrejä saataisiin jonkin verran poikkeava ryhmitys. Kokonaisuutena näytealaryhmittelyn tulos kuitenkin vahvistaa jo kenttätöissä syntynyttä näkemystä tyyppien eroista ja yhtäläisyyksistä.

CoEMT- ja sEMT-koivumetsiä TWINSPAN ei erottele kovinkaan hyvin. Erityisesti ryhmässä III näitä tyyppiä on jokseenkin yhtä paljon kumpaakin. Verrattaessa ryhmien III ja IV eroja ympäristömuuttujien suhteen, havaittiin ryhmässä III lumen keskimääräiseksi paksuudeksi 93,7 cm ja ryhmässä IV 53,4 cm. Ero on tilastollisesti erittäin merkitsevä ($t = 5,69^{***}$). Ryhmässä III on siis pääosin Kilpisjärven seudulla sijaitsevia paksulumisia näytealoja, kun taas ryhmä IV koostuu enimmäkseen Lammassoavilla sijaitsevista ohutlumisista aloista. Pintamaan ravinteiden ja puustotunnusten suhteen ei tilastollisesti merkitseviä eroja ollut. Ryhmien III ja IV kasvillisuususerot selittyvät siis ainakin osittain lumipeitteen eroilla. Tähän viittaa myös *Vaccinium myrtilluksen* jonkin verran alhaisemmat runsausarvot ryhmässä IV. Havaksen (1978) mukaan erityisesti pohjoisessa Suomessa mustikka kaipaa kunnollista lumisuojausta selvitäkseen paleltumatta talven yli. *Phyllodoce caerulea* tavataan vain ryhmässä III, Eurolan ym. (1980) mukaan tämäkin varpu kuuluu lumensuojakasveihin. Sonesson ja Lundberg (1974) toteavat *Deschampsia flexuosan* olevan Torniojärven ympäristössä selvä lumensuojaja. Laji onkin tulostunut ryhmän III indikaattoriksi yhdessä *Pedicularis lapponican* ja *Barbilophozoiden*

kanssa.

Ryhmässä V ja VI sELiT-koivikot ja metsänrajan yläpuoliset paljakat ovat huonosti erottuneet toisistaan. Metsänrajalla tapahtuva kasvillisuuden muuttuminen on siis ilmeisen liukuvaa, selvää rajaa metsä- ja tunturikasvillisuuden väliin on vaikea vetää. Koivu-vyöhykkeen yläosien harva puusto ei ilmeisesti vaikuta pintakasvillisuuden rakentamiseen kovinkaan paljon, tuuli- ja lumiolosuhteet ovat korkealla sijaitsevilla sELiT-kankailla lähes alapaljakoita vastaavat. Eurolan ym. (1980) mukaan variksenmarja-jäkälä-valtainen kasvillisuus on tunturien korkeudesta piittaamatonta yleiskasvillisuutta, jota tavataan koivikoissa yhtä hyvin kuin tunturien laellakin. Myös Kärenlampi (1972) on havainnut Kevon koivikoissa saman ilmiön. Hän esittääkin ala-alpiinisen (alaoroarktisen) vyöhykkeen rajaamista mieluummin pintakasvillisuuden alpiinisten (arktisten) aineiden kuin koivun läsnäolon perusteella.

Kuusipalo (1983) havaitsi Etelä-Suomen tuoreita kankaita koskevassa tutkimuksessaan TWINSPAN-analyysin jakavan aineiston aluksi runsasruohoiseen, ravinteiseen osaan ja karumpaan, vähäruohoiseen osaan. Tässä työssä saatu tulos on samankaltainen, ensimmäisessä jaossa syntyivät eu-mesotrofinen ja meso-oligotrofinen ryhmä.

Ravinteisuususerot saavat aikaan koivikoiden kasvillisuudessa nähtävästi selkeimmät vaihtelusuunnat. Ainakin tämän tutkimuksen aineistossa korkeus ja kosteus ovat toissijaisia muuttujia ravinteisuuteen verrattuna kasvillisuuden vaihtelulla mitattuna. Jos aineisto sisältäisi myös suokasvillisuutta, tilanne voisi olla toinen. Tällöin päägradientti olisi aivan ilmeisesti kosteus-kuivuus -vaihtelu. Myös Saanan ravinteisten rinteiden puuttuminen analyysistä voisi aiheuttaa päävaihtelusuunnan muutoksen.

Sekä DCA-ordinaation että TWINSPAN-ryhmittelyn tulosten mukaan metsänraja ei näytä vaikuttavan mainittavasti pintakasvillisuuden lajistoon eikä runsaussuhteisiin. Metsänraja on ilmeisesti pintakasvillisuudessa ilmenevään vertikaaliseen vyöhykkeisyyteen verrattuna epästabili, suurilmaston vaihteluun herkästi reagoiva vyöhyke. Kullmanin (1979) mukaan koivumetsänraja onkin Etelä-Skandeilla noussut tällä vuosisadalla paikoin jopa kymmeniä metrejä. Tulos tukee myös Hämet-Ahdin (1979) havaintoa, jonka mukaan metsänrajan soveltamiseen varsinaisena kasvillisuusvyöhykerajana olisi suhtaudutta-

va tietyin varauksin. Ahti ym. (1964) ovat kehittämissään Luoteis-Euroopan kasvillisuusvyöhykejaossa luokitelleet varsinaisen tunturipaljakan alaosat alaoroarktiseksi vyöhykkeeksi ja tunturikoivikot taas pohjoisboreaaliseen metsäkasvillisuusvyöhykkeeseen kuuluviksi. Näiden välille on vielä osoittautunut tarpeelliseksi erottaa pohjoisen pallonpuoliskon alankomaiden metsätundravuöhykettä vastaava orohemiarktinen vyöhyke. Haapasaaren (1984) mukaan orohemiarktista vyöhykettä luonnehtivat mosaiikkimaisesti toistensa lomaan asettuvat oroarkitiset ja metsävyöhykkeeseen kuuluvat kasvivyöhy-

kunnat sekä tiettyjen arktisten lajien (esim. lapinkastikka, tunturisara, tunturivihvilä, uuvana, sielikkö ja kurjenkanerva) läsnäolo. Tämän tutkimuksen paljakkakoealat kuuluvat siis joko edelliseen, oroarktisen ja boreaalisen kasvillisuuden vaihettumisvyöhykkeeseen tai sekundaarisesti puuttomaan boreaaliseen tunturikoivuvyöhykkeeseen. Käytännössä vyöhykerajat ovat kuitenkin hankalasti määritettäviä. Koealalinjojen ulottaminen ylemmäksi paljakkiaan olisi voinut tuoda selvemmin esiin tällaisten korkeussuuntaisten vyöhykkeiden rakenteen ja rajautumisen.

7. TUTKIMUSALUEIDEN SEKÄ ERI EKSPOSITIOIDEN VERTAILUA

Tuhkasen (1980) mukaan Kilpisjärven alue kuuluu lievästi mereiseen ja Lammasoavi lievästi mantereiseen ilmastovyöhykkeeseen. Kalela (1958) on nimennyt mereisen ilmastalueen Vuono-Lapiksi ja mantereisen Tunturi-Lapiksi; Kilpisjärvi sijaitsee juuri näiden kahden vyöhykkeen rajalla.

Koska Kilpisjärven seutu poikkeaa kallioperältään jyrkästi itäisemmistä mantereisista alueista on ilmastoerojen vaikutusta kasvillisuudessa hankalaa tutkia. Hämet-Ahdin (1963a) mukaan erot vyöhykkeiden välillä olisivat huomattavasti lievempiä, jos kallioperä olisi alueilla samanlaista.

Ilmastollisia eroja voidaan kuitenkin tarkastella tiettyjen metsätyyppien jakaumien perusteella (taulukko 4). Hämet-Ahdin (1963a) mereiseksi tyyppiä määrittelemää

CoEMT-koivikkoa on osunut Kilpisjärvellä neljänneksen koealoista mutta Lammasoavilla vain vajaaseen kuudenneksen. Jos vertailu suoritetaan vain neljän varsinaisen metsätyypin kesken, kasvaa CoEMT:n osuus Kilpisjärvellä 46 prosenttiin, mutta Lammasoavilla vain seitsemään. Toisaalta CoEMT on tämän tutkimuksen mukaan sEMT:iä ravinteisemmalla maaperällä esiintyvä tyyppi — ilmaston ja maaperän vaikutusta on tässäkin tapauksessa aineiston suppeuden vuoksi hankalaa eritellä. Luonteeltaan mantereisia sEMT-, sELiPIT- ja sELiT-koivumetsiä on taas Lammasoavilla suhteellisesti Kilpisjärveä runsaammin. Lehtomaisen koivikoiden ja vyörysararinteiden esiintyminen pelkästään Kilpisjärven aineistossa johtuu kallioperäeroista — tämä näkyy selvästi tarkasteltaessa tyyppien ravinne-eroja kuvassa 2.

Kun tarkastellaan eri tutkimusalueilta kuvattujen saman metsätyypin näytealojen kasvillisuutta, voidaan havaita tiettyjä ilmastollisilla tekijöillä selittyviä eroja.

Barbilophozia-maksasammaleet, erityisesti *B. lycopodioides*, suosivat Hämet-Ahdin (1963a) mukaan mereisiä alueita. Kilpisjärvellä laji onkin sEMT-koivikoissa selvästi runsaampi kuin Lammasoavilla. Maksasammaleet ovat vahvasti ektohydrisinä ilman kosteudesta riippuvaisia ja niiden runsas esiintyminen kuivahkoillakin kasvupaikoilla indikoi siten alueen hygristä mereisyyttä. *Ptilidium ciliare* on Pikku-Mallan paljakoilla

Taulukko 4. Metsä- ja kasvupaikkatyyppien jakauma tutkimusalueilla.

Table 4. Distribution of the different forest types and site classes in the study areas.

	Kilpisjärvi		Lammasoavi	
	n	%	n	%
VyörySORA — <i>Talus</i>	9	20	—	—
Lehtomaiset — <i>Herb-rich</i>	7	14	—	—
CoEMT	12	26	5	16
sEMT	9	20	12	39
sELiPIT	1	2	2	6
sELiT	4	9	8	26
Paljakat — <i>Treeless</i>	4	9	4	13
Yhteensä — <i>Total</i>	46	100	31	100

Taulukko 5. Eräiden ympäristömuuttujien ja puustotunnusten keskiarvot (\pm keskiarvon keskivirhe) alueittain ja ilmansuunnittain.

Table 5. The mean values (\pm standard error of the mean) of certain environmental factors and stand parameters by area and by cardinal point.

		Kilpisjärvi					Lammasoavi					
		Etelä	Länsi	Itä	Pohj.	Koko alue Whole area	Etelä	Länsi	Itä	Pohj.	Koko alue Whole area	
		South	West	East	North		South	West	East	North		
pH	humus	\bar{x}	5,5	5,1	4,4	4,4	5,1	4,8	4,6	4,5	4,7	4,6
		s	1,3	1,6	0,6	1,4	0,1	4,9	0,8	0,5	1,0	0,3
Johtoluku $\mu\text{S/cm}$ Electrical conductivity index $\mu\text{S/cm}$	—''—	\bar{x}	10,7	11,0	6,9	2,3	9,1	8,9	5,7	5,2	4,6	6,4
		s	1,3	1,9	1,9	0,9	0,9	1,3	1,7	1,4	1,6	0,8
N_{tot} %	—''—	\bar{x}	12,7	12,7	12,7	13,4	12,8	13,6	13,1	11,7	10,8	12,4
		s	0,7	1,3	1,1	1,8	0,5	0,9	1,8	0,8	1,1	0,6
P ($\text{mg} \cdot 100 \text{g}^{-1}$)	—''—	\bar{x}	51,3	47,8	48,5	35,5	48,6	64,8	50,7	43,7	38,3	50,8
		s	2,6	4,7	4,4	6,4	1,7	2,4	9,3	3,0	6,1	3,0
Ca —''—	—''—	\bar{x}	1026,1	669,4	303,2	300,0	720,3	267,5	343,3	273,9	365,8	303,1
		s	146,9	138,9	29,9	68,5	88,5	30,8	77,1	24,6	61,5	22,6
P —''—	B-hor.	\bar{x}	30,3	38,0	40,6	52,0	36,2	32,5	34,3	36,3	31,8	33,8
		s	2,2	5,4	4,7	8,3	2,2	2,6	4,9	4,9	4,2	1,9
Ca —''—	—''—	\bar{x}	260,1	216,1	137,1	135,1	211,3	144,8	190,5	155,2	193,3	166,0
		s	21,7	34,6	11,4	14,3	14,9	12,7	15,9	11,8	15,3	7,5
K —''—	—''—	\bar{x}	100,4	99,8	89,8	82,7	96,2	234,5	172,0	186,1	257,3	212,8
		s	11,6	9,3	8,3	24,4	6,4	35,0	24,9	13,7	30,7	14,8
Runkoluku kpl/ha Number of stems/ha		\bar{x}	310	560	560	220	411	410	580	260	250	374
		s	47	107	127	64	46	72	162	66	76	50
Runkopuun tilavuus m^3/ha Stem volume m^3/ha		\bar{x}	19,3	24,1	14,6	4,7	18,1	18,3	14,0	13,2	12,0	15,0
		s	3,9	6,1	3,9	1,9	2,5	4,1	5,2	4,2	5,9	2,3
Lumen paksuus cm Depth of snow cm		\bar{x}	85,0	94,7	72,0	53,3	81,4	46,0	33,8	59,3	43,4	46,2
		s	6,5	8,9	5,7	5,4	4,3	5,4	6,5	3,7	5,8	3,1
Metsäraja m mpy Timber line altitude			690	640	580	570	620	670	540	650	620	620
Koealojen lkm. Number of sample plots			22	9	11	4	46	6	10	9	6	31

huomattavan runsaana esiintyvä. Lammasoavin vastaavassa vyöhykkeessä se kyläkin on konstantti, mutta peittävyydeltään selvästi vähäisempi. *Vaccinium vitis-idaea* on Lammasoavilla jonkin verran runsaampi, laji suosii ilmeisesti ohuehkoa lumipeitettä.

Taulukossa 5 on eräiden ympäristömuuttujien ja puustotunnusten keskiarvoja tutkimusalueittain ja ilmansuunnittain laskettuna. Otoksen pienenä vuoksi tällaisten keskiarvojen vertailu on hankalaa, mutta ainakin alueittain tulos on suuntaa-antava.

Humuksen pH on Kilpisjärvellä erittäin merkittävästi ($t = 3,99^{***}$) Lammasoavia korkeampi. Tämä johtuu tutkimusalueiden kallioperäeroista, Kilpisjärvellä vallitsevat paleotsooiset, emäksiset kivilajit kun taas Lammasoavin kallioperä on pihappopitoisempaa peruskalliota. Pikku-Mallan rinteet

(itä- ja pohjoislinjat) ovat kuitenkin Lammasoavia happamampia. Alueen kallioperä kuuluu ns. ylityöntölaattaan (ks. Uusinoka 1980), joka koostuu pääasiassa kvartsista. Vastaavasti myös humuksen johtoluvut ovat Kilpisjärvellä Pikku-Mallan pohjoisrinnettä lukuunottamatta Lammasoavia korkeampia. Erityisesti Saanan rinteet (etelä- ja länsilinjat) arvot ovat korkeita. Ero on tilastollisesti joksinkin merkitsevä ($t = 2,14^*$).

Humuksen kokonaistypen määrissä ei ole merkittäviä eroja eri ekspositioiden eikä tutkimusalueiden välillä. Alueellista eroa ei ole myöskään humusfosforin suhteen. Lammasoavin etelärinteet koaloilla humusfosforia on huomattavan runsaasti muihin ilmansuuntiin verrattuna. Tämän rinteet kasvillisuus on myös jonkin verran muusta tutkimusalueesta poikkeavaa. sEMT-koivikois-

sa *Vaccinium myrtillusta* on kenttäkerroksessa hyvin niukasti, *Vaccinium vitis-idaea* ja *V. uliginosum* sen sijaan ovat paikoin hyvinkin runsaita. Muutaman näytealan aineiston perusteella ei kuitenkaan lajien runsauksien ja humuksen ravinnekoostumuksen suhteista voi tehdä johtopäätöksiä.

Kalsiumia on Kilpisjärvellä erittäin merkitsevästi ($t = 3,81^{***}$) Lammasoaivia enemmän. Ero selittyy pelkästään Saanan rinteiden korkeilla pitoisuuksilla. Mallan itä- ja pohjoisrinteiden keskiarvot ovat taas koko aineiston pienimpiä. B-horisontin Ca-pitoisuuksien ero ei ole yhtä selvä kuin humuskerroksesta mitatun, mutta keskiarvot poikkeavat kuitenkin tilastollisesti merkitsevästi ($t = 2,71^{**}$).

Kivennäismaasta mitattujen kaliumpitoisuuksien keskiarvo on Lammasoaivilla erittäin merkitsevästi Kilpisjärveä suurempi ($t = 7,23^{***}$). Tämäkin selittyy kallioperäeroilla, Lammasoaivin liuskeiset kivilajit sisältävät mineraaleissaan runsaammin kaliumia. Aalosen (1940) mukaan runsaasti piihappoa sisältävät kivilajit kuten esim. gneissi ja kiilleliuske ovat myös kalium- ja alumiinipitoisia. Jos taas piihappoa on niukemmin, kuten on laita Kilpisjärven paleotsooisissa kivissä, on vastaavasti magnesiumia, rautaa ja kalkkia runsaammin.

Tutkimusalueiden eroja ympäristömuuttujan suhteen testattiin tilastollisesti erotteluanalyyseillä. Analyysin muodostamassa luokittelufunktiossa tärkeimmiksi alueita erottaviksi tekijöiksi tulostuivat B-horisontin kaliumpitoisuus sekä lumen paksuus. Näiden kahden muuttujan mukaan laskettu funktio luokitteli Kilpisjärven koealoista oikein 96,6 % ja Lammasoaivin aloista 95,2 %. Oikeiden luokitusten osuus koko aineistossa oli 96,2 %, joka osoittaa näiden kahden ympäristömuuttujan olevan varsin selkeitä tutkimusalueita erottavia tekijöitä.

Puustotunnuksissa ei alueiden välillä ole tilastollisesti merkitseviä eroja. Molemmilla alueilla puustoisimpia ovat ekspositioltaan edullisimmat länsi- ja etelärinteet. Poso & Kujala (1973) ovat saaneet samantapaisen tuloksen analysoidessaan valtakunnan metsien viidennen inventoinnin yhteydessä Inarin, Utsjoen ja Enontekiön metsiä. Tutkimuksen mukaan länsi, lounainen ja luode olivat puustoisimmat suunnat, niiden puuston tilavuus oli keskimäärin 35 % suurempi kuin vähäpuustoisimpien koillisen, idän ja kaakon. Myöskään metsänrajan keskimääräisel-

lä korkeudella ei ole merkitseviä alueiden välisiä eroja. Eri ilmansuunnat sen sijaan poikkeavat toisistaan selvästi. Korkeimmalla raja on etelärinteillä ja alimpana pohjoisrinteillä. Lammasoaivin länsirinteen matala metsänraja ei johdu ilmastollisista tekijöistä, vaan koealalinjan yläpähän sattuneesta avokallioalueesta.

Kilpisjärven *Parmelia olivacea* -rajan mukaan tulkittu lumipeitteen vahvuuskeskiarvo on erittäin merkitsevästi ($t = 6,05^{***}$) Lammasoaivia suurempi. Kilpisjärven seudun mereisyys runsaampine talvisateineen lienee eräs syy. Tuhkasen (1980, s. 79) kesäsaateiden osuutta kokonaissadannasta kuvaavan kartakkeen käyrien mukaan Kilpisjärvellä niiden osuus on 35–40 % ja Lammasoaivilla 40–45 % kokonaissadannasta; tämä ei kuitenkaan vielä riitä selittämään kokonaan lumipeitteen vahvuuseroa. Alueiden topografiassa ja puustoisuudella lienee kuitenkin lumisuuteen oma vaikutuksensa. Kilpisjärveä ympäröivät sekä etelästä, lännestä että pohjoisesta satojen neliökilometrien laajuiset paljakkaluut, joilta kovilla tuulilla kulkeutuu runsaasti irtolunta metsäiseen järvilaaksoon. Lammasoaivin lähiseuduilla taas on pääosin alavaa, loivasti kumpuilevaa koivumetsää, jossa lumi ei kovillakaan tuulilla liiku paljakkaluutien tavoin.

Ilmansuunnittaiset lumisuuskeskiarvot noudattelevat Kilpisjärvellä puuston keskittävyyden jakaumaa. Lumisinta on länsirinteillä ja vähälumisinta pohjoisrinteillä. Lammasoaivilla taas itärinteellä on paksuin ja länsirinteellä ohuin lumikerros. Tämä selittyy osittain paikallisella topografiassa. Lammasoaivin länsirinne on hyvin altis länsi- ja koillistuulille, koska tällä suunnalla aukeaa laaja Könkämäen laakso aina Muotkan takkaan asti. Muilla ilmansuunnilla ei ole vastaavaa kymmenien kilometrien vapaata ilmatilaa, topografia on vaihtelevampaa. Tuulisilla alueilla lumi pakkautuu tiiviimäksi (Eurola ym. 1980), lisäksi puiden tyville lumeen muodostuu pieniä painumia rungon aiheuttaman pyörteilyn vuoksi (Kuusisto 1984). Tällöin *Parmelia olivacea* -rajan mukaan tulkittu lumen keskisyvyys voi olla 10–15 cm todellista pienempi.

Tutkimusalueet poikkeavat siis toisistaan sangen selvästi varsinkin kallioperänsä puolesta. Tämä näkyy erityisen selvästi humuskerroksen ravinnekoostumuksessa, kivennäismaan B-horisontin suhteen erot eivät ole yhtä selkeitä. On kuitenkin huomattava, että

koaloja ei ole sijoitettu alueille satunnaisesti. Kilpisjärven aineistossa on Saanan rinteitä lähes puolet, joten alueelliset erot kalsiumin, pH:n ym. suhteen voivat keskiarvovertailuisa korostua liikaakin.

Kasvillisuudessa näkyvien erojen jakoa aiheuttajansa mukaan ilmastoperäisiin ja maa-

perästä johtuviin on aineiston pienuuden vuoksi vaikeaa tehdä, johtopäätökset jäävät korkeintaan suuntaa-antaviksi. Erilaiset lumiolosuhteet kylläkin vaikuttavat selvästi kasvillisuuteen, mutta topografian ja ilmaston vaikutusten erittely tämänkin tekijän suhteen vaatisi lisätutkimuksia.

8. YHTEENVETO

Tunturikoivikoiden ekologiaa ja puuston ominaisuuksia eri kasvupaikkatyypeillä ei ole aiemmin juuri tutkittu. Useimmat työt ovat olleet luonteeltaan lähinnä kasvisosiologisia tai pelkkään metsänrajadynamiikkaan liittyviä. Tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää pintamaan ominaisuuksien, lumisuuden, kasvillisuuden ja puuston välisiä suhteita lähinnä monimuuttuja-analysien avulla.

Tutkimusaineisto kerättiin kahdelta alueelta, lievästi mereiseltä Kilpisjärveltä (69°3' p.l. ja 20°49' i.p.) sekä 42 km etelämpää lievästi mantereiselta Lammasoailta. Kilpisjärven seutu kuuluu Skandien vuorijonon kambrosiuriseen kallioperäalueeseen ja Lammasoai- vi taas peruskallioalueeseen. Molemmilla tutkimusalueilla tunturien rinteet ovat tunturikoivun (*Betula pubescens* ssp. *tortuosa*) muodostamien metsien peittämiä.

Kilpisjärvellä, Saanan jyrkkien etelä- ja lounaisrinteiden yläosissa vallitsee erikoinen vyörysorakeilan koivikkotyyppi. Kasvillisuus on omaleimaista ja monilajista, kalkinsuosi- joita ja -vaatijoita on runsaasti. Alempana, loivemmalla ja jonkin verran kosteammalla rinteenosalla vallitsevat lehtomaiset koivikot ja kaikkein tuoreimmilla alarinteillä runsasruohoiset ja rehevät lehdot. Tuoreilla kankailla vallitseva metsätyyppi on mereinen *Cornus-Empetrum-Myrtillus* -tyyppi (CoEMT). Tätä tyyppiä esiintyy myös Lammasoavilla mutta selvästi Kilpisjärveä vähemmän. Molempien tutkimusalueiden yleisin ja laaja-alaisin metsätyyppi on subalpiininen *Empetrum-Myrtillus* -tyyppi (sEMT), joka kasvupaikkana luokiteltaisiin lähinnä kuivahkoihin kankaisiin. Karuilla, usein vähälumisilla ja tuulelle alttiilla kasvupaikoilla vallitsee subalpiininen *Empetrum-Lichenes* -tyyppi (sELiT), kasvupaikkaluokaltaan kuiva kangas. Paikoin tavataan myös pienialaisina, lähinnä sEMT:n ja sELiT:n vaihettu-

misvyöhykkeeksi luettavina alueina subalpiinisen *Empetrum-Lichenes-Pleurozium* -tyypin (sELiPIT) koivikoita (taulukko 1).

Tyypittäisistä mitattujen maatunnusten keskiarvoista selvimmät erot olivat pH:n, johtoluvun, Ca-, Mg-, ja Fe-pitoisuuksien välillä (kuvat 2 ja 3). Tarkastelussa käytetyn yksisuuntaisen varianssianalyysin F-testisuu- reen saamat korkeat arvot näillä muuttujilla selittyvät kylläkin vyörysarinteiden ja lehtomaisen koivikoiden korkeilla arvoilla, varsinaiset metsätyytit poikkesivat toisistaan merkittävästi vain humuksen johtoluvun suhteen.

Kasvillisuusaineiston DCA-ordinaatiossa eri metsä- ja kasvupaikkatyytit erottuivat selvästi omiksi ryhmikseen. Ordinaatiokuvan akselit tulkitettiin kompleksisen kosteus-korkeus -vaihtelun sekä ravinteisuusgradientin mukaan (kuva 7). TWINSPAN-ryhmittelyanalyyssissä vain vyörysarinteet ja lehtomaiset koivikot erottuivat selvästi omiksi ryhmikseen. CoEMT- ja sEMT-näytealat jakautuivat paksulumiseen, runsasruohoiseen sekä ohutlumiseen, varpujen ja sammalten luonnehtimaan ryhmään (kuva 9). Sekä ordinaatio- että ryhmittelyanalyyssin tulosten mukaan metsäraja ei aiheuta muutosta kasvillisuuden rakenteisiin; alapaljakat ja sELiT-koivikot ovat sekä floristisesti että lajien runsaussuhteiltaan vahvasti toistensa kaltaisia.

Hybridiordinaatiolla eräät ympäristömuuttajat ja puustotunnukset sijoitettiin kasvillisuusordinaatiokuvaan. Tulos vahvisti aiemman, subjektiivisen akseleiden tulkin- nan. Korkeuden, humuksen vesipitoisuuden ja tärkeimpien ravinteiden pisteiden poikkeamat ordinaatiokuvan keskipisteestä vastasivat hyvin tulkittuja päivävaihtelusuuntia (kuva 8).

DCA-ordinaatioanalyysi ja TWINSPAN-ryhmittelyanalyyysi osoittautuivat tehokkaiksi

menetelmiksi kasvillisuuden ja ympäristötekijöiden suhteiden selvittelyssä.

Tutkimusalueiden välillä oli merkitseviä eroja useiden maaperän ominaisuuksien välillä (taulukko 5). Saanan rinteiden ravinteikkaan maaperän takia Kilpisjärven alueen Capitoisuudet, pH ja johtoluku olivat selvästi Lammasoavia korkeammat. Kilpisjärven keskimääräinen lumensyvyys oli myös Lammasoavia erittäin merkittävästi suurempi, puustotunnuksissa ei sensijaan ollut eroja. Alueiden mereisyys-mantereisyys -erot ilmevät kasvillisuudessa selvemmin *Barbilophozia*-maksasammalten runsautena Kilpisjärven seudun koivikoissa. Näillä alueilla esiintyy myös Lammasoavia runsaammin paksua lumipeitettä suosivia lajeja, mutta lumisuuserot alueiden välillä selittyvät paitsi ilmastollisilla myös topografiaeroilla. Kilpisjärveä

ympäröiviltä puuttomilta yläköalueilta kulkeutuu liikkuvaa irtolunta metsäiseen järvi-laaksoon, kun taas Lammasoavi on alavien, metsäisten alueiden keskellä.

Tässä työssä saadut tulokset eivät välttämättä ole laajemmin yleistettävissä. Kaikki koealat on sijoitettu tunturien rinteille, lähelle vesistöjä. Tutkimusalueiden kallioperä on Suomen Lapin oloissa poikkeavaa, enimmäkseen ravinteikasta ja helposti rapautuvaa. Käsivarren Lapin olosuhteet ovat sekä ilmastollisesti että topografisesti toisenlaiset kuin esimerkiksi Utsjoen seuduilla. Tunturikoivikoiden ekologian ja dynamiikan tarkempi ja ennenkaikkea alueellisesti laajempi tutkimus voisi antaa selkeitä ja arvokkaita vastauksia tässä työssä avoimiksi ja epävarmoiksi jääneisiin kysymyksiin.

KIRJALLISUUS — REFERENCES

- Aaltonen, V. T. 1933. Über die postglacialen, natürlichen Veränderungen des Waldbodens in Finnland. *Commun. Inst. For. Fenn.* 18(4). 22 s.
- 1940. Metsämaa. Porvoo. 615 s.
- 1941. Zur stratigraphie des Podsolprofils III. *Commun. Inst. For. Fenn.* 29(7). 47 s.
- 1948. Boden und Wald unter besonderer Berücksichtigung des nordeuropäischen Waldbaus. *Berlini.* 457 s.
- Ahti, T. 1981. Jäkälän määrittäysopas. Helsingin yliopiston kasvitieteen laitoksen monisteita 72. 71 s.
- , Hämet-Ahti, L. & Jalas, J. 1964. Luoteis-Euroopan kasvillisuusvyöhykkeistä ja kasvillisuusalueista. *Luonnon Tutkija* 68. 28 s.
- Austin, M.P. 1976. On non-linear species response models in ordination. *Vegetatio* 33: 33—41.
- Buch, H. 1936. Suomen maksasammalet. Helsinki. 116 s.
- Cajander, A.K. 1904. Beiträge zur Kenntniss der Vegetation der Hochgebirge zwischen Kittilä und Muonio. *Fennia* 20(9). 37 s.
- 1925. Metsätyyppteoria. *Acta For. Fenn.* 29(2). 84 s.
- Conrad, V. 1946. Usual formulas of continentality and their limits of validity. *Trans. Am. Geophys. Un.* 27: 663—664.
- Eurola, S. 1968. Luoteis-Euroopan suokasvillisuusvyöhykkeistä ja niiden rinnastamisesta paljaka- ja metsäkasvillisuusvyöhykkeisiin. *Luonnon Tutkija* 72. 22 s.
- 1974. The plant ecology of Northern Kiölen, arctic or alpine? *Aquilo Ser. Bot.* 13: 10—22.
- 1978. Kasvillisuuden suurjako Lapissa. *Acta Lapponica Fenniae* 8: 23—27.
- , Kyllönen, H. & Laine, K. 1980. Lumen ekologisesta merkityksestä kasvillisuudelle Kilpisjärven alueella. *Luonnon Tutkija* 84: 43—48.
- Fewster, P.H. & Orloci, L. 1983. On choosing a resemblance measure for non-linear predictive ordination. *Vegetatio* 54: 27—35.
- Fries, T. C. E. 1913. Botanische untersuchungen im nördlichsten Schweden. Ein Beitrag zur Kenntniss der alpinen und subalpinen Vegetation in Torne Lappmark. *Vetensk. prakt. unders. Lappl. anordn.* Luossavaara-Kiurunavaara A. B. 2. 361 s.
- Gauch, H.G. 1982. *Multivariate analysis in community ecology.* Cambridge University Press, New York. 298 s.
- & Stone, E. L. 1979. Vegetation and soil pattern in a mesophytic forest at Ithaca, New York. *American Midland Naturalist* 102: 332—345.
- Haapasaari, M. 1984. Tunturipaljakan kasvillisuusvyöhykkeet. Teoksessa: Lappi. Pohjolan luonnonvarat, luonto ja ihminen. Osa 3. Karisto, Hämeenlinna. s. 185—205.
- Havas, P. 1977. Kasviekologian perusteet. Oulun Yliopiston kasvitieteen laitoksen monisteita 1. 157 s.
- 1978. Kasvien talvi. *Acta Lapponica Fenniae* 10: 108—116.
- Heinonen, J. 1981. Koalojen peruslaskenta. Metsäntutkimuslaitos, matemaattinen osasto. Moniste. 38 s.
- Hill, M. O. 1979a. DECORANA — A FORTRAN Program for Detrended Correspondence Analysis and Reciprocal Averaging. Cornell University, Ithaca, New York.
- 1979b. TWINSpan — A FORTRAN Program for Arranging Multivariate Table by Classification of the Individuals and Attributes. Cornell University, Ithaca, New York.
- Hinneri, S. 1974. Podzolic processes and bioelement pools in subarctic forest soils at the Kevo Station, Finnish Lapland. *Rep. Kevo Subarctic Res. Stat.* 11: 26—34.
- Holmgren, A. 1912. Studier öfver nordligaste Skandnaviens björkskogar. Stockholm.
- Hustich, I. 1952. Barrträdarternas polära gräns på norra halvklotet. *Commun. Inst. For. Fenn.* 40(29). 20 s.

- 1953. The boreal limits of conifers. *Arctic* 6: 149—162.
- 1960. Plant geographical regions. Teoksessa: Somme, A. (toim.) *A geography of Norden*. Oslo. s. 54—62.
- 1966. On the forest tundra and the northern tree-lines. *Rep. Kevo Subarctic Res. Stat.* 3: 47 s.
- Hämét-Ahti, L. 1963a. Zonation of the mountain birch forests in northern Fennoscandia. *Ann. Bot. Soc. Vanamo*. 34(4). 124 s.
- 1963b. Pohjois-Euroopan metsänrajakoivikkojen asemasta kasvillisuuden vyöhykejärjestelmässä. *Luonnon Tutkija* 67: 157—163.
- 1978. Koivumetsävyöhyke — Fennoskandian erikoisuus. *Acta Lapponica Fenniae* 10: 31—35.
- 1979. The dangers of using the timberline as "the zero line" in comparative studies on altitudinal vegetation zones. *Phytocoenologia* 6: 49—54.
- , Jalas, J. & Ulvinen, T. 1981. Suomen alkuperäiset ja vakiintuneet putkilokasvit. *Helsingin yliopiston kasvitieteen laitoksen monisteita* 71. 112 s.
- Jalas, J. 1965. Die zonale und regionale Gliederung der fennoskandischen Vegetation. *Rev. Roum. Biol. Bot.* 10: 1—2, 109—113.
- Jauhiainen, E. 1969. On soils in the boreal coniferous region Central Finland, Lapland, Northern Poland. *Fennia* 98(5). 123 s.
- Kalela, A. 1958. Die Waldvegetationszonen Finnlands. *Bot. Not.* 111: 353—368.
- 1961. Waldvegetationszonen Finnlands und ihre klimatischen Paralleltypen. *Arch. Soc. Vanamo* 16. suppl.: 65—83.
- Kallio, P., Laine, U. & Mäkinen, Y. 1969. Vascular Flora of Inari Lapland. I. Introduction and Lycopodiaceae — Polypodiaceae. *Rep. Kevo Subarctic Res. Stat.* 5: 108 s.
- Kalliola, R. 1939. Pflanzensoziologischen Untersuchungen in der Alpen Stufe Finnisch-Lapplands. *Ann. Bot. Soc. Vanamo* 13(2). 328 s.
- Kolki, O. 1981. Taulukoita ja karttoja Suomen lämpöoloista kaudelta 1931—1960. Liite Suomen Meteorologiseen Vuosikirjaan 65 (1a—1965). Toinen painos. 42 s.
- Kilkki, P. 1978. Metsänmittausoppi. *Helsingin yliopiston metsänarvioimistieteen laitoksen tiedonantoja* 7. 4. painos. 174 s.
- Koponen, T., Isoviita, P. & Lammes, T. 1977. The bryophytes of Finland: an annotated checklist. *Flora Fennica* 6. 77 s.
- Kujala, V. 1929. Untersuchungen über Waldtypen in Petsamo und in angrenzten Teilen von Inari-Lappland. *Commun. Inst. For. Fenn.* 13(9). 125 s.
- Kujansuu, R. 1967. On the deglaciation of western Finnish Lapland. *Bull. Comm. Geol. Finlande* 232. 98 s.
- Kullman, L. 1979. Change and stability in the altitude of the birch tree-limit in the southern Scandes 1915—1975. *Acta Phytogeogr. Suec.* 65. 128 s.
- 1981. Some aspects of the ecology of the Scandinavian subalpine birch forest belt. *Wahlenbergia* 7: 99—112.
- Kuusipalo, J. 1983. Distribution of vegetation on mesic forest sites in relation to some characteristics of the tree stand and soil fertility. *Silva Fennica* 17(4): 403—418.
- Kuusisto, E. 1984. Snow accumulation and snow melt in Finland. *Vesientutkimuslaitoksen julkaisuja* 55. 149 s.
- Kärenlampi, L. 1972. Factor analytic studies on the vegetation of the surroundings of the Kevo Subarctic Station. *Rep. Kevo Subarctic Res. Stat.* 9: 66—72.
- & Kauhanen, H. 1972. A direct gradient analysis of the vegetation of the surroundings of the Kevo Subarctic Station. *Rep. Kevo Subarctic Res. Stat.* 9: 82—98.
- Lehtonen, J. 1981. Kasvillisuuden muutokset tunturimittarin aiheuttaman tuhon jälkeen. *Luonnon Tutkija* 85: 123—126.
- Lippmaa, T. 1929. Pflanzenökologische Untersuchungen aus Norwegisch- und Finnisch-Lappland unter besonderer Berücksichtigung der Lichtfrage. *Acta Inst. Horti Bot. Univ. Tartuensis* 2: 1—2. 146 s.
- Lyytikäinen, J. 1983. Eräiden vaarojen metsätyypeistä ja niiden ekologiasta Saariselällä. Pro gradu -työ. Helsingin yliopiston kasvitieteen laitos. 129 s.
- Maarel, E. van der 1979. Transformation of cover-abundance values in phytosociology and its effects on community similarity. *Vegetatio* 39: 97—114.
- Matisto, A. 1959. Suomen geologinen yleiskartta — The General Geological Map of Finland, 1:400 000, Kivilajikartta — Pre-Quaternary Rock, Lehti — Sheet B 8, Enontekiö. Geologinen tutkimuslaitos.
- 1969. Suomen geologinen yleiskartta — The General Geological Map of Finland, Lehti — Sheet B 8, Enontekiö, Kivilajikartan selitys (with an English summary). Geologinen tutkimuslaitos.
- Mikkola, K.J., Pakarinen, P. & Oksanen, J. 1984. Kasviekologia ATK-ohjelmia I. Helsingin yliopiston kasvitieteen laitoksen monisteita 91. 70 s.
- & Jukola-Sulonen E.-L. 1984. Yhteisöekologisten aineistojen käsittely ja analysointi VAX-tietokoneella. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 168. 36 s.
- Nordhagen, R. 1928. Die Vegetation und Flora des Sylenegebietes. I. Die Vegetation. *Skr. Norske videnskaps-akad. Oslo 1927 I, Mat.-Naturvidensk.* kl. 1. 612 s.
- 1943. Sikilsdalen og Norges fjellbeiter. *Bergens Mus. Skr.* 22. 607 s.
- Noy-Meir, I. & Whittaker, R. H. 1978. Continuous multivariate methods in community analysis: Some problems and developments. *Vegetatio* 33: 79—98.
- Okko, V. 1944. Moränenundersuchungen im westlichen Nord-Finnland. *Bull. Comm. Geol. Finlande* 131. 46 s.
- Oksanen, J. 1983. Ordination of boreal heath-like vegetation with principal component analysis, correspondence analysis and multidimensional scaling. *Vegetatio* 52: 181—189.
- , & Vuorinen, J. 1983. Yhteisöekologiset kirjasto-ohjelmat CEP, TABORD ja WILD1 VAX 11/780-tietokoneessa. Joensuun korkeakoulu, biologian laitos. 33 s.
- Poso, S. & Kujala, M. 1973. The effect of topography on the volume of forest growing stock. *Commun. Inst. For. Fenn.* 78(2). 29 s.
- Sepponen, P. 1985. The ecological classification of sorted forest soils of varying genesis in northern Finland. *Commun. Inst. For. Fenn.* 129. 77 s.
- Singer, S. B. 1980. DATAEDIT — A FORTRAN Program for Editing Data Matrices. Cornell University, Ithaca, New York.
- Sjörs, H. 1963. Amphiatlantic zonation, nemoral to arctic. Teoksessa: Löwe, A. & Löwe, D. (toim.) *North Atlantic biota and their history*. Oxford.
- Solantie, R. 1980. Suomen ilmastoalueet. *Terra* 92(1): 29—33.
- Sonesson, M. 1974. Late Quaternary forest development of the Torneträsk area, North Sweden. 2. Pollen analytical evidence. *Oikos* 25: 288—307.

- & Lundberg, B. 1974. Late Quaternary forest development of the Torneträsk area, North Sweden. 1. Structure of modern ecosystems. *Oikos* 25: 121–133.
- Tamm, O. 1922. Om bestämning av de oorganiska komponenterna i markens gelkomplex. Meddel. från Stat. Skogsförsöksanst. 18(3): 105–158.
- Thannheiser, D. 1975. Vegetationsgeographische Untersuchungen auf der Finnmarksvidda im Gebiet von Masi/Norwegen. *Westf. geogr. Stud.* 31. 178 s.
- Teivainen, L. 1952. Pohjois-Suomen tuoreiden kangasmetsien kasvillisuudesta. *Ann. Bot. Soc. Vanamo* 25(2). 168 s.
- Tengwall, T. Å. 1918. Iakttagelser over fjällbjörkskogens övre begränsning och ekologi i Sveriges nordliga Lappmarker. *Sv. Bot. Tidskr.* 12: 171–179.
- Tuhkanen, S. 1980. Climatic parameters and indices in Plant Geography. *Acta Phytogeogr. Suec.* 67. 105 s.
- Urvas, L. & Erviö, R. 1974. Metsätyyppien määrityminen maalajin ja maaperän kemiallisten ominaisuuksien perusteella. *Maatal. Tiet. Aikak.* 46: 307–319.
- Uusinoka, R. 1980. Kilpisjärven alueen kallioperästä ja sen vaikutuksesta pinnanmuodostukseen. *Luonnon Tutkija* 84: 2–6.
- Vaarama, A. & Valanne, T. 1973. On the taxonomy, biology and origin of *Betula tortuosa* Ledeb. *Rep. Kevo Subarctic Res. Stat.* 10: 70–84.
- Valmari, J. 1921. Beiträge zur chemischen Bodenanalyse. *Acta For. Fenn.* 20. 67 s.
- Viro, P. J. 1952. Kivisyyden määrittämisestä. *Commun. Inst. For. Fenn.* 40(3). 8 s.
- 1955. Investigations on forest litter. *Commun. Inst. For. Fenn.* 45(6): 7–65.
- Wahlenberg, G. 1812. *Flora Lapponica*. Berolini. 550 s.
- Westman, C. J. 1979. Metsämaatiiteen laboratoriotutkimus. Helsingin yliopiston metsänhoitotieteen laitoksen tiedonantoja 18.
- Whittaker, R. H. 1967. Gradient analysis of vegetation. *Biol. Rev.* 49: 207–264.
- Zoller, H. 1956. Die natürliche Grogsgliederung der fennoskandischen Vegetation und Flora. *Ber. Geobot. Forsch. Inst. Rubel Zürich* 1955: 74–98.

Total of 89 references

SUMMARY

Relationships between site factors and vegetation in mountain birch stands in northwestern Enontekiö

Introduction

No studies have earlier been carried out on the ecology and properties of mountain birch stands growing on different site types. Most of the work which has been done so far has dealt with plant sociology or merely the dynamics of the timber line. The aim of this study was to determine the relationships between the properties of the surface soil, the thickness of the snowcover, the vegetation, and the tree stand on the basis of multivariate analysis.

Study area

The study material was collected in two areas: Kilpisjärvi, which has a slightly maritime climate (69°3'N and 20°49'E), and Lammasoaivi, 42 km to the south, which is characterised by a slightly more continental climate. The district of Kilpisjärvi lies in the Cambro-silurian bedrock area of the Scandian mountain chain, and Lammasoaivi in the archaean bedrock region. The slopes of the fells in both study areas are covered with forests of mountain birch (*Betula pubescens* ssp. *tortuosa*).

Vegetation and site types

The upper parts of the steep, southern and southwestern slopes of Saana (Kilpisjärvi) are dominated by a special type of talus birch stand. The

vegetation is distinctive, and is characterised by a large number of species, including many neutrophilous and calcicolous species. Lower down, on the more gentle and moister parts of the slopes, the vegetation is dominated by herb-rich birch stands. The moistest parts of the lower slopes are characterised by herb-rich and luxuriant meadow forests. The predominant site type on the mesic mineral soil sites is the maritime *Cornus-Empetrum-Myrtillus* type (CoEMT). This type also occurs at Lammasoaivi, but clearly less frequently than at Kilpisjärvi. The most common and also the most extensive site type in both study areas is the subalpine *Empetrum-Myrtillus* type (sEMT), which is usually classified as a dryish mineral soil site type. The subalpine *Empetrum-Lichenes* type (sELiT), which is classified as a xeric mineral soil type, is dominant on dry sites that are usually exposed to the wind and have a thin snow cover. Birch stands of the *Empetrum-Lichenes-Pleurozium* type (sELiPIT) were found in small patches in areas classified as the transitional zone of the sEMT and sELiT types (Table 1).

Site types and soil

The clearest differences between the site types were in the mean values for pH, electrical conductivity, and total Ca, Mg, and Fe contents. The high F values obtained for these variables in one-way analysis of variance are explained by the high values associated with the talus and herb-rich birch stands, although the site types proper differed significantly as regards electrical conductivity of the humus layer.

Ordination and classification of vegetation

The site types were clearly separated into distinct groups in the DCA ordination of the vegetation data. The axes of the ordination diagrams were interpreted according to complex moisture-altitude gradient and fertility gradient (Fig. 6). In TWINSpan cluster analysis only the talus slopes and herb-rich birch stands clearly formed their own groups. The CoEMT and sEMT sample plots were divided into groups characterised by a thick snow cover and abundant herbs, and by a thin snow cover and dwarf shrubs and mosses (Fig. 9). According to the results of both ordination and classification, the timber line does not bring about any changes in the structure of vegetation; low treeless and sELiT birch stands closely resemble each other both in floristic composition and as regards their species richness.

Some of the environmental variables and stand parameters were placed in a vegetation ordination diagram using hybrid ordination. The result supported the earlier subjective interpretation of the ordination axes. The deviation of the points for altitude, the moisture content and plant nutrients in the humus from the center of the ordination diagram were in good agreement with the interpreted main gradients (Fig. 8).

DCA-ordination and TWINSpan-classification proved to be useful methods in analyzing vegetation-environment relationships.

The differences between study areas

There were significant differences between the study areas with regard to a number of soil parameters (Table 5). Owing to the more fertile soil on the slopes of Saana, the Ca content, pH and electrical conductivity in the Kilpisjärvi area were clearly higher than those of Lammasoaiivi. The mean depth of the snow cover in Kilpisjärvi was also greater, to a highly significant degree, than that at Lammasoaiivi, but there were no corresponding differences as regards the stand parameters. The differences between the areas as regards continentality vs. maritimity were most clearly evident in the vegetation as an abundance of the liverwort *Barbilophozia* in the birch stands in the Kilpisjärvi area. Species preferring a thick snow cover were also more common in these areas than at Lammasoaiivi, although the differences in the thickness of snow cover between these areas are also partly due to the topographical differences; snow is blown from the treeless upland flats surrounding Kilpisjärvi into the forested lake valley, while Lammasoaiivi is situated in the middle of low forested area.

The results obtained in this study cannot as such be generalized. All the sample plots are situated on the slopes of the fells, close to lakes and rivers. The bedrock in the study areas is rather unique for Finnish Lapland, being mostly rich in base cations and easily weathered. The conditions in this part of Lapland differ both topographically and climatically from those for instance in the Utsjoki area. More detailed studies of the ecology and dynamics of mountain birch, especially over a more extensive area, would give more accurate answers to the questions which have remained unanswered in this study.

METSÄNTUTKIMUSLAITOS
THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE

Tutkimusosastot — *Research Departments*

Maantutkimusosasto
Department of Soil Science

Suontutkimusosasto
Department of Peatland Forestry

Metsänhoidon tutkimusosasto
Department of Silviculture

Metsänjalostuksen tutkimusosasto
Department of Forest Genetics

Metsänsuojelun tutkimusosasto
Department of Forest Protection

Metsäteknologian tutkimusosasto
Department of Forest Technology

Metsänarvioimisen tutkimusosasto
Department of Forest Inventory and Yield

Metsäekonomian tutkimusosasto
Department of Forest Economics

Matemaattinen osasto
Department of Mathematics

Metsäntutkimusasemat — *Research Stations*

Parkanon tutkimusasema
Parkano Research Station
Os. — *Address:* 39700 Parkano, Finland
Puh. — *Phone:* (933) 2912

Muhoksen tutkimusasema
Muhos Research Station
Os. — *Address:* Kirkkosaarentie, 91500 Muhos, Finland
Puh. — *Phone:* (981) 431 404

Suonenjoen tutkimusasema
Suonenjoki Research Station
Os. — *Address:* 77600 Suonenjoki, Finland
Puh. — *Phone:* (979) 11 741

Punkaharjun tutkimusasema
Punkaharju Research Station
Os. — *Address:* 58450 Punkaharju, Finland
Puh. — *Phone:* (957) 314 241

Ojajoen koeasema
Ojajoki Experimental Station
Os. — *Address:* 12700 Loppi, Finland
Puh. — *Phone:* (914) 40 356

Kolarin tutkimusasema
Kolari Research Station
Os. — *Address:* 95900 Kolari, Finland
Puh. — *Phone:* (9695) 61 401

Rovaniemen tutkimusasema
Rovaniemi Research Station
Os. — *Address:* Eteläranta 55
96300 Rovaniemi, Finland
Puh. — *Phone:* (960) 15 721

Joensuun tutkimusasema
Joensuu Research Station
Os. — *Address:* PL 68
80101 Joensuu, Finland
Puh. — *Phone:* (973) 28 331

Kannuksen tutkimusasema
Kannus Research Station
Os. — *Address:* PL 44
69101 Kannus, Finland
Puh. — *Phone:* (968) 71 161

Ruotsinkylän jalostuskoeasema
Ruotsinkylä Tree Breeding Station
Os. — *Address:* 01590 Maisala, Finland
Puh. — *Phone:* (90) 824 420

- No 651 Teivainen, Terttu, Jukola-Sulonen, Eeva-Liisa & Mäenpää, Elina: Pintakasvillisuuden kemiallisen torjunnan vaikutus peltomyyräpopulaation kehitykseen.
The effect of ground-vegetation suppression using herbicide on the field vole, *Microtus agrestis* (L.), population.
- No 652 Varmola, Martti & Vuokila, Erkki: Pienten mäntyjen tilavuusyhtälöt ja -taulukot.
Tree volume functions and tables for small-sized pines.
- No 653 Hytönen, Jyrki: Fosforilannoitelajin vaikutus vesipajun biomassatuotokseen ja ravinteiden käyttöön turpeenostosta vapautuneella suolla.
Effect of some phosphorus fertilizers on the biomass production and nutrient uptake of *Salix 'Aquatika'* in a peat cut-away area.
- No 654 Nieppola, Jari: Cajanderin metsätyypiteoria. Kirjallisuuteen perustuva tarkastelu.
Cajander's theory of forest site types. Literature review.
- No 655 Kuusela, Kullervo, Mattila, Eero & Salminen, Sakari: Metsävarat piirimetsälautakunnittain Pohjois-Suomessa 1982—84.
Forest resources in North Finland by Forestry Board Districts, 1982 to 1984.
- No 656 Mäkinen, Pekka: Kokokehon värinä ajettaessa maataloustraktorilla metsässä.
Whole-body vibration in farm tractors driven in the forest.
- No 657 Hänninen, Riitta: Suomen sahatavaran vientikysyntä Länsi-Euroopassa vuosina 1962—1983.
Demand for Finnish sawnwood exports in western Europe, 1962—1983.
- No 658 Tiihonen, Paavo: Kasvun vaihtelu Suomen pohjoispuoliskossa valtakunnan metsien 7. inventoinnin aineiston perusteella.
Growth variation in North Finland according to the 7th National Forest Inventory.
- No 659 Nurmi, Juha: Chunking and chipping with conescrew chipper.
Palahakkeen ja hakkeen valmistus kartioruuvihakkurilla.
- No 660 Metsätilastollinen vuosikirja 1985.
Yearbook of Forest Statistics 1985.
- No 661 Mattila, Eero: Lapin metsävarat osa-alueittain. Valtakunnan metsien 7. inventointi vuosina 1978 ja 1982—84.
The forest resources of Finnish Lapland by sub-areas. The 7th National Forest Inventory in 1978 and 1982—84.
- No 662 Juutinen, Paavo & Varama, Martti: Ruskean mäntypistiäisen (*Neodiprion sertifer*) esiintyminen Suomessa vuosina 1966—83.
Occurrence of the European pine sawfly (*Neodiprion sertifer*) in Finland during 1966—83.
- No 663 Räisänen, Hannu, Laine, Lalli, Kero, Ilkka & Kaleva, Tapio: Alustavia tutkimustuloksia hyönteis- ja sienituhoista pystykarsituissa männiköissä.
Preliminary study on insect and fungal damage in pruned Scots pine stands.
- No 664 Laasasenaho, Jouko & Päivinen, Risto: Kuvioittaisen arvioinnin tarkistamisesta.
On the checking of inventory by compartments.
- No 665 Metsäntutkimuslaitoksen julkaisut 1985.
Abstracts of publications of the Finnish Forest Research Institute, 1985.
- No 666 Valsta, Lauri: Mänty-rauduskoivusekametsikön hakkuuohjelman optimointi.
Optimizing thinnings and rotation for mixed, even-aged pine-birch stands.
- No 667 Lipas, Erkki: Maan ravinnetila siemenviljelyksillä.
Soil fertility levels in Finnish seed orchards.
- No 668 Uusvaara, Olli: Sahanhakkeen painomittaus.
Weight scaling of sawmill chips.
- No 669 Kortesharju, Jouko & Mäkinen, Yrjö: Vaotuksen, lannoituksen ja katteiden vaikutus hillaan karuilla luonnon-tilaisilla soilla.
The effect of furrowing, fertilization, and mulching on cloudberry (*Rubus chamaemorus*) on virgin oligotrophic mires.
- No 670 Jäppinen, Jukka-Pekka, Hotanen, Juha-Pekka & Salo, Kauko: Marja- ja sienisadot ja niiden suhde metsikkö-tunnuksiin mustikka- ja puolukkatyyppin kankailla Ilomantsissa vuosina 1982—1984.
Yields of wild berries and larger fungi and their relationship to stand characteristics on MT and VT-type mineral soil sites in Ilomantsi, eastern Finland, 1982—1984.
- No 671 Parviainen, Jari & Antola, Jukka: Taimien kehitys ja juuriston morfologia eri taimilajeilla perustetuissa männynistutuksissa.
The root system morphology and stand development of different types of pine nursery stock plantations.
- No 672 Onttinen, Sirpa: Metsurin työvälinekustannukset 1985.
Forest workers' equipment costs in Finland in 1985.
- No 673 Gustavsen, Hans Gustav & Päivänen, Juhani: Luonnontilaisten soiden puustot kasvillisella metsämaalla 1950-luvun alussa.
Tree stands on virgin forested mires in the early 1950's in Finland.
- No 674 Mikkola, Kari & Sepponen, Pentti: Kasvupaikkatekijöiden ja kasvillisuuden suhteet Luoteis-Enontekiön tunturikoivikoissa.
Relationships between site factors and vegetation in mountain birch stands in northwestern Enontekiö.

Metsäntutkimuslaitoksen julkaisusarjoja, Communicationes Institutii Forestalis Fenniae ja Folia Forestalia, koskevat yksittäiskappaletilaukset ja vaihtotarjoukset osoitetaan laitoksen kirjastolle. Tiedonantomisteita koskevat pyynnöt osoitetaan ao. tutkimusosastolle tai -asemalle.

Subscriptions concerning single copies of the publications, as well as exchange offers, can be addressed to the Library of the Institute.

Myynti: Valtion painatuskeskus, Annankatu 44, 00100 Helsinki 10, puh. (90) 17341

ISBN 951-40-0764-6
ISSN 0015-5543