

FOLIA FORESTALIA 676

METSÄNTUTKIMUSLAITOS · INSTITUTUM FORESTALE FENNIAE · HELSINKI 1986

PENTTI KESKITALO & PENTTI SEPPONEN

ERILAISTEN MOREENIMUOTOJEN
KASVUPAIKKAOMINAISUUKSIA
POHJOIS-SUOMESSA

THE SITE PROPERTIES OF DIFFERENT TYPES
OF MORaine FORMATION IN NORTHERN
FINLAND



METSÄNTUTKIMUSLAITOS
THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE

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

Puhelin: (90) 661 401
Phone:

Ylijohtaja: <i>Director:</i>	Professori <i>Professor</i>	Aarne Nyysönen
Julkaisujen jakelu: <i>Distribution of publications:</i>	Kirjastonhoitaja <i>Librarian</i>	Liisa Ikävalko-Ahvonen
Julkaisujen toimitus: <i>Editorial office:</i>	Toimittajat <i>Editors</i>	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 koeasemalla. Tutkimus- ja koetoimintaa varten laitoksella on hallinnassaan valtionmetsiä yhteensä n. 150 000 hehtaaria, jotka on jaettu 17 kokeilualueeseen 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 676

Metsäntutkimuslaitos. Institutum Forestale Fenniae. Helsinki 1986

Pentti Keskitalo & Pentti Sepponen

ERILAISTEN MOREENIMUOTOJEN KASVUPAIKKA- OMINAISUUKSIA POHJOIS-SUOMESSA

The site properties of different types of moraine formation
in northern Finland

Approved on 14.11.1986

SISÄLLYS

1. JOHDANTO	3
2. TUTKIMUSAINEISTO JA -MENETELMÄT	4
21. Moreenimuotojen luokittelu syntytyyvan perusteella	4
22. Tutkimusaineisto ja -alue	5
23. Aineiston käsittely	5
3. TUTKIMUSTULOKSET	6
31. Maan ominaisuudet eri moreenimuodoilla	6
Lajitekoostumus ja kivisyys	6
Podsoloituminen	6
Humuksen ominaisuudet	7
32. Moreenimuotojen kasvillisuus	8
33. Moreenimuotojen luokittelu	10
4. TULOSTEN TARKASTELUA	14
KIRJALLISUUS—REFERENCES	15
SUMMARY	17

KESKITALO, P. & SEPPONEN, P. 1986. Erilaisten moreenimuotojen kasvupaikkaominaisuuksia Pohjois-Suomessa. Summary: The site properties of different types of moraine formation in northern Finland. *Folia Forestalia* 676. 17 p.

Pohjois-Suomessa sijaitsevilta koelohjalta tehtiin mitauksia puustosta, aluskasvillisuudesta ja metsämaasta. Maalajiltaan tutkitut moreenit olivat hieta- ja hiekkamoreenia ja kivisyydeltään ne kuuluivat kivisten ja erittäin kivisten maiden luokkiin. Podsolimaannos oli kaikissa tutkituissa moreeneissa selvästi havaittava. B-horisonttiin rikastuneen raudan määrän perusteella podsoloituminen todettiin sitä voimakkaammaksi mitä korkeammalla koeloa sijaitsi.

Suurin osa mitatuista koelohjalta kuului kasvupaikkatyyppiltään tuoreisiin kankaisiin (48,5 %), ja loput kuuluivat kuivahkoihin kankaisiin (41,2 %) tai kuiviin kankaisiin (10,3 %). Humuskerroksen kasviraivinnemäärät vaihtelivat myös moreenityypeiltään (etenkin K ja N), ja ravinteilla todettiin selvä vaikutus aluskasvillisuuteen. Kasvillisuustunnuksista etenkin ruohojen ja jäkälien peittävyys korreloi puuston pituusboniteetin kanssa.

Sekä maatunnusten perusteella tehty faktorianalyysi-luokittelu että kasvillisuudesta tehty DECORANA-ordinaatioanalyysi osoittivat, että muista moreeneista erottuvat rehevät koutuamaiset harjanteet ja karut ablaatiomoreenit. Syntyvaltaan läheiset moreenit sijoittuvat sen sijaan lähelle toisiaan molemmissa tarkasteluissa. Poikkeuksena mainittakoon päämoreenit ja crag and tail -tyypin moreenit, joissa esiintyy moreenin syntyavasta johtuvaa sisäistä vaihtelua muodostuman eri osien välillä. Kaiken tämän voidaan tulkita vahvistavan sitä käsitystä, että moreenin synty tapa vaikuttaa sen kasvupaikkaominaisuuksiin.

Pelkkien geologisten tunnusten käyttö moreenien kasvupaikkaluokituksessa todettiin ongelmalliseksi, joten olisi pyrittävä kehittämään geologisten tunnusten käyttöä luokittelussa yhdessä kasvillisuus- ja puustotunnusten kanssa.

The tree stand, ground vegetation and soil were investigated on sample plots situated in northern Finland. The moraines included in the study consisted of fine-sand and sand moraines, and were stony or extremely stony. Podzol formation was clearly visible in all the moraines. Judging by the amount of iron accumulated in the B horizon, the degree of podzolisation was the stronger, the higher the location of the sample plot.

The majority of the sample plots were of the moist upland site type (48.5 %), and the rest dryish upland sites (41.2 %) or dry upland sites (10.3 %). The amount of plant nutrients in the humus layer also varied by different moraine type (especially K and N), and the nutrient contents were found to have a clear effect on the ground vegetation. As regards the vegetation parameters, the coverage of herbs and lichens especially were correlated with the height index of the tree stand.

Both the factor analysis classification done on the basis of the soil properties, and the DECORANA ordination analysis done on the vegetation, indicated that the fertile Koutua-type ridges and infertile Ablation moraines differed from the other types of moraine. On the other hand, moraines with a similar type of genesis are placed close to each other in both analyses. An exception to this are the terminal moraines and Crag and tail -type moraines where, owing to the mode of formation of the moraine, there is variation between the different parts of the formation. All this can be considered to confirm the assumption that the type of development of a moraine formation affects its site properties.

The use of geological parameters in the site classification of moraines proved to be problematic, and hence attempts should be made to develop classification systems utilizing a combination of geological parameters and vegetation and tree stand parameters.

Keywords: moraine, classification, site types, ordination
ODC 114.467+114.5 (480.9+480.99)+54

Authors' address: The Finnish Forest Research Institute, Rovaniemi Research Station, PL 16, SF-96301 Rovaniemi, Finland.

ISBN 951-40-0765-4
ISSN 0015-5543

Helsinki 1986. Valtion painatuskeskus

1. JOHDANTO

Kasvillisuuden muotoutuminen riippuu paikan ilmastosta ja maan ominaisuuksista (esim. Cajander 1925). Metsämaan ominaisuuksiin vaikuttavat puolestaan useat tekijät. Näitä ovat esimerkiksi kallioperä ja erilaiset geologiset prosessit, ilmasto sekä kehittyvä eliöyhteisö. Voidaan olettaa, että kallioperän mineraalikoostumuksen ohella geologisen syntyvän merkitys kasvupaikkaan on ratkaiseva, sillä se vaikuttaa maan lajitekoostumukseen ja maan rakenteeseen, joka puolestaan vaikuttaa ravinteiden- ja vedenpidätyskykyyn (Sepponen 1985). Suomessa metsien kasvualustan muotoutumiseen ovat vaikuttaneet lähinnä jääkauteen liittyvät geologiset toiminnot.

Suomen kangasmetsämaasta valtaosa (n. 80 %) on erilaisia moreeneja, jotka ovat kasaantuneet usein selvästi tunnistettaviksi moreenimuodoiksi. Ne voidaan yleensä luokitella syntyvän mukaan. Moreenimuotojen käyttöä kasvupaikkaluokittelussa vaikeuttaa niiden heterogeenisuus ja mosaikkimaisuus, sillä ne voivat olla kerroksellisia ja joukossa voi olla lajittuneita maalajeja (Aario 1977). Useille moreenimuodoille on lisäksi tyyppillistä suuret erot mm. distaali- ja proksimaalipäiden välillä. Lajittuneilla mailla metsämaiden luokittelu on homogeenisuuden vuoksi ehkä selväpiirteisempää (Sepponen 1985).

Moreenimaita ei ole Suomessa juuri luokiteltu metsän kasvupaikkaominaisuuksien perusteella (Okko 1944). Sen sijaan maan ominaisuuksien vaikutusta kasvillisuuden kannalta keskeisiin tekijöihin on käsitelty useissa yhteyksissä (esim. Granlund ja Wennerholm 1934, Aaltonen 1941, Aartolahti 1973, Urvas ja Erviö 1974, Söyrinki ym. 1977, Sepponen ym. 1979, Sepponen 1981 ja 1985). Maan ominaisuuksista lajittuneisuudella ja lajitekoostumuksella samoin kuin

humuksen laadulla ja paksuudella on todettu olevan merkitystä kasvupaikalle (Lähde 1974 ja Sepponen 1985). Tutkimuksissa ei ole todettu yksiselitteistä riippuvuutta maalajin ja metsätyypin välillä.

Tutkimuksen hypoteesiksi asetettiin: ”Koska erilaiset geologiset prosessit tuottavat raekokojakaumaltaan ja rakenteeltaan erilaisia maita, ovat näin syntyvät maaperägeologiset muodot myös kasvupaikkoina erilaisia”. Mikäli hypoteesi pitäisi paikkansa voitaisiin metsien luokituksessa käyttää apuna moreenimuotoja, sillä ne voidaan tunnistaa maastossa ja usein myös ilmakuvilta. Maasta lähtevä luokitus olisi käyttökelpoinen myös mailla, joilla metsänhoito tai muu toiminta on muuttanut alkuperäistä kasvillisuutta ja joilla kasvillisuuteen perustuva luokitus ei siten ole mahdollista tai ainakaan helposti toteutettavissa.

Tutkimuksen tarkoituksena on tarkastella, voidaanko syntyvaltaan erilaisia moreeneja luokitella maan ominaisuuksien ja kasvillisuuden avulla.

Tutkimus liittyy osana Metsäntutkimuslaitoksen Rovaniemen tutkimusosastolla käynnistettyyn tutkimukseen ”Pohjois-Suomen kasvupaikkojen kuvaus- ja luokitusjärjestelmä”.

Työ perustuu Pentti Keskitalon kesällä 1982 keräämään aineistoon. Aineisto kerättiin Oulun yliopiston geologian laitoksella professori Risto Aarion johdolla toimineen Suomen Akatemian rahoittaman SOMA-projektin maastotöiden yhteydessä. SOMA-projektin aiheena on ”jäätikkösyntyisten maaperämuodostumien koostumus, ominaisuudet ja käyttösoveltuvuus” (04—114). Tutkimuksen suunnittelussa auttoi apulaisprofessori Seppo Eurola. Tutkitut moreenimuodostumat valitsi Aario, laboratoriotyöt teki laborantti Raija Korhonen ja kuvat viimeisteli Raimo Pikkupeura. Englanninkieliset tekstinosat käänsi John Derome. Käsikirjoituksen tarkastivat professori Risto Aario ja tohtori Olavi Laiho. Esitämme parhaat kiitokset kaikille edellä mainituille.

2. TUTKIMUSAINEISTO JA MENETELMÄT

21. Moreenimuotojen luokittelu syntyävän perusteella

SOMA-projektin yhteydessä tutkittiin syntyvaltaan erilaisia moreeneja Pohjois-Suomessa. Metsämaatutkimukseen valittiin 33 edustavaa moreenimuodostumaa, jotka professori Risto Aario jakoi syntyävän perusteella yhteentoista luokkaan (Aario ym. 1984 ja aiheesta lisää esim. Sugden ja John 1976, Aario 1977). Luokkien nimet voivat syntyävän ohella kuvata luokkien sijaintia. Seuraavan moreenimuotojen syntyävän kuvauksen on tehnyt Aario (ks. myös taulukko I ja kuva 1).

Rogen-moreeneja edustavat tutkimuksessa varsinaiset Rogen-harjanteet sekä niitä lähellä oleva Kemijärven kumpumoreeni. Rogen-harjanne (luokka I) on syntynyt jäätikön sisemmässä reunavyöhykkeessä jäätikön pohjan aaltoilevassa virtauksessa. Loppuvaiheessa muodostuman syntyyn on liittynyt voimakasta sulamisen ja jäätymisen vaihtelua, joka on louhinut kallioperästä irti suuria lohkarkeitä. Lohkareet ovat sittemmin kulkenet jäätikön mukana muodostumien päälle. Rogen-harjanne on jaettu kahteen osaan, sillä Leppälän poikkiselänteen (Ib) sijainti poikkeaa huomattavasti muista Rogen-harjanteista. Edelliseen johdosta on jo lähtöaines erilaista, joten ominaisuuksien ei välttämättä tarvitse vastata muita Rogen-muodostumia. Rogen-harjanteet ovat rinnakkaisia drumliinien (V) kanssa siten, että Rogen-muodostumat ovat sijoittuneet laaksoihin ja drumliinit (V) korkeammille alueille.

Kemijärven kumpumoreeni (luokka II) kuuluu Rogen-moreenien kanssa läheiseen muodostumaryhmään, ja tutkimusalueella muodostumat kuuluvatkin samaan muodostumakompleksiin. Kummuissa voi kuitenkin olla enemmän lajittuneita aineksia, sillä ne liittyvät usein syntyapahtuman viimevaiheiden melt-out (vajo) ja flow-prosesseihin (valu).

Koutuan harjanne (IIIa) ja Vepsän pitkittäismoreeni (IIIb) muistuttavat synnyltään toisiaan. Koutuan harjanne (IIIa) on syntynyt jäätikkökielekkeiden välialueelle sisempiin jäätikön osiin. Se käsittää sekä sisempien vaiheiden ns. sinertävänharmaata moreenia, joka on hienoainespitoista, mutta myös pintaosissaan reuna-
vyöhykkeiden moreeneita, jotka ovat hieman karkeampia. Koutuan harjanne on kuitenkin selvä pohjamoreenimuoto. Vepsän pitkittäismoreeni (IIIb) sisältää niin ikään pohjamoreenia sekä paikoin jäätikön reunaosissa tai Itämeren muinaisissa rantavaiheissa kerrostunutta huuhtoumaa.

Kiantamoreeni (luokka IV) käsittää kumpuja, jotka ovat muodostuneet hienosta aineksesta. Hienoaines sisältää vanhoja rapautuma-aineksia. Kiantamoreeni on tulkittu yleensä pohjamoreeniksi, mutta mukana on myös ablaatiomoreenikumpareita.

Drumliinit (luokka V) ovat syntyneet sisempään reuna-
vyöhykkeeseen jään aktiivisessa virtauksessa. Yleensä katsotaan, että muodostuminen liittyy jäätikön ekstensiiviseen virtaukseen. Drumliinien aines on usein verraten tiivistä pohjamoreenia, joka on kauttaaltaan homogeenista.

Lee-harjanteet (luokka VI) ovat usein samankaltaisia aineksestaan kuin drumliinit (V) ja crag and tail (VII)-muodostumat. Tutkimuksessa mukana olevat muodos-

tumat ovat vaarojen suojapuolen rinnakkaisia pienehköjä harjanteita, jotka ovat luonteenomaisia Kemijärven alueelle. Lee-harjanteen aines on vallitsevasti pohjamoreenia, joka on heikosti lajittunutta.

Crag and tail -muodot (luokka VII) ovat synnyltään drumliinien kaltaisia, ja myös aineksestaan muodostumat ovat lähellä toisiaan. Erona drumliineihin on kallionnysty (crag l. este), joka on aiheuttanut moreeniaineksen kerrostumisen ympärilleen ja lähinnä taakseen (tail l. häntä).

Ablaatiokumpumoreeni (luokka VIII) on yleensä huuhtoutunutta moreenia, jossa on siten paljon lajittuneita aineksia. Raekoon on todettu olevan yleensä hieman karkeampaa kuin huuhtoutumattomissa moreeneissa. Ablatiokumpumoreenin aines käsittää sekä ns. flow-till että melt-out till moreeneita. Edellisen luokan kaltainen on Ruopsan ablaatiomoreeniselänne (luokka IX), joka on syntynyt jäätikön raiioon jäätikön reuna-
vyöhykkeessä.

Taulukko 1. Moreeniluokkien nimet ja korkeus meren pinnasta. Sijainti on esitetty kuvassa 1.

Table 1. The names and altitudes (m) of the moraine classes. Their location is shown in Fig. 1.

Moreeniluokka <i>Moraine</i>	Koealojen lukumäärä <i>Number of sample plots</i>	Korkeus mpy. <i>Height a.s.l.</i>
Ia Rogen-harjanne <i>Rogen-ridge</i>	13	170—180
Ib Leppälän poikkiselänne <i>Leppälä transverse ridge</i>	8	220
II Kemijärven kumpumoreeni <i>Kemijärvi hummocky moraine</i>	29	190—210
III Koutuamaiset harjanteet <i>Koutua-type ridges</i>		
IIIa Koutuan harjanne <i>Koutua ridge</i>	18	90—100
IIIb Vepsän pitkittäismoreeni <i>Vepsä ridge</i>	14	90
IV Kiantamoreeni <i>Kianta moraine</i>	24	220—240
V Drumliini <i>Drumlin</i>	35	80—200
VI Lee-harjanne <i>Lee-ridge</i>	5	190
VII Crag and tail <i>Crag and tail</i>	17	180—200
VIII Ablatiokumpumoreeni <i>hummocky disintegration moraine</i>	9	90
IX Ruopsan ablaatiomoreeni <i>Ruopsa ablation moraine</i>	5	200
X Korppikangas <i>Marginal formation of Korppikangas</i>	13	80
XI Vikamoreeni <i>Vika moraine</i>	4	130

Korppikangas (luokka X) kuuluu ominaisuuksiltaan hyvin vaihteleviin päämoreeneihin. Päämoreenit sisältävät yleisesti sekä lajittuneita että lajittumattomia aineksia siten, että lajittumattomat ainekset ovat jäätkön tulopuolella eli proksimaalipäässä, kun taas hienot ainekset ovat distaalipäässä. Vikamoreeni (luokka XI) on myös pieni päämoreeni, jonka synty on tulkittu puskumoreeniksi.

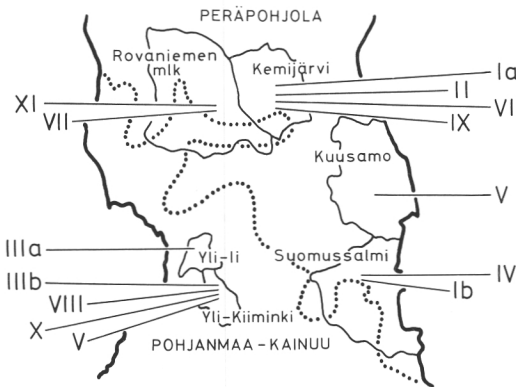
22. Tutkimusaineisto ja -alue

Tutkitut koealat (yhteensä 194 kpl) sijaitsevat tyyppillisillä moreenimailla Pohjanmaa—Kainuun ja Peräpohjan metsäkasvillisuusvyöhykkeiden alueilla (kuva 1).

Tehoisa lämpösukka vaihtelee tutkimusalueilla välillä 800—1000 yksikköä. Termisen kasvukauden pituus on Kemijärven koealoilla n. 130 vrk nousten Yli-Kiimingin aloilla n. 145 vuorokauteen (Kolkki 1966). Vuotuinen sademäärä vaihtelee 600—650 mm:n välillä, ja korkein se on Kainuussa (Suomen Kartasto 1960).

Kallioperä muodostuu Kemijärven alueella pääosin graniittista. Tohmon aluetta ei vielä tunneta tarkasti, mutta siellä arvelaan graniitin ohella olevan myös metamorfoituneita sedimenttikivilajeja. Yli-Iin, Suomussalmen ja Kuusamon kallioperän muodostavat happamat graniittigneissikivilajit, kun taas Rovaniemen maalaiskunnan alueella kallioperä muodostuu kvartsiiteista ja vulkaniiteista. Yli-Kiimingin koealat sijoittuvat pääosin liuskeisten sedimenttikivilajien (kiilleliuskeita ja kvartsiitteja) alueelle (Suomen Kartasto 1960).

Koealat mitattiin moreenimuotojen yli vedetyiltä linjoilta siten, että eri suuntaisille rinteille ja muodostuman lakiosaan sijoittui vähintään yksi koeala. Lajien peittävyudet arvioitiin viideltä 1 m²:n kokoiselta ruu-



Kuva 1. Tutkittujen moreenikoealojen maantieteellinen sijainti kunnittain. Kuvaan on piirretty myös Pohjanmaa—Kainuun ja Peräpohjan metsäkasvillisuusvyöhykkeiden välinen raja. Moreenien nimet taulukossa 1.

Fig. 1. Geographical location of the different moraine sample plots by district. The border between the Pohjanmaa—Kainuu and Peräpohjan forest vegetation zones are also drawn in the figure. See Table 1 for the names of the moraines.

dulta koealaa kohti (menetelmästä ks. myös Sepponen 1985). Puustosta määritettiin valtaikä ja -pituus kolmen järeimmän puun keskiarvona.

Maasta mitattiin eri horisonttien paksuudet, ja horisonteista otettiin maanäytteet analyysejä varten. Maiden kovuus esti erällä muodoilla perusmaanäytteen otton. Maanäytteet säilytettiin muovipusseissa kylmälaboratoriossa (−5 °C) analysointiin asti. Koska näytteiden otto ajoittui kolmen kuukauden ajalle, voi tuloksiin vaikuttaa ajankohdasta riippuvat tekijät (mm. säätila).

Lajitekoostumuksen määrittämisessä eroteltiin läpimitaltaan yli 2 mm:n lajitteet toisistaan kuivaseulonnalla ja alle 2 mm:n lajitteet käyttäen liettoa (Elonen 1971). Yli 60 mm:n kivet poistettiin näytteistä ennen määrittystä. Lajitekoostumus analysoitiin 184 koealalta.

Kalsiumin, kaliumin ja fosforin määrittämiseen käytettiin kuumaa 2N HCl-uuttoa, uutossuhteen ollessa 2 g kuivattua maata ja 50 ml suolahappoa. Kalsium ja kalium määritettiin atomiabsorptiospektrofotometrillä ja fosfori kolorimetrisesti. Rauta määritettiin kolorimetrisesti käyttäen ns. Tammin (1922) uutetta. Happamussäätöä varten käytettiin uutossuhteenä tislattua vettä (menetelmistä tarkemmin Sepponen 1985). Näytteitä oli 184 koealalta.

Maan kivisyys määritettiin Viron (1952) esittämällä menetelmällä, jossa 1 cm:n vahvuista metallista russia työnnetään maahan satunnaisiin kohtiin eri puolille koealaa. Kivisyys arvioitiin 30 painalluksen keskiarvona, ja mittaus suoritettiin kaikilta 194 koealalta.

23. Aineiston käsittely

Kivinäisimaan keskirakoko (mediaani, Md) määritettiin seulontatulosten perusteella tehdystä seulontäkäyrästä. Käyrästä saatiin myös 75 %:a (Q₃) ja 25 %:a (Q₁) vastaavat raekoot, joiden avulla laskettiin maan lajittuneisuusarvot (sorting, S₀) maan rikastumiskerroksesta; (Uusinoka 1981, Sepponen 1985). Kullekin horisontille saatiin käyrästä vielä hienojen lajitteiden (raekoko alle 0,06 mm) osuus koko aineksestä.

Puuston pituusboniteetti laskettiin valtipituuden ja -iän avulla. Boniteetti-arvot saatiin Gustavsenin (1980) pituusboniteettitaulukoista. Luokitus perustuu puuston valtipituuteen 100 vuoden iällä (H₁₀₀).

Kasvillisuuden vaihtelua eri moreeneilla tarkasteltiin peittävyysprosenttien ja frekvenssien avulla. Eri muotojen vertailussa käytettiin DECORANA-ordinaatioanalyysiä. Eri ominaisuuksien välistä korrelaatioita tarkasteltiin BMDP-ohjelmilla Bivariate Plots ja Nonparametric Analysis (BMDP Statistical Software 1981).

Maan ominaisuuksien analysointiin käytettiin faktoriaaliansyysiä (P4M, BMDP). Koealoja kuvaavina tunnuksina käytettiin keskeisten ravinteiden (N, P, K ja Ca) määrää humuksessa, lajitekoostumusta kuvaavia tunnuksia (Md, S₀, hienojen lajitteiden osuus eri horisonttien keskiarvona sekä kivisyys) sekä A- ja B-horisonttien paksuuksia. Kasvillisuusmuuttujina olivat ruohojen, jäkälien ja mustikan peittävyudet sekä pituusboniteetti.

3. TUTKIMUSTULOKSET

31. Maan ominaisuudet eri moreenimuodoilla

Lajitekoostumus ja kivisyys

Moreenimuotojen keskiraekoko määritettiin rikastumiskerroksesta. Koealoittain tarkasteltuna suurin osa mediaaneista osuu karkean hietamoreenin tai hienon hiekkamoreenin kohdalle (kuva 2).

Moreeniluokkien mediaanien keskiarvot olivat pääosin hienon tai karkean hiekkamoreenin kohdalla (taulukko 2). Vain Kiantamoreenin (IV) ja Vikamoreenin (XI) mediaani vastasi maalajiltaan karkeaa hietamoreenia ($Md < 0,2$ mm). Selvästi karkein rae-koko oli koutuamaisilla harjanteilla (III), ja Vepsän pitkittäismoreenin keskiarvo osui hienon soramoreenin kohdalle.

Lajittuneisuus oli moreeneilla vähäistä (taulukko 2). Lajittunein kivennäismaa oli Lee-harjanteella (VI) ja Koutuan harjanteella (IIIa). Vepsän muodon (IIIb) lajittuneisuuden suuri sisäinen vaihtelu (S_0 1,9—12,0) johtuu muodostuman huuhtouma-alueista. Yksittäisistä koaloista eniten lajittuneita olivat eräät Koutuan harjanteen, ablaatiokumpumoreenin (VIII) ja Kemijärven kumpumoreenin (II) koalat.

Hienojen lajitteiden osuudet (alle 0,06 mm) vaihtelivat moreenimuotojen sisällä eri horisonteissa melko vähän. Poikkeuksena olivat koutuamaiset harjanteet (III), sillä niiden perusmaat olivat karkeasta pinnasta huolimatta hienorakeisia ja tiiviitä (ei saatu näytteitä). Selvin ero hienoainespitoisuudessa yksittäisen moreenimuodon sisällä oli Korppikankaan päätmoreenilla (X), jonka proksimaalipään hienojen lajitteiden osuus vaihteli 5—15 %:n välillä, kun osuus distaalipäässä oli 17—64 %. Siten Korppikangas (X) edustaa tyypillistä päätmoreenia. Muissa moreeniluokissa suuri sisäinen vaihtelu johtui eri tyyppisistä moreenimuodostumista luokan sisällä. Koutuan harjanteen (IIIa) ohella vähän hienoa ainesta oli Ruopsan ablaatiomoreenissa (IX).

Suurin osa moreeneista luokiteltiin erittäin kiviseksi (luokka III). Kivisiä moreenimuodoista oli vain viisi (luokka II), ja vähä-

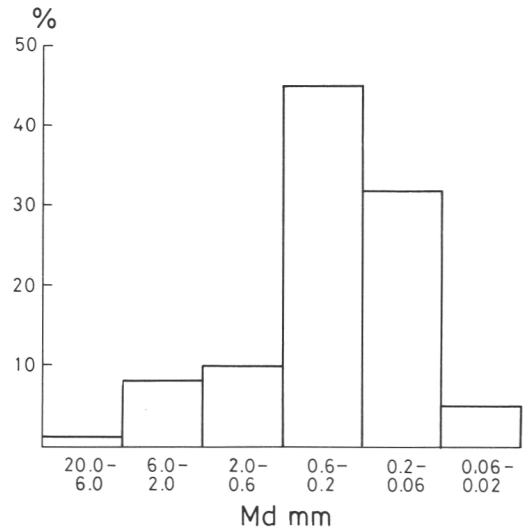
kivisiä muodoista ei ollut yksikään (taulukko 2).

Podsoloituminen

Kaikilla tutkituilla koaloilla podsoloitumisen synnyttämät horisontit näkyivät suhteellisen hyvin. Humuksen paksuuden arvot vaihtelivat moreenien keskiarvoina 2—7 cm:n välillä (taulukko 3). Huuhtoutumiskerroksen paksuus vaihteli vielä selvemmin. Paksuin huutoutumiskerros oli Vepsän pitkittäismuodolla (IIIb) ja crag and tail -moreenilla (VII).

Huuhtoutumiskerroksen paksuus korreloi erittäin merkittävästi huuhtoutumis- ja rikastumiskerroksen sekä perusmaan hienojen lajitteiden määrän kanssa (taulukko 7). Sen sijaan mediaanilla ja lajittuneisuudella ei havaittu korrelaatioita horisonttien paksuuteen.

Podsoloitumista tutkittiin moreeneilla rikastumis- ja huuhtoutumiskerroksen raudan määrän suhtena (määrät taulukossa 3).



Kuva 2. Tutkittujen koalojen metsämaan jakaantuminen raekokoluokkiin keskiraekoon (Md) mukaan.
Fig. 2. Distribution of the soil on the sample plots into particle size classes according to the mean particle size (Md).

Taulukko 2. Tutkittujen moreeniluokkien maan ominaisuuksia keskiraekoon mukaisessa järjestyksessä (luokkien nimet taulukossa 1).

Table 2. The soil properties, in order of mean particle size, of the different moraine classes (see Table 1 for names of moraines).

Moreeni Moraine	Maa- laji Soil type	Md (mm)		S ₀		< 0.06 mm (%)		Kivisyys- luokka Stoniness class
		\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s	
XI	kHtMr	0,11	0,10	5,0	1,6	46	17	III
IV	kHtMr	0,19	0,09	4,1	0,9	29	9	II
V	hHkMr	0,21	0,07	3,6	0,8	26	6	II
II	hHkMr	0,23	0,19	4,2	2,1	37	21	II
VIII	hHkMr	0,36	0,16	5,2	1,9	14	5	III
Ib	hHkMr	0,42	0,20	5,7	2,1	21	6	III
VI	kHkMr	0,51	0,56	2,9	0,4	18	9	III
Ia	kHkMr	0,71	1,06	4,5	0,9	27	19	III
X	kHkMr	0,75	1,15	4,8	1,7	23	15	II
VII	kHkMr	0,94	1,99	3,6	0,7	19	14	III
IX	kHkMr	1,64	1,80	4,1	3,5	12	8	III
IIIa	kHkMr	1,95	1,56	3,4	2,0	8	7	II
IIIb	hSrMr	2,47	2,40	5,5	3,3	14	9	III
\bar{x}		0,68		4,2		25		

Taulukko 3. Moreenimuotojen horisonttien paksuus sekä raudan määrä huuhtoutumis- ja rikastumiskerroksessa.

Table 3. Thickness of the horizons, and the iron content of the elluviated and accumulation layers of the moraine formations.

Moreeni Moraine	Horisonttien paksuus cm Thickness of the horizons				Fe (mg/100 g)			
	\bar{x}	A ₀	A		A-hor.		B-hor.	
			\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s
Ia	5	2	6	3	2,3	0,5	15,0	1,3
Ib	4	2	3	1	1,9	0,5	18,0	1,4
II	4	2	5	3	2,7	0,5	20,2	1,5
IIIa	5	1	13	3	2,3	0,5	13,0	1,2
IIIb	7	2	9	6	7,2	0,9	21,3	1,5
IV	4	2	5	2	1,5	0,4	14,5	1,2
V	5	2	5	2	1,3	0,4	12,5	1,1
VI	4	1	7	2	1,3	0,4	11,8	1,2
VII	6	3	13	7	2,2	0,5	13,4	1,2
VIII	2	1	6	2	3,2	0,6	10,2	1,1
IX	2	1	5	2	3,3	0,6	14,9	1,4
X	5	1	6	2	2,0	0,5	15,6	1,3
XI	3	1	3	2	7,2	1,0	20,9	1,7
\bar{x}	5		7		2,1		15,4	

Podsoloituminen oli sen perusteella selvän Kuusamon drumliineilla, missä B-horisontin raudan määrä oli 14-kertainen A-horisonttiin nähden. Pienin ero raudan määrässä horisonttien välillä oli Yli-Kiimingin Vepsän moreenilla (IIIb) ja ablaatiokumpumoreenilla sekä Vikamoreenilla (Rovaniemen mlk). Tämän suhdeluvun sekä maaston korkeuden väliseksi korrelaatiokertoimeksi saatiin 0,29, joka on tilastollisesti erittäin merkitsevä. Podsoloituminen on tämänkin tunnuksen mukaan sitä selvempää mitä korkeammalla moreenimuoto sijaitsee.

Humuksen ominaisuudet

Moreenimuotojen humuksen pääravinteiden määrät sekä metsämaan happamuusarvot nähdään taulukosta 4. Kaikki muodot olivat humukseltaan happamia, ja ravinteiden määrä oli suhteellisen alhainen.

Typen osuus humuksessa oli suurin koutumaisten harjanteiden kuusivaltaisissa sekametsissä. Myös ablaatiokumpumoreenin (VIII) ja Korppikankaan (X) mäntyvaltaisissa metsissä prosenttiosuus nousi yli yhden. Heikoimmat moreenit typhen suhteen olivat

Taulukko 4. Moreenimuotojen humuskerroksen vesipitoisuus, happamuus sekä ravinteiden jakautuminen humuskerroksessa (järjestys tynen mukaan, n = 185).

Table 4. The moisture content, acidity and distribution of the nutrients in the humus layer of the moraine formations (in order of nitrogen content, n = 185).

Moreeni Moraine	pH	N _{tot} %		K		P		Ca		Vesipit. Moisture content %	
		\bar{x}	s	\bar{x}	s	$\frac{\text{mg}}{\text{x}}$	$\frac{\text{mg}}{\text{s}}$	\bar{x}	s	\bar{x}	s
IIIa	4,1	1,10	0,18	127	37	27	5	260	75	26	5
IIIb	4,4	1,08	0,17	124	56	37	9	327	97	10	3
VIII	4,2	1,01	0,08	75	13	31	7	319	58	11	4
X	4,1	1,00	0,15	80	22	35	9	279	42	23	6
V	4,1	0,90	0,27	75	20	20	10	237	90	16	7
VII	4,1	0,87	0,24	76	24	22	4	230	58	14	6
XI	4,2	0,84	0,24	86	47	28	9	231	64	9	2
II	4,1	0,82	0,24	65	21	24	7	248	77	16	6
IX	4,1	0,82	0,16	63	18	20	5	266	100	7	3
IV	4,2	0,80	0,26	82	32	14	5	228	81	12	6
Ia	4,1	0,80	0,22	69	31	23	7	251	76	20	5
Ib	4,0	0,73	0,31	79	28	16	3	232	97	8	6
VI	3,9	0,53	0,11	49	14	17	5	154	29	11	2
\bar{x}	4,1	0,88		81		24		251		15	

Rogen-moreenit (Ia ja Ib) sekä Lee-harjanne (VI).

Kalsiumin määrä oli Yli-Kiimingin moreeneilla muita luokkia suurempi, mikä johtuu niiden kallioperästä. Samat muodot olivat myös fosforin suhteen parhaimpia.

Kaliumin suhteen selvästi muita luokkia ravinteisempia olivat koutuamaiset harjanteet (III). Lee-harjanne oli heikoin lähes kaikkien ravinteiden osalta.

Moreenimuotojen humuksen vesipitoisuus vaihteli keskimäärin 7 ja 26 %:n välillä (taulukko 4). Kiviset mäntykankaiset moreenit erottuivat selvästi kuivempina tuoreista metsämaista. Yksittäisistä koealoista yli 30 %:n vesipitoisuus on Koutuan harjanteen ja Korppikankaan distaalipään eräiden koealojen humuksessa. Tuloksiin voi osin vaikuttaa myös näytteenottohetken säätila. Moreenimuotojen fysikaalisten tekijöiden ei todettu selvästi vaikuttavan maiden kemiallisiin ominaisuuksiin. Vain lajittuneisuuden vähenemisellä oli vaikutusta humuksen kalium- ja fosforipitoisuuksiin (taulukko 7).

32. Moreenimuotojen kasvillisuus

Pääosa moreenimuotojen koealoista kuului kasvupaikkatyybiltään tuoreisiin (48,5 %) ja kuivahkoihin kankaisiin (41,2 %). Koe-

aloista 10,3 % edusti kuivia kankaita. Moreeneilta ei tavattu lainkaan karukkokankaita eikä lehtomaisia kankaita.

Taulukkon 5 on kasvupaikkatyyppin ohella koottu moreenimuotojen mustikan ja ruohojen keskimääräiset peittävyudet rehevyyden osoittamiseksi. Jäkälän keskimääräinen peittävyys puolestaan kuvaa moreenien karuutta.

Kaikille moreeneille oli yhteistä ruohojen pieni peittävyys. Rehevin aluskasvillisuus oli koutuamaisten harjanteiden (III), Kiantamoreenin (IV) sekä Korppikankaan (X) tuoreilla kankailla. Karuimmat muodot olivat puolestaan kiviset ja kuivat Lee-harjanne (VI) sekä ablaatiomoreenit (VIII, IX). Kasvilajien tai ryhmien peittävyysien hajonnat olivat moreeneilla suuria, ja ne johtuivat paljolti eksposition vaikutuksesta. Korppikankaan päätemoreenilla voitiin kuitenkin havaita maan koostumuksesta johtuvia eroja kasvillisuudessa, sillä karkean proksimaalipään kasvillisuus kuului kuiviin kankaisiin, kun distaalipään koealat kuuluivat tuoreisiin kankaisiin.

Tutkittujen moreenimuotojen puuston valtaikä oli eri muodoilla 30–150 vuotta ja valtapituus 8,8–22,2 metriä. Puuston pituusboniteetti (H_{100}) vaihteli moreenien keskiarvoina Ruopsan harjanteen 14,4 ja Kiantamoreenin (IV) 19,7 välillä (taulukko 6). Metsätyypeittäin tarkasteltuna parhaat boniteettiarvot olivat EVT- ja VMT-metsissä. Koska myös moreeniluokkien sisällä oli

Taulukko 5. Moreenimuotojen päämetsätyypit sekä mustikan, ruohojen ja jäkälien peittävyys mustikan peittävyuden mukaisessa järjestyksessä.

Table 5. The main forest site types of the moraine formations, and the coverage of Vaccinium myrtillus, herbs and lichens in the order of the coverage for V. myrtillus.

Moreeni Moraine	Päämetsä- tyypit Main forest site types	Mustikka V. myrtillus		Peittävyys % Vegetation dominance		Jäkälet Lichens	
		\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s
IIIb	HMT (VMT)	53	19	2,9	2,3	0,1	0,3
IIIa	HMT (VMT)	48	14	0,1	0,3	0,2	0,4
IV	VMT (EVT)	43	14	1,4	1,4	2,0	5,3
X	VMT (EVT)	40	16	0,1	0,3	1,3	3,9
V	EMT (EVT)	38	20	0,2	0,3	4,4	2,1
Ia	VMT	30	10	0,0		6,3	4,9
XI	EMT (HMT)	29	30	0,1	0,3	6,9	7,7
VII	VMT (EVT)	28	17	0,5	0,7	1,1	2,0
II	EMT (HMT)	25	14	0,2	0,5	5,6	6,0
Ib	EVT	23	17	2,2	2,2	13,5	13,6
VI	EMT	23	11	0,0		9,0	4,0
IX	MCCIT	16	15	0,0		20,6	12,1
VIII	ECT	5	3	0,0		19,8	14,4
	\bar{x}	34		0,6		4,7	

Taulukko 6. Moreenimuotojen pituusboniteetti ja koealojen jakautuminen pituusboniteettiluokkiin sekä kyseisten koealojen puulajisuudet (k = kuusi, m = mänty, + = koivu esiintyy yli 30 %:lla koealoista; suluisissa esiintyvän osuus selvästi vähäisempi). Järjestys H100:n mukaan.

Table 6. The height index of the stands on the moraine formations, the distribution of the sample plots into height index classes, and the tree species composition of the sample plots (k = Norway spruce, m = Scots pine, + = birch accounts for over 30% of the stand on the plot; proportions clearly lower are given in parantheses). Order according to height index (H_{100}).

Moreeni Moraine	\bar{x}	s	n	Pituusboniteetti Height index		16-18.9		n	<	16	
				>	19	n	n				
IV	19,7	3,0	24	17	m (k) +	5	m	2	k	m +	
IIIb	19,4	3,0	14	10	k m +	2	k	+	2	k	+
X	18,9	3,0	13	5	m (k) +	7	m (k)		1	k	
V	18,5	1,8	35	17	m (k)	15	m (k)		3	m (k)	
XI	17,8	1,5	4	2	m +	2	m		—		
Ib	16,9	3,4	8	2	m (k) +	4	m (k) +		2	k	m +
IIIa	16,4	2,6	18	4	m +	8	m k +		6	k (m)	+
Ia	16,0	1,3	13	1	m +	8	m (k)		4	m	
VII	15,9	1,4	17	1	m	11	m (k) +		5	m (k)	+
VIII	14,9	1,5	9	—		2	m		7	m	
II	14,6	1,7	29	1	m	7	m (k)		21	m	k +
VI	14,6	1,1	5	—		1	m		4	m	
IX	14,4	1,3	5	—		1	m		4	m	
	\bar{x}		194	60		73			61		

boniteetissa suurta vaihtelua, on taulukkoon 6 koottu moreenimuotojen koealojen jakautuminen eri pituusboniteettiluokkiin. Taulukosta nähdään lisäksi eri moreenimuotojen puulajisuudet. Kuusi menestyy tässä tutkituilla moreeneilla hieman huonommin kuin mänty, mikäli asiaa tarkastelee boniteettiarvoina. Selvimmin tämä näkyi Korppikan kaan päätmoreenilla (X) sekä koutuamaisilla harjanteilla (III).

Lajitekoostumuksella ei tutkimuksessa pystytty selittämään kasvillisuuden vaihtelua moreeneilla, sillä korrelaatiot jäivät merkityksettömiksi (taulukko 7). Ravinteisuus (etenkin K:n ja N:n määrä) vaikuttaa sen sijaan selvästi aluskasvillisuuteen. Myös humuksen vesipitoisuus on ratkaiseva kasvillisuuden luonteelle samoin kuin ekspotio. Ruohojen merkitsevä väheneminen ($r = 0,22$) vesipitoisuuden kasvaessa selittynee

Taulukko 7. Eri ominaisuuksien välinen korrelaatiomatriisi. Mukana ovat vain vähintään 1 %:n riskitasolla merkitsevät korrelaatiot.

Table 7. Correlation matrix for the different properties. Only correlations statistically significant at the 1 % risk level at least are included.

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.
1. pH	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
2. N	,18	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
3. K	,33	,47	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
4. P	,23	,51	,51	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
5. Ca	,35	,67	,26	,41	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
6. Mustikan peittävyys <i>Dominance of V. myrtillus</i>	.	.	,35	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
7. Ruohojen peittävyys <i>Dominance of herbs</i>	,28	,64	,25	.	.	,23	.	.	.	.	.	.	.	.	.
8. Jäkälien peittävyys <i>Dominance of lichens</i>	.	-,23	-,44	-,20	.	-,53	-,19	.	.	.	.	.	.	.	.
9. H ₁₀₀	.	.	.	.	.	,26	,43	-,32	.	.	.	.	.	.	.
10. Md	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
11. S ₀	.	.	,24	,20	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
12. Paksuus (A ₀) <i>Thickness of A₀-hor.</i>	.	,27	,22	.	.	,45	,26	-,59	.	.	.	.	.	.	.
13. Vesipitoisuus (A ₀) <i>Moisture content (A₀)</i>	.	,45	,21	,25	,23	,25	-,22	-,29	.	.	.	,38	.	.	.
14. Paksuus (A) <i>Thickness of A-hor.</i>	.	,27	,22	,27	.	.	.	-,20	.	.	.	,22	,19	.	.
15. < 0,06 mm	.	.	.	.	.	.	.	.	.	-,40	-,25	.	.	-,39	.

sammalten runsaudella kosteilla mailla.

Puuston pituusboniteetin ja maan fysikaalisten ja kemiallisten tekijöiden väliset korrelaatiot jäivät tilastollisesti merkityksettömiksi (taulukko 7). Puuston kasvua voidaan paremmin selittää metsätuotteen teorian mukaisesti. Niin mustikan, ruohojen kuin jäkälän peittävyys korreloivat erittäin merkittävästi pituusboniteetin kanssa (taulukko 7).

33. Moreenimuotojen luokittelu

Moreenimuotoja luokiteltiin sekä kasvillisuustunnusten että maan ominaisuuksien avulla. Kasvillisuustunnuksina käytettiin kasvilajien peittävyksiä, joiden perusteella DECORANA-ordinaatioanalyysi sijoitti moreenien koealat akseliston päävaihteluun mukaan (kuva 3). Kasvillisuudeltaan rehevimmät koealat sijoittuvat kuvan vasempaan ylänurkkaan ja karuimmat puolestaan oikeaan alanurkkaan.

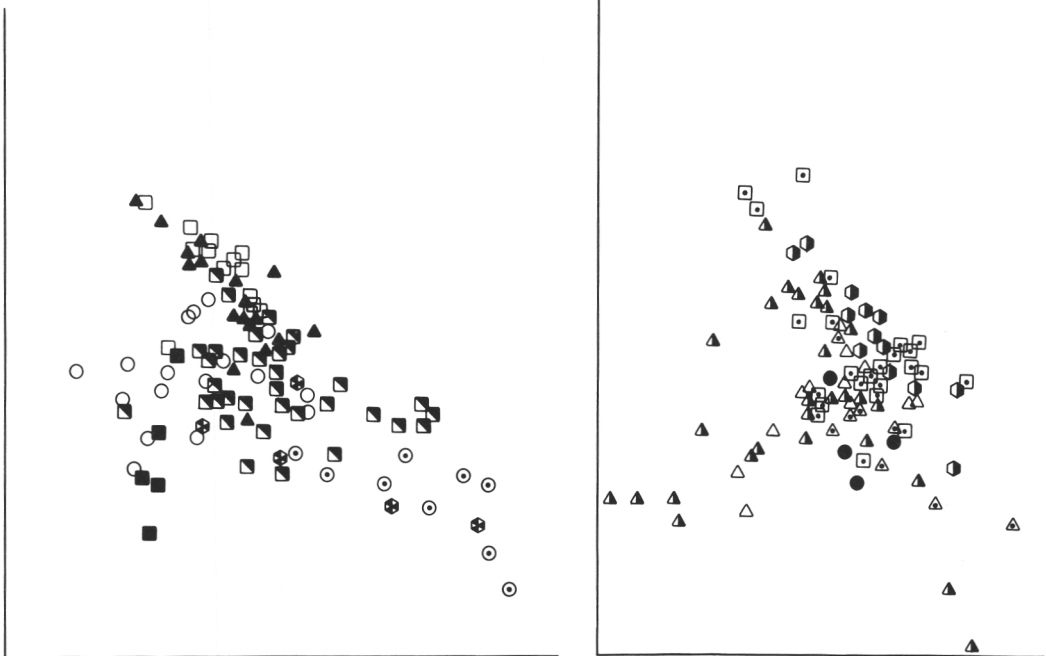
Eri moreenimuotojen koealat hajaantuvat suhteellisen vähän moreeniluokkien sisällä (kuva 3), mutta toisaalta koealat menevät päällekkäin muiden luokkien kanssa etenkin kuvion keskivaiheilla. Ordinaatioanalyysin

kuvaajasta erottuvat selvimmän karu ablaatiokumpumoreeni (VIII) ja toisaalta rehevät koutuamaiset harjanteet (III). Kuvaajan keskivaiheille sijoittuvat drumliinin (V) ja crag and tail -luokan (VII) koealat vaakatasoon (kuva 3). Korppikankaan päätmoreenin koealat sijoittuvat kuvaajassa pitkälle, mutta kapealle alueelle. Proksimaalipään koealat ovat kuvion alapäässä, kun taas distaalipään rehevät alat sijoittuvat kuvion yläosiin.

Syntyvalttaan läheisten moreenien koealat sijoittuvat myös lähelle toisiaan. Selvimmin asia ilmenee ablaatiomoreeneissa (luokat VIII ja IX) sekä koutuamaisilla harjanteilla (III). Myös drumliinin (V) ja crag and tail -luokan (VII) koealat ovat toistensa kaltaisia. Rogen-moreeneilla (Ia, Ib ja II) on hajonta suurta, mutta niilläkin voidaan havaita jonkinlaista keskittymistä.

Maan ominaisuuksia käyttäen luokittelu tehtiin faktorianalyysillä. Analyysi tuotti kolme selvää faktoria, joita kuvataan taulukossa 8.

Faktori I: "Kuntafaktori" saa korkeimmat lataukset humuksen vesipitoisuutta ja paksuutta kuvaavilla tunnuksilla. Moreenimuotojen koealoista faktorin lataukset ovat suurimmat Koutuan harjanteella (IIIa). Kuivilla ablaatiomoreeneilla (VIII, IX) ja Lee-harjanteella (VI) kaikki faktorin lataukset ovat puolestaan negatiivisia (taulukko 9).



- | | | |
|--|--|--|
| △ Rogen-harjanne
<i>Rogen-ridge</i> | ◻ Kiantamoreeni
<i>Kianta moraine</i> | ⊙ Ablaatiokumpumoreeni
<i>Hummocky disintegration moraine</i> |
| ▲ Leppälän poikkiselänne
<i>Leppälä transverse ridge</i> | ◼ Drumliini
<i>Drumlin</i> | ⊕ Ruopsan ablaatiomoreeni
<i>Ruopsa ablation moraine</i> |
| ▲ Kemijärven kumpumoreeni
<i>Kemijärvi hummocky moraine</i> | ■ Lee-harjanne
<i>Lee-ridge</i> | ⊖ Korppikangas
<i>Marginal formation of Korppikangas</i> |
| ▲ Koutuan harjanne
<i>Koutua ridge</i> | ○ Crag and tail
<i>Crag and tail</i> | ● Vikamoreeni
<i>Vika moraine</i> |
| □ Vepsän pitkittäismoreeni
<i>Vepsä ridge</i> | | |

Kuva 3. Moreenimuotojen koealojen ordinaatio kasvipeitteen mukaan. Koealat on jaettu kahteen eri kuvan kuvion selventämiseksi.

Fig. 3. Ordination of the sample plots on the moraine formations according to the vegetation cover. The sample plots are divided into two in order to make the blocks in the different figures clearer.

Taulukko 8. Eri ominaisuuksien saamat lataukset faktorianalyysillä. Mukana lataukset, joiden itseisarvo yli 0,5.

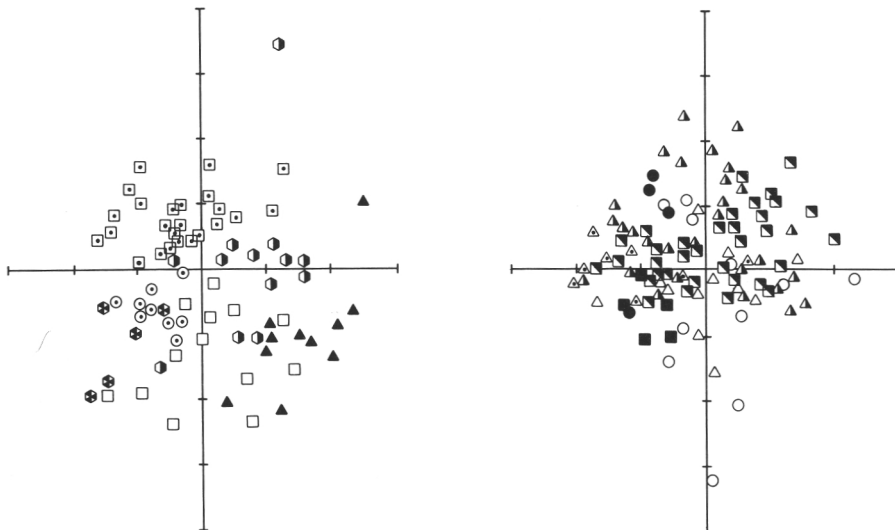
Table 8. Loadings obtained for different parameters in the factor analysis. Loadings with an Eigen value greater than 0.5 are included.

	F 1	F 2	F 3
pH (A_0)	.	.	0,661
N (A_0)	0,615	.	.
K (A_0)	.	.	0,690
P (A_0)	.	.	0,643
Paksuus (A_0)	0,691	.	.
Thicknes (A_0)	.	.	.
Vesipitoisuus (A_0)	0,818	.	.
Moisture content (A_0)	.	.	.
Paksuus (A)	.	-0,540	.
Thicknes (A)	.	.	.
Md	.	-0,685	.
S_0	.	.	0,586
< 0,06 mm	.	0,840	.
Kivisyys	.	0,681	.
Stoniness	.	.	.

Taulukko 9. Eri moreenimuotojen koealat, joilla fakto- reiden lataukset ovat yli 0,4 (%:na moreeniluokan koealoista).

Table 9. The sample plots on different moraine formations with factor loadings of over 0.4 (as % of the sample plots in the moraine class).

Moreeni Moraine	n	F 1	F 2	F 3
Ia	13	30,8	23,1	15,4
Ib	8	12,5	12,5	25,0
II	29	34,5	51,7	28,7
IIIa	11	100,0	9,1	18,2
IIIb	14	35,7	—	92,9
IV	24	12,5	87,5	29,2
V	34	47,1	44,1	20,6
VI	5	—	—	—
VII	11	36,4	27,3	—
VIII	9	—	—	55,6
IX	5	—	—	25,0
X	13	76,9	7,7	30,8
XI	4	—	75,0	75,0



Kuva 4. Moreenimuotojen koealojen ordinaatio maatumnusten mukaan. Koealat on jaettu kahteen eri kuvaan kuvion selventämiseksi. Symbolit kuten kuvassa 3. Akselit ovat faktoriansalysistä saatuja voimakkaimpia faktoreita.

Fig. 4. Ordination of the sample plots on the moraine deposits according to the soil properties. The sample plots are divided into two in order to make the blocks in the different figures clearer. Symbols the same as in Fig. 3. The axes are the strongest factors obtained in factor analysis.

Faktori 2: Hienoainesfaktori. Maan ominaisuuksista hienojen lajitteiden keskimääräinen osuus sekä rassin painuma saavat faktorin 2 korkeimmat positiiviset lataukset. Myös mediaanin (Md) korkea negatiivinen lataus kuvastaa faktorin nimeä (taulukko 8). Faktorin latausten perusteella hienoimmat moreenit ovat Kiantamoreeni (IV) ja Vikamoreeni (XI). Pääosin negatiivisia latauksia saavat puolestaan ablaatiomoreenit (VIII, IX), Lee harjanne (VI) sekä Koutuamaiset harjanteet (III) (taulukko 9).

Faktori 3: Ravinnefaktori. Faktoria 3 kuvaavat parhaiten humuksen K:n ja P:n määrät sekä humuksen pH. Moreeniluokista faktori saa suurimmat lataukset Vepsän pitkittäismoreenin (IIIb) ja Vikamoreenin (XI) koealoilla.

Koealojen sijoittuminen koordinaatistoon 1. ja 2. faktorin latausten perusteella on esitetty kuvassa 4.

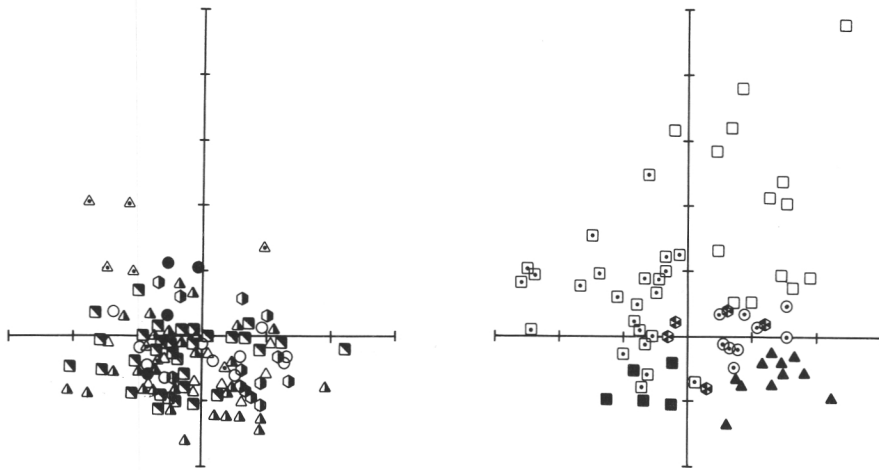
Myös maatumnusten perusteella tehdystä moreenien luokittelusta (kuva 4) erottuvat selvimmän muista luokista koutuamaiset harjanteet (III) ja ablaatiomoreenit (VIII, IX). Hajonnat eivät ole kovin suuria luokkia Ia, II, VII ja X lukuun ottamatta. Lisäksi Korppikankaan (X) suuri hajonta on päätemoreenille luonteenomaista. Myös crag and tail -luokassa (VII) voivat crag- ja tail-päät poiketa suuresti toisistaan.

Sekä kasvillisuus- että maatumnusten perusteella suoritettujen ordinaatioiden kuvaavat moreenien syntytapaa melko hyvin, joskaan

kumpikaan luokittelutapa ei pysty yksiselitteisesti jaottelemaan eri moreenien koealoja niiden syntytytavan mukaan.

Metsän kasvun arvioimiseen em. luokitukset eivät sellaisenaan sovellu. Kasvillisuustunnusten mukaan tehdyssä luokittelussa boniteetiltaan parhaat koealat sijoittuvat hieman koordinaatiston keskivaiheen yläpuolelle, sillä tuoreet kankaat eivät aina ole parhaita puuston kasvua ajatellen (esim. Koutuan harjanne). Tutkimuksen parhaat boniteetit ovat aluskasvillisuudeltaan ruohoisimmilla mailla.

Kasvillisuustunnuksia heikommin metsän kasvun arvioimiseen soveltuvat pelkät maatumnukset, sillä useat paikalliset tekijät aiheuttavat poikkeuksia "oletettuun" boniteettiarvoon. Lajitekoostumus- ja ravinnestunusten ohella on muotojen topografian vaikutus kasvuoloihin ilmeisesti merkittävä. Esim. koutuamaiset harjanteet (III) poikkeavat toisistaan huomattavasti pituusboniteetin suhteen. Syynä eroon lienee Koutuan harjanteen (IIIa), varsinkin boniteetiltaan heikon koillispään tasaisuus ja vetisyys. Vepsän pitkittäisharjanne (IIIb) on enemmän harjumainen. Eroon vaikuttanee osin myös Vepsän moreenin suurempi Ca-pitoisuus. Selvästi topografian vaikutus ilmenee



Kuva 5. Moreenimuotojen koalojen ordinaatio yhdistetyn maatunnus- ja kasvipeitemuuttujajoukon mukaan. Koealat on jaettu kahteen kuvaan kuvion selventämiseksi. Ks. kuvat 3 ja 4.
Fig. 5. Ordination of the sample plots on the moraine deposits according to the combined group of soil parameters and plant coverage variables. The sample plots are divided into two in order to make the blocks in the different figures clearer. See Figs. 3 and 4.

heikkoravinteisella Kiantamoreenilla (IV), jonka boniteetti-arvo on suurin moreenien keskiarvona. Kiantamoreenin muodot ovat pieniä kumpuja, joihin vesi ei jää pitkäksi aikaa ja kummut ovat lämpimiä kasvupaikkoja. Kiantamoreenilla (IV) on etuna myös runsas saviaineksen määrä.

Kolmanteen ordinaatioon otettiin mukaan sekä maa- että kasvillisuustunnuksia. Maatunnuksina olivat mukana faktorianaalyyisin tunnuksat sekä kallioperän mukaan vaihteleva Ca:n määrä. Kasvillisuustunnuksina käytettiin ruohojen, jäkälien ja mustikan peittävyksiä sekä pituusboniteettia. Kuvassa 5 esitettävä ordinaatio on piirretty faktoreiden 1 ja 3 avulla. Faktoria 1 voidaan nimittää ravinnefaktoriksi, sillä se saa korkeimmat lataukset humuksen N:n, P:n ja Ca:n arvoilla. Faktori 3 on kasvufaktori, joka saa suurimmat lataukset ruohojen peittävyden ja humuksen pH:n arvoilla. Humuksen vesipitoisuudella on puolestaan suurin

negatiivinen lataus. Faktorin 3 lataus on yli 0,5 kaikilla Vepsän pitkittäisharjanteen (IIIb) koaloilla, Kiantamoreenin (IV) ja Leppälän poikkiselänteen (Ib) koaloista 63 %:lla, Vikamoreenin (XI) 50 %:lla, Korpikankaan (X) 23 %:lla, Kemijärven kumpumoreenin (II) 7 %:lla ja Drumliinin (V) 3 %:lla. Muilla moreenneilla kaikkien koalojen lataukset jäävät alle 0,5.

Kuva 5 antaa selvän käsityksen moreenien metsän kasvusta, sillä boniteetiltaan parhaat koealat sijoittuvat x-akselin yläpuolelle ja heikoimmat puolestaan akselin alapuolelle (tosin H_{100} oli mukana yhtenä tunnuksena). Ordinaatio kuvaa hyvin myös moreenien syntytapaa, kun luokkien hajonnat jäävät edellisten luokitusten tasolle ja jopa pienemmiksi. Analyysi erottaa kuitenkin selvästi koutuamaiset harjanteet (III) toisistaan, mikä johtuu niiden paikallisista eroista.

4. TULOSTEN TARKASTELUA

Moreenimuotojen metsätyyppijakauma oli tutkimuksessa kutakuinkin Ilvessalon (1933) Pohjois-Suomesta esittämän jakauman mukainen. Tuoreiden kankaiden osuus moreeneilla oli 49 % (Ilvessalo 46 %), kuivahkojen 41 % (37 %) ja kuivien kankaiden osuus 10 % (11 %). Myös pituusboniteetti noudatteli aikaisempia tuloksia. Moreeneilla boniteetti oli koealoilla 10—24, kun Gustavsenin (1980) laskemat keskiarvot Cajanderin (1925) talousmetsien aineistosta olivat 9—24 Pohjois-Pohjanmaa — Kainuu alueella. Vuokila ja Väliaho (1980) saivat boniteettiarvoiksi samalta alueelta 21—24 ja Peräpohjolasta 15—18 kuivahkoilla ja tuoreilla kankailla.

Lajitekoostumukseltaan koealat ovat hiekkamoreenivoittoisia. Hiekkamoreenin osuus koealoista on yli 50 %, kun se Virkkalan (1969) koko maata koskevassa aineistossa on 36 %. Raekoko kasvaa Virkkalan mukaan pohjoiseen päin, joten ero ei ole kovin suuri. Ero voi osin johtua myös näytteen otosta, sillä tässä tutkimuksessa mediaani määritettiin rikastumiskerroksesta pohjamaan näytteiden vähyyden vuoksi. Moreenien kerroksellisuus ja mosaikkimaisuus tulivat selvästi esille tässäkin tutkimuksessa. Esim. koutuamaiset harjanteet ovat pintaosista paikoin lähes lajitunutta soraa, mutta syvemmältä erittäin hienoa ja tiivistä. Korpikangas on puolestaan esimerkkinä mosaikkimaisuudesta, sillä sen proksimaali- ja distaalipäät erosivat päätmoreenille tyypillisesti toisistaan.

Podsoloitumisen on todettu olevan sitä selvempää mitä korkeammalla maa sijaitsee (Sepponen 1985). Tällöin maa on ehtinyt huuhtoutua pitemmän aikaa. Moreeneilta laskettu rikastumis- ja huuhtoutumiskerrosten välinen raudan määrän suhde maaston korkeuteen nähden noudattelee siten aikaisempia tutkimuksia.

Vaikka moreenit ovat yleensä ravinteiden ja vedenpidätyskyvyltään parempia kuin lajittuneet maat (lukuunottamatta hiesua ja savea, Ilvessalo 1933), Pohjois-Suomen moreenien metsämaat ovat kuitenkin suhteellisen vähäravinteisia ja happamia. Metsämaiden ravinteiden määrässä on huomattavia

eroja eri tutkimusten välillä (esim. Heikinheimo 1922, Viro 1951, 1969, Urvas ja Erviö 1974).

Ravinteiden määrät eivät korreloi paljoakaan fysikaalisten tekijöiden kanssa, ja tulokset poikkeavat aikaisemmista tutkimuksista (vrt. Urvas ja Erviö 1974, Sepponen 1981, 1985). Osasyynä poikkeavuuteen lieenee lajitekoostumustunnusten mittausrikastumiskerroksesta pohjamaan sijaan. Etenkin ravinteikkailla koutuamaisilla harjanteilla (III) rikastumiskerros on ainekseltaan hyvin karkeaa, kun pohjamaa on selvästi hienompaa. Lajitekoostumusta paremmin ravinteiden määrät korreloivat humuksen paksuuden ja vesipitoisuuden kanssa. Tulokset ovat tältä osin aikaisempien tutkimustulosten kaltaisia (esim. Urvas ja Erviö 1974).

Lajitekoostumuksella ei havaittu korrelaatioita myöskään kasvillisuustunnuksiin, mikä voi aiheutua jälleen tunnusten mittauskerroksesta. Toisaalta ei ole osoitettu erityisen voimakasta riippuvuutta esim. metsätyyppin ja maalajin välillä (Aaltonen 1941, Urvas ja Erviö 1974, Sepponen ym. 1979).

Pituusboniteetin kanssa fysikaalisista ominaisuuksista korreloi jokseenkin merkittävästi vain maan kivisyys. Aikaisemmin kivisyyden on osoitettu selvästi haittaavan puun kasvua (esim. Aaltonen 1940, Viro 1949, Mälkönen 1982). Syynä heikkoon korrelaatioon moreeneilla on suuri kivisyys kaikilla koealoilla, joten kivisyys ei sanottavasti vaihtele.

Ravinteiden määrät korreloivat tutkimuksessa selvästi aluskasvillisuuden kanssa metsätyyppiteorian mukaisesti (Cajander 1925). Sen sijaan pituusboniteettiin ravinteilla ei näytä olevan vaikutusta, joten tulokset ovat poikkeuksellisia. Syynä poikkeavuuteen on ravinteikas, mutta kuitenkin pituusboniteetiltaan huono Koutuan harjanne (IIIa), ja toisaalta pituusboniteetiltaan paras Kiantamoreeni (IV), joka on niukkaravinteinen, mutta jonka muut kasvuominaisuudet ovat ilmeisen hyvät. Syynä poikkeamiin saattaa olla se, että vesi- ja lämpötalous eivät vaihtele samansuuntaisesti ravinteikkouden kanssa. Hyvin boniteettia ovat aikaisemmin selittäneet typen ja kalsiumin määrät. Kaliumin

korrelointi boniteettiin on ollut heikompaa, ja fosforin osalta tulokset ovat olleet hieman ristiriitaisia (Valmari 1921, Viro 1951, Viro 1962, Urvas ja Erviö 1974).

Liiallinen vesipitoisuus on haitaksi puuston kasvulle, sillä parhaat boniteetit löytyvät tutkimuksessa kuivahkoilta-tuoreilta kankailta. Veden liikkumiselle on oleellista taas moreenimuotojen topografia, sillä tasaisilla mailla liika vesi voi jäädä puitten vaivaksi pitkiksikin ajoiksi, varsinkin jos moreenissa on hienoja aineksia tai tiiviitä kerroksia. Puuston kasvua ajatellen pienet, lämpimät kummut näyttävät olevan hyviä kasvupaikkoja.

Alussa asetettuun hypoteesiin — erilaisten geologisten prosessien tuottamat muodot ovat rakenteeltaan niin erilaisia, että muotojen erilaisuus näkyy myös niiden metsän kasvussa — saatiin tutkimuksessa vain lievää vahvistusta. Vaikka syntyvaltaan erilaisilla moreeneilla on selviä eroja maan rakenteen, kasvillisuuden ja puuston kasvun suhteen, ei moreenimuotoja pystytty selvästi luokittelemaan eri ominaisuuksien avulla.

Maa- ja kasvillisuustunnusten perusteella tehdyt luokittelut antoivat suunnilleen yhtä hyvän kuvan moreenien syntytavasta. Molempien luokitusten ordinaatioissa oli suuri joukko koealoja päällekkäin muiden moreeniluokkien koealojen kanssa, mutta toisaalta moreenien koealojen hajonta ei ollut kovin suurta. Molemmissa luokituksissa sijoittuvat myös syntyvaltaan läheisten moreenien koealat lähelle toisiaan, mikä viittaa syntyvän mukaiseen luokitusmahdollisuuteen. Moreenien kasvuoloja arvioitaessa ovat kasvillisuustunnukset hyviä, sillä maatunnukset

eivät yksinään ole riittäviä. Myös muotojen topografia (lämpöolot jne.) tulisi ottaa huomioon luokittelussa.

Suurin vaikeus pyrittäessä käyttämään hyväksi moreenien syntyävän mukaista luokittelua on alueellinen erilaisuus muodostumien välillä. Esim. ravinteikas kallioperä aiheuttaa huomattavia eroja moreenien geokemiaan, vaikka moreenien synty tapa olisikin sama. Erot geokemiassa vaikuttavat puolestaan kasvillisuuteen jne. Luokituksessa tulee ottaa huomioon myös eri moreeneille ominaiset rakenteet. Esim. päätemoreeneille, joita tutkimuksessa edusti Korppikangas (X), on tyypillistä, että niiden distaalipää on ainekseltaan hyvin hienoa, mutta proksimaalipää puolestaan karkeampaa. Siten päätemoreenit ovat luokkana samankaltaisia, vaikka muodostumat itsessään ovat heterogeenisiä erilaisine distaali- ja proksimaalipäineen. Käytännön luokittelussa on moreenimuotojen karkeampi luokittelu lisäksi välttämätöntä.

Yhteenvetona todettakoon, että maaperägeologiset muodot tuskin yksinään kelpaavat metsämaiden luokitteluperusteiksi, mutta ne voivat antaa tukea muille luokituksille (ks. myös Sepponen 1985). Kasvipeite osoitautui tässäkin tutkimuksessa ekologiselta kannalta hyväksi luokitusperustaksi esim. puuston kasvua arvioitaessa. Käytännön luokitusjärjestelmiksi, joissa käytetään apuna maaperägeologisia tunnuksia, olisi luotava useita vaihtoehtoja eri tarkoituksia varten (myös Sepponen 1985). Tällainen työ on vielä tekemättä ja vasta perusaineistoa sitä varten on kerätty.

KIRJALLISUUS—REFERENCES

- Aaltonen, V.T. 1940. Metsämaa. Porvoo. 615 s.
— 1941. Metsämaamme valtakunnan metsien toisen arvioinnin tulosten valossa. Referat: Die finnischen Waldböden nach den Erhebungen der zweiten Reichswaldschätzung. Commun. Inst. For. Fenn. 29(5). 62 s.
- Aario, R. 1977. Classification and terminology of morainic landforms in Finland. *Boreas* 6:87—100.
— & tutkimusryhmä 1984. Jäätikkösyntyisten maaperämuodostumien koostumus, ominaisuudet ja käytössoveltuvuus. Määräaikainen loppuraportti Suomen Akatemian tutkimusprojektista 04—114. SO-MA-projekti. Oulu. 90 s.
- Aartolahti, T. 1973. Suomen geomorfologia. Helsingin yliopiston maantieteen laitoksen opetusmoniste 12. 149 s.
- BMDP Statistical Software 1981. University of California Press. Berkeley. Los Angeles. London.
- Cajander, A.K. 1925. Metsätyyppiteoria. *Acta For. Fenn.* 29. 84 s.
- Elonen, P. 1971. Particle-size analysis of soil. *Acta Agr. Fenn.* 122. 122 s.
- Granlund, E. & Wennerholm, S. 1934. Sambandet mellan moräntyper samt bestånds- och skogstyper i Västerbottens lappmarker. *Sveriges Geologiska Undersökning*. 28(4):1—65.

- Gustavsen, H.G. 1980. Talousmetsien kasvupaikkaluokittelu valtapituuden avulla. Summary: Site index curves for conifer stands in Finland. *Folia For.* 454. 31 s.
- Heikinheimo, O. 1922. Pohjois-Suomen kuusimetsien hoito. Referat: Über die Bewirtschaftung der Fichtenwälder Nordfinnlands. *Commun. Inst. Quaest. For. Finl.* 5. 132 s.
- Iivessalo, Y. 1933. Metsätyyppien esiintyminen eri maalajeilla. Summary: Occurrence of forest types on the different soils. *Commun. Inst. For. Fenn.* 18(5). 36 s.
- Kolkkki, O. 1966. Taulukoita ja karttoja Suomen lämpötilasta kaudelta 1931—1960. Tables and maps of temperature in Finland during 1931—1960. Supplement to the Meteorological Yearbook of Finland 65: la, 1—42.
- Lähde, E. 1974. The effect of grain size distribution on the condition of natural and artificial samplings stands of Scots pine. Seloste: Maan lajitekoostumuksen vaikutus männyn luontaisten ja viljelytaimistojen kuntoon. *Commun. Inst. For. Fenn.* 84(3). 23 s.
- Mälkönen, E. 1982. Metsämaantieteen perusteita. Helsingin yliopiston metsänhoitotieteen laitoksen tiedonantoja 19. 107 s.
- Okko, V. 1944. Moränenuntersuchungen im Westlichen Nordfinnland. *Bull. Comm. Geol. Finlande* 131:1—46.
- Sepponen, P. 1981. Kivennäismaan raekoon tunnuksista ja niiden käyttökelpoisuudesta eräiden maan ominaisuuksien kuvaamiseen. Summary: Particle size distribution characteristics of mineral soil and their applicability describing some soil properties. *Silva Fennica* 15(1):228—236.
- 1985. The ecological classification of sorted forest soils of varying genesis in northern Finland. Seloste: Syntyvaltaan erilaisten lajittuneiden kangasmetsämäiden ekologinen luokittelu Pohjois-Suomessa. *Commun. Inst. For. Fenn.* 129. 77 s.
- Lähde, E. & Roiko-Jokela, P. 1979. Metsäkasvillisuuden ja maan fysikaalisten ominaisuuksien välistä suhteesta Lapissa. Summary: On the relationship of the forest vegetation and the soil physical properties in Finnish Lapland. *Folia For.* 402. 31 s.
- Sugden, D. & John, B. 1976. *Glaciers and Landscape*. London. 376 s.
- Suomen kartasto 1960. Suomen Maantieteellinen Seura. Helsinki.
- Söyrinki, S., Salmela, R. & Suvanto, J. 1977. Oulangan kansallispuiston metsä- ja suokasvillisuus. Summary: The forest and mire vegetation of the Oulanka National Park, Northern Finland. *Acta For. Fenn.* 154. 150 s.
- Tamm, O. 1922. Om bestämning av de organiska komponenterna i markens gelkomplex. *Meddelanden från Statens Skogsförsöksanstalt* 19:385—404.
- Urvas, L. & Erviö, R. 1974. Metsätyypin määräytymisen maalajin ja maaperän kemiallisten ominaisuuksien perusteella. Abstract: Influence of the soil type and the chemical properties of soil on the determining of the forest type. *J. Scient. Agric. Soc. Finland.* 46:307—319.
- Uusinoka, R. 1981. Yleinen maaperägeologia. Helsingin yliopiston geologian laitoksen moniste 6. 272 s.
- Valmari, J. 1921. Beiträge zur chemischen Bodenanalyse. *Acta For. Fenn.* 20(4). 67 s.
- Virkkala, K. 1969. Suomen moreenien rakeisuusluokitus. Summary: Classification of Finnish tills according to grain size. *Terra* 81(3):273—278.
- Viro, P.J. 1949. Metsämaan raekoostumus ja viljavuus varsinkin maan kivisyttä silmällä pitäen. Summary: The mechanical composition and fertility of forest soil taking into consideration especially the stoniness of the soil. *Commun. Inst. For. Fenn.* 35(2). 115 s.
- 1951. Nutrient status and fertility of forest soil. I. Pine stands. *Commun. Inst. For. Fenn.* 39(4). 47 s.
- 1952. Kivisyyden määrittämisestä. Summary: On the determination on stoniness. *Commun. Inst. For. Fenn.* 40(3). 18 s.
- 1962. Forest site evaluation in Lapland. *Commun. Inst. For. Fenn.* 55(9). 14 s.
- 1969. Prescribed burning in forestry. *Commun. Inst. For. Fenn.* 67(7). 49 s.
- Vuokila, Y. & Väliäho, H. 1980. Viljeltyjen havumetsiköiden kasvatusmallit. Summary: Growth and yield models for conifer cultures in Finland. *Commun. Inst. For. Fenn.* 99(2). 48 s.

Total of 33 references

SUMMARY

The site properties of different types of moraine formation in northern Finland

The properties of different types of moraine formation were examined in the study as growing sites for forests. The moraine formations were located in northern Finland (Fig. 1), and they were classified as follows (see also Table 1):

- Ia Rogen-ridge
- Ib Leppälä transverse ridge
- II Kemijärvi hummocky moraine
- III Koutua-type ridge
- IIIa Koutua ridge
- IIIb Vepsä ridge
- IV Kianta moraine
- V Drumlin
- VI Lee-ridge
- VII Crag and tail
- VIII Hummocky disintegration moraine
- IX Ruoposa ablation moraine
- X Marginal formation of Korppikangas
- XI Vika moraine

The study forms part of the moraine project being carried out by the Department of Geology, Oulu University, and research into the classification of forest site types being done at the Rovaniemi Research Station of the Finnish Forest Research Institute.

Sample plots were established on the crest and slopes (running in different directions) of moraine formations. The height index of the tree stand was determined using the dominant height and age of the trees, the coverage of different plant species estimated on five 1 m² squares, and the particle size distribution and nutrient status determined from soil samples. The thickness of the different horizons down the podzol profile were also measured in soil pits.

Most of the moraine formations consisted of medium sand or fine sand till (Fig. 2). These are the most common soil types on moraines in northern Finland. The stoniness was either stony or exceedingly stony (Table 2). Relatively strong podzolisation was also evident in the soil as a clear separation between the horizons as well as in the amount of iron in the B horizon (Table 3). Podzolisation was the stronger, the higher the elevation of the moraine.

There were clear differences between the amounts of nutrients in the humus layer of the different moraine formations (Table 4). Differences were also found in the ground vegetation and in the height index of the tree stand (Tables 5 and 6). 48.5 % of the sample plots were of the moist upland site type, 41.2 % of the dryish upland site type, and 10.3 % of the dry upland site type. The levels of a number of plant nutrients (especially K and N) had a clear effect on the vegetation. Of the vegetation parameters, the coverage of *Vaccinium*

myrtillus, herbs and lichens especially was correlated with the height index of the tree stand (Table 7).

Factor analysis and DECORANA ordination were used in classifying the material. Ordination analysis (Fig. 3) indicated that moraines with a very similar mode of formation are also close to each other as regards their plant cover. However, there is also some internal variation in the vegetation on some of the moraine formations. For instance, the sample plots on the terminal moraine at Korppikangas are situated within a long, narrow area in the ordination figure: the sample plots of the proximal end in the lower part of the figure, and the sample plots of the distal end in the upper part of the figure, among the group of sample plots with luxurious vegetation. This depicts the effect of the mode of formation of the structure of the soil and the differentiation of the vegetation.

Three clearly interpretable factors were separated in the factor analysis classification (Table 8): a "humus factor", "fine material factor" and "nutrient factor". When the positioning of the sample plots in the coordination was examined with respect to the first two factors (Table 8), then the earlier mentioned variation in the terminal moraines also became apparent in this classification, done on the basis of soil factors (Fig. 4). The same phenomenon was also visible in the Crag-and-tail type moraines. The variation within the moraine types was not otherwise very large in this analysis.

The fertile Koutua-type ridges and infertile Ablation moraines are most clearly separated from the others (for the classification, see Table 1) in the analysis done on the basis of both the vegetation and soil parameters (Figs. 3 and 4). The mode of formation of the moraine affects the site properties in at least two ways: by regulating the particle size distribution, and by shaping the topography according to the mode of formation of the moraine. The bedrock naturally has an effect on the mineral composition of the moraine.

This mineralogical variation also produces variation within the framework of the shape of the moraine in areas of different types of bedrock. These geochemical differences naturally affect the nutrient status of the soil and thus also the vegetation cover and the growth of the tree stand. This causes additional problems when estimating the site properties of moraines on the basis of their mode of formation. In this study, too, the vegetation cover has proved to be a suitable depicter of the site quality. Geological soil parameters can be used as an aid, as well as other additional parameters, although so far nothing has been done on a practical scale with respect to developing a classification system utilizing these parameters.

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

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

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

- 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 'Aquatica'* in a peat cut-away area.
- No 654 Nieppola, Jari: Cajanderin metsätyyppiteoria. 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 sienituhohista 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: Vaatuksen, 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 puolukkatyypin 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 kasvullisella 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.
- No 675 Repo, Seppo: Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase 1984—1986.
Wood consumption, total drain and forest balance in Finland, 1984—1986.
- No 676 Keskitalo, Pentti & Sepponen, Pentti: Erilaisten moreenimuotojen kasvupaikkaominaisuuksia Pohjois-Suomessa.
The site properties of different types of moraine formation in northern Finland.

Metsäntutkimuslaitoksen julkaisusarjoja, Communicationes Institutii Forestalis Fenniae ja Folia Forestalia, koskevat yksittäiskappaletilaukset ja vaihtotarjoukset osoitetaan laitoksen kirjastolle. Tiedonantomonisteita 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 951-40-0765-4
ISSN 0015-5543