

# FOLIA FORESTALIA 536

METSÄNTUTKIMUSLAITOS · INSTITUTUM FORESTALE FENNIAE · HELSINKI 1982

---

---

HANNU RAITIO

---

RAUDUSKOIVUN KASVUHÄIRIÖ  
TORAJÄRVEN KOEKENTÄLLÄ

---

GROWTH DISTURBANCE OF  
*BETULA PENDULA* IN THE TORAJÄRVI  
EXPERIMENTAL FIELD

---



METSÄNTUTKIMUSLAITOS  
THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE

Osoite: Unioninkatu 40 A  
Address: SF-00170 Helsinki 17, Finland

Puhelin: (90) 661 401  
Phone:

Ylijohtaja: <i>Director:</i>	Professori <i>Professor</i>	Olavi Huikari
Yleisinformaatio: <i>General information:</i>	Tiedotuspäällikkö <i>Information Chief</i>	Tuomas Heiramo
Julkaisujen jakelu: <i>Distribution of publications:</i>	Kirjastonhoitaja <i>Librarian</i>	Liisa Ikävalko-Ahvonen
Julkaisujen toimitus: <i>Editorial office:</i>	Toimittaja <i>Editor</i>	Seppo Oja

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 yhdeksällä 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 nine 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 536

Metsäntutkimuslaitos. Institutum Forestale Fenniae. Helsinki 1982

Hannu Raitio

RAUDUSKOIVUN KASVUHÄIRIÖ TORAJÄRVEN  
KOEKENTÄLLÄ

Growth disturbance of *Betula pendula* in the Torajärvi experimental field

RAITIO, H. 1982. Rauduskoivun kasvuhäiriö Torajärven koekentällä. Summary: Growth disturbance of *Betula pendula* in the Torajärvi experimental field. Folia For. 536:1—15.

Tämä tutkimus on suoritettu Noormarkussa (60° 36'N, 21°56'E) lasketun Torajärven vesijätölle istutetussa rauduskoivikossa. Tutkimuksen tarkoituksena on ollut kuvata rauduskoivun (*Betula pendula* Roth) kasvuhäiriöiden oireita sekä tutkia häiriöiden syitä lehti- ja maa-analyysin.

Rauduskoivujen kasvuhäiriöille oli tunnusomaista toistuvista latvojen kuolemista aiheutuva latvuksen pensastuminen. Samanikäisiä normaaleja yksilöitä lyhyempien, pensasmaisten koivujen lehdet olivat muodoltaan ja kooltaan vaihtelevia, kuprullevia, kuppimaisia ja alapinnaltaan rakkomaisia. Loppukesällä 1979 sadejakson kestäessä pitkään lehdet kellastuivat vähitellen ja reunaosista alkaen ilmeni nekroosia. Ainoa huomattava valomikroskooppisesti havaittava oire lehdissä oli hohkatylpyn ontelot lehtisuonten ympäristössä. Pahimmissa häiriötapauksissa puut olivat kuolleet. Vuoteen 1979 mennessä tutkimusalueelle istutetuista koivuista oli kuollut 45 %.

Kasvuhäiriöiden oireet sekä lehti- ja maa-analyysit tukevat käsitystä, että häiriöiden syynä Torajärvellä olisi ollut liiallisen kosteuden ja maan erikoisten kemiallisten ominaisuuksien indusoima mangaanimyrkytys. Täydennysojituksen aiheuttama voimakas kasvun elpyminen tuki käsitystä, että liiallinen kosteus seurausilmiöineen oli ollut kasvuhäiriöiden syynä.

This investigation was carried out in Noormarkku (60° 36'N, 21°56'E) in a planted silver birch stand set up on the alluvial soil over drained Lake Torajärvi. The aim was to describe the growth disturbance symptoms in silver birch (*Betula pendula* Roth) and study the causes leading to growth disturbances by foliar and soil analysis.

Growth disturbances of silver birch are characterized by a bushy crown caused by frequent diebacks. The leaves of bushy and shorter-than-normal and even-aged birches varied in shape and size, being bulgy, cuplike and blistered on undersides. In the late summer of 1979, after a prolonged rainy season, the leaves yellowed gradually and began to display necrosis starting from the edges. The only remarkable symptom discernible by a light microscope was the cavities of spongy cells around leaf veins. In the worst cases trees had died. Till 1979 45 % of the planted birches in the experimental area had died.

The symptoms of growth disturbances as well as foliar and soil analyses support the notion that the disturbances at Torajärvi would have been caused by excessive moisture and manganese intoxication induced by the chemical properties peculiar to that soil. The strong invigoration of growth after supplementary drainage confirmed the view that excessive moisture with consequent phenomena had caused the growth disturbances.

ODC 424.2/.7 + 416.1 + 181.3 +  
176.1 *Betula pendula*  
ISBN 951-40-0592-9  
ISSN 0015-5543  
Helsinki 1982. Valtion painatuskeskus

## SISÄLLYS

1. JOHDANTO .....	4
2. AINEISTO JA MENETELMÄT .....	4
21. Tutkimusalue .....	4
22. Aineiston keruu ja käsittely .....	5
3. TULOKSET .....	6
31. Maan rakenne ja ravinteisuus .....	6
32. Pohjavedenpinnan syvyys ja redokspotentiaali .....	6
33. Puusto .....	8
331. Oireisto .....	8
332. Keskipituus .....	8
333. Lehtien ravinnepitoisuudet .....	8
4. TULOSTEN TARKASTELU .....	11
KIRJALLISUUS .....	13
SUMMARY .....	15

## 1. JOHDANTO

Männyllä ja kuusella on kuvattu kasvuhäiriö, jolle on ominaista toistuvista latvojen kuolemista ja kärkien dominanssin häiriöistä aiheutuva puiden pensastuminen (esim. Raitio & Rantala 1977, Raitio 1979, 1981, Silfverberg 1980). Ulkoasultaan samanlaisia häiriöitä on todettu myös turvemaalla kasvavissa koivuissa (Huikari 1977). Männyn ja kuusen kasvuhäiriöiden erääksi syyksi on todettu hivenravinteiden, lähinnä boorin puute (Huikari 1974, Raitio & Rantala 1977, Braekke 1979, Raitio 1979, 1981, Silfverberg 1980). Koivun kasvuhäiriöistä on esitetty sama hypoteesi (Huikari 1977), joskaan lähempiä tutkimuksia ei toistaiseksi ole tehty.

Lehtipuiden hivenravinteiden puutos- ja myrkytysoireiden kuvaus on keskittynyt koriste- ja hedelmäpuihin (Kolari 1979). Koivuilla näitä oireita ovat kuvanneet mm. Ingestad (1958), Ingestad & Jacobson (1962), Reinikainen (1967, 1968, 1973) ja Hoyle (1972). Koska samat oireet voivat ilmentää usean eri ravinteen puutos- tai myrkytystilaa, on diagnoosin varmistamiseksi välttämätöntä tehdä vertaileva kemiallinen analyysi oireettomien ja oireellisten yksilöiden välillä (Raitio 1979, 1981, Solbraa & Selmer-Olsen 1981). Koivuja koskevia lehtianalyysituloksia ovat aiemmin julkaisseet mm. Aaltonen (1950, 1955), Tamm (1951 a, b), Ingestad

(1962), Ingestad & Jacobson (1962) ja Ahrens (1964). Useimmissa lehtianalyysihin perustuvissa tutkimuksissa on keskitytty pääravinteisiin.

Noormarkussa sijaitsevan Inhottujärven kuivatushankkeen yhteydessä vuosina 1960—65 kuivattiin myös A. Ahlström Oy:n omistama Torajärvi. Järven vesijätölle istutetussa rauduskoivikossa havaitun kasvuhäiriön poistamiseksi perustettiin aiemmin esitetyn hypoteesin mukaisesti lannoituskoe. Tämän tutkimuksen tarkoituksena on kuvata lähemmin kokeella havaitun kasvuhäiriön oireita, lannoituskäsittelyjen vaikutus sekä määrittää häiriöitä mahdollisesti aiheuttaneet vesi- ja ravinnetaloudelliset tekijät.

Työ on osa laajemmasta puiden kasvuhäiriöprojektistä, joka käynnistettiin vuonna 1976 ns. suhdannepidätysvarojen turvin. Tutkimus tehtiin FT Jyrki Raulon A. Ahlström Oy:n omistamalle metsäntutkimusalueelle perustamalla rauduskoivun istutustiheyskokeella, jonne prof. Olavi Huikari ja LuK Heikki Veijalainen suunnittelivat hivenravinnelannoituskokeen vuonna 1976. A. Ahlström Oy antoi taloudellista lisätukea tämän tutkimuksen toteuttamiseksi.

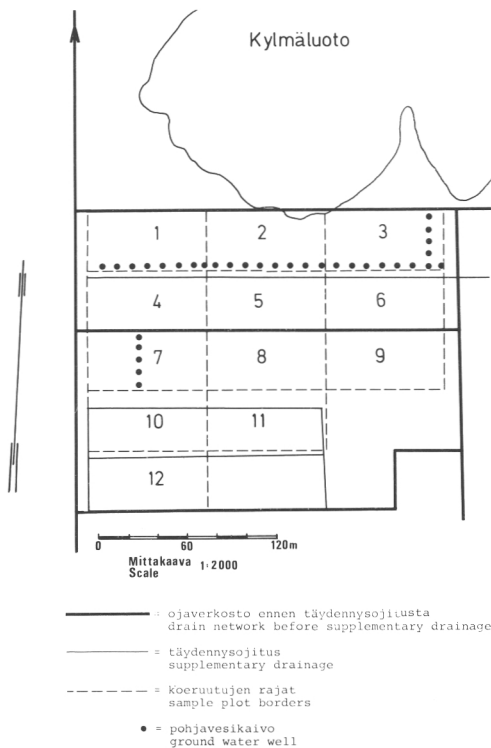
Tutkimus tehtiin Metsäntutkimuslaitoksen Parkanon tutkimusasemalla. FK Leena Kaunisto laati englanninkieliset käännökset. Konekirjoituksen teki merkonomi Paula Häkli. Käsikirjoituksen lukivat prof. Eero Paavilainen, FT Jyrki Raulo, FL Antti Reinikainen ja LuK Heikki Veijalainen. Esitän parhaat kiitokseni työssä avustaneille.

## 2. AINEISTO JA MENETELMÄT

### 21. Tutkimusalue

Aineistoa tutkimusta varten kerättiin Noormarkussa (60°30'N, 21°56'E) sijaitsevan Torajärven (33,8 m m.p.y.) koekentän keväällä 1966 perustetulta rauduskoivun istutustiheyskokeelta. Alue on entistä järvenpohjaa, joka ennen istutusta aurattiin 2,5 m:n välein norjalaisella Plante-Plog -auralla. Taimet (1M + 1A), jotka olivat rauduskoivun E 210 (Janakkala) vapaapölytyksen tuloksena syntyneitä jälkeläisiä, istutettiin palteisiin keväällä 1966. Käytetyt istutustiheydet palteissa olivat 1,0 m, 1,5 m, 2,0 m, 2,5 m ja 3,0 m. Kutakin istutustiheyskäsittelyä kokeessa edusti täydelleen arvotut viisi koeruutua, joiden koko oli 40 m × 40 m (kuvat 1 ja 2).

Rauduskoivuissa ilmenneiden kasvuhäiriöiden ja puiden kuolleisuuden syiden selvittämiseksi perustettiin alueelle 1976 hivenravinnelannoituskoe. Koe perustettiin istutustiheyskokeen koealoille siten, että kaksi niistä otettiin pohjaksi kullekin peruslannoituskäsittelylle. Peruslannoituskäsittelyjä oli kolme — lannoittamaton, PK- ja NPK-lannoitettu; kutakin neljä koealaa. Kunkin peruslannoitetun koealan sisällä oli kahdeksan erilaista hivenravinnelannoitettua 40 m pitkinä, neljä taimiriviä käsittävinä kaistoina. Hivenravinnelannoitettujen kaistojen väliin jätettiin kaksi hivenravinnelannoittamatonta taimiriviä (kuva 2). Lannoitteet levitettiin käsin 15.—17.6.1976. Samassa yhteydessä koealueelta raivattiin kaikki täysin kuolleet puut sekä laskettiin niiden lukumäärä.



Kuva 1. Rauduskoivun istutustiheyskokeen ojaverkosto ennen ja jälkeen täydennysojituksen.

Fig. 1. Drain network in a planting density experiment with birch before and after supplementary drainage.

## 22. Aineiston keruu ja käsittely

Lehtinäytteet kerättiin 19.7.1977, 16.7.1979 ja 6.8.1981 koealoilta 7 (0), 8 (NPK) ja 9 (PK) sekä hivenravinnelannoittamattomilta (1) että hivenesolannoituksen (2) saaneilta kaistoilta (kuva 2). Kultakin käsitteilyt kerättiin kunakin vuonna kahdeksan lehtinäytettä siten, että neljä näytettä valittiin satunnaisesti pensasmaisista ja neljä normaaleista koivuista. Näytteen muodosti yhden koivun satunnaisesti valittujen, ylimpien oksien lehdet, joista analysoitiin Viljavuuspalvelu Oy:ssä typpi, fosfori, kalium, kalsium, rauta, boori, kupari, sinkki ja mangaani sekä vuonna 1979 rikki ja lisäksi vuonna 1981 rikki ja magnesium. Vuosien väliset erot ravinnepitoisuuksissa testattiin yksisuuntaisella varianssianalyysillä ja Tukeyn testillä.

Viidestä satunnaisesti valitusta osänäytteestä (4 cm × 5 cm × 10 cm) muodostetut maanäytteet (86 kpl) kerättiin 20.6. ja 17.8.1979 0–10 cm:n ja 10–20 cm:n syvyydestä koealan 7 hivenlannoittamattomalta kaistalta. Näistä analysoitiin Viljavuuspalvelu Oy:ssä kokonais-typpi, liukoinen fosfori, vaihtuva kali, vaihtuva kalsium, vesiliukoinen boori, vaihtuva mangaani, happoliukoinen kupari, sinkki, rauta ja alumiini sekä pH vesiuutoksesta. Tämän lisäksi määritettiin edellä kuvatulla tavalla 5–15 cm:n ja 15–25 cm:n syvyydestä otetusta maanäytteestä raekoostumus. Näytteen otossyvyys oli erilainen jälkimmäisessä tapauksessa, koska pintakerros 0–5 cm oli puhtaasti orgaanista ainetta.

A	D	C	E	B	A
2	7	5	8	6	4
4	1	3	6	8	6
5	7	2	4	1	3
7	1	3	6	8	6
2	6	5	7	4	8
8	6	2	3	4	7
5	8	3	4	7	6

Istutustiheydet:  
Planting density:

- A = taimiväli 1,0 m  
seedling spacing 1.0 m  
B = taimiväli 1,5 m  
seedling spacing 1.5 m  
C = taimiväli 2,0 m  
seedling spacing 2.0 m  
D = taimiväli 2,5 m  
seedling spacing 2.5 m  
E = taimiväli 3,0 m  
seedling spacing 3.0 m

Peruslannoituskäsitellyt:  
Primary fertilization:

- PK, 500 kg/ha rakeista suomensien PK:ta  
PK, 500 kg/ha of granular PK for peatland forests  
NPK, 350 kg/ha oulunsalpietaria ja  
NPK, 350 kg/ha of oulu saltpetre and  
500 kg/ha rakeista suomensien PK:ta  
500 kg/ha granular PK for peatland forests

Hivenravinnekäsitellyt:  
Micronutrient fertilization:

- 0
- Hiv., 100 kg/ha hivenesosta  
Micronutrient, 100 kg/ha micronutrient mixture
- B, 20 kg/ha solubooria  
B, 20 kg/ha sodium polyborate
- Cu, 20 kg/ha kuparisulfaattia  
Cu, 20 kg/ha copper sulphate
- B + Cu
- B + Cu + Zn, jossa Zn = 30 kg/ha sinkkisulfaattia  
B + Cu + Zn, in which Zn = 30 kg/ha zinc sulphate
- B + Cu + Mn, jossa Mn = 25 kg/ha mangaanosulfaattia  
B + Cu + Mn, in which Mn = 25 kg/ha manganese sulphate
- B + Cu + Zn + Mn

Käytetyt lannoitteet:  
Applied fertilizers:

- Rakeinen suomensien PK 0.19-19, Mg 0.7 B 0.2  
Granular PK for peatland forests 0.19-19, Mg 0.7, B 0.2  
Oulunsalpietari 27.5 N, Mg 0.2  
Oulu saltpetre 27.5 N Mg 0.2  
Soluboori 0.2 B  
Natrium polyborate 0.2 B  
Kuparisulfaatti 25.0 Cu  
Copper sulphate 25.0 Cu  
Sinkkisulfaatti 23.0 Zn  
Zinc sulphate 23.0 Zn  
Mangaanosulfaatti 26.0 Mn  
Manganous sulphate 26.0 Mn  
Hivenes: B 1.1, Cu 12.8, Mn 5.5, Zn 5.5, Fe 9.6 (karbonaattina),  
Fe 0.2 (kelatattuna), Mo 1.4 ja Na 0.7  
Micronutrient mixture: 1.1, Cu 12.8, Mn 5.5, Zn 5.5, Fe 9.6 (as  
carbonate), Fe 0.2 (as chelate), Mo 1.4 and  
Na 0.7

Kuva 2. Rauduskoivun istutustiheyskokeen lannoituskäsitellyt.

Fig. 2. Fertilization treatments of the planting density experiment with silver birch.

Vertailumateriaaliksi kerättiin vuonna 1979 näytteiden oton yhteydessä edellä kuvatulla tavalla kahdeksan lehti- ja maanäytettä viljalle vanhalle kivennäisspellolle keväällä 1970 istutetusta koivikosta. Koivikko sijaitsi noin 2,5 km lounaaseen Torajärven istutustiheyskokeesta.

Pohjavedenpinnan syvyyttä mitattiin Torajärven istutustiheyskokeelta viikon välein 18.9.—31.12.1978 ja 1.5.—8.12.1979 välisinä aikoina pohjavesikaivoista, joita oli kaikkiaan 33 kuvan 1 osoittamissa kohdissa.

Pohjavedenpinnan syvyyden vaikutusta maan redokspotentiaaliin mitattiin laboratorio-olosuhteissa. Pohjavedenpinnan syvyys tutkittavissa maaprofiileissa, joi-

den korkeus oli 35 cm ja läpimitta 10 cm, säädettiin Juuselan ym. (1969) kuvaamalla tavalla. Maaprofiilit otettiin koealalta 7 hivenravinnelannoittamattomalta kaistalta 3.11.1981. Koe perustettiin 6.11. ja redoksimitaukset aloitettiin 9.11.1981. Pohjavedenpinnan syvyydet olivat 0, 10, 20 ja 30 cm. Kutakin käsittelyä oli kolme toistoa. Happamuus ja redokspotentiaali mitattiin suoraan 0—5 cm:n kerroksesta Beckman Chem-

te pH-mittarilla, käyttäen kombinaatioelektroodia (Beckman 39508). Mittausjakso oli 9.11.—20.11.1981.

Kaikkien puiden keskipituus mitattiin neljän eri hivenravinnelannoituksen (0, B, Hi = hivenseos, B + Cu + Zn) saaneilta kaistoilta 16.—24.7.1979. Samassa yhteydessä laskettiin kuolleiden puiden lukumäärä. Koealue täydennysojettiin ja vanhat ojat perattiin 1.6.—7.7.1980 (kuva 1).

### 3. TULOKSET

#### 31. Maan rakenne ja ravinteisuus

Torajärven kuivatuksessa muodostuneen noin 250 hehtaarin vesijätön maa on lihavaa liejusavea, jonka päällä on 5—25 cm:n kerros hapanta, runsaasti rikkiä ja mangaania sisältävää savista liejua. Vertailualueen maa on entisenä peltona runsasravinteista karkeaa hietaa (taulukot 1 ja 2).

Maan typpi-, mangaani- ja rikkipitoisuus oli selvästi korkeampi Torajärvellä kuin vertailualueella. Muiden ravinteiden osalta tilanne oli sen sijaan päinvastainen (taulukko 2). Maa oli Torajärvellä huomattavasti happamampaa kuin vertailualueella.

Torajärvellä oli kalsiumia, mangaania ja rautaa enemmän ja rikkiä vähemmän 10—20 cm:n kerroksessa kuin pintaosissa. Tosin myöhemmin kesällä (17.8.1979) rikin osalta tilanne oli päinvastainen. Santapellolla eri kerrosten välillä ei ollut erityisen selviä eroja kaliumia ja kalsiumia lukuunottamatta, joita oli pintakerroksessa hieman enemmän (taulukko 2).

Maan mangaanipitoisuus oli Torajärvellä 17.8.1979 huomattavasti korkeampi ja rikkipitoisuus alempi kuin 20.6.1979. Samoin vertailualueella mangaanipitoisuus oli hieman korkeampi 17.8.1979 kuin 20.6.1979. Muiden ravinteiden osalla ei esiintynyt sanottavia eroja eri aikoina otetuissa näytteissä.

#### 32. Pohjavedenpinnan syvyys ja redokspotentiaali

Kuivatuksen vaikutuksesta Torajärvellä hiesusavi on lohkeillut voimakkaasti, edistään näin salaajituksen tavoin maan kuivumista. Ilmeisesti tästä syystä alueen pohjavedenpinnan syvyyden vaihtelut olivat varsin nopeita (kuva 3). Vuonna 1979 pohjaveden pinta oli keskimäärin 25 cm:n syvyydessä. Pohjaveden pinta oli terveen puuston alueella syvemmällä kuin pensasmaisen ja kuolleen puuston alueella (kuva 4). Alue on ollut myös ajoittain tulvan alla, mm. vuosina 1977 ja 1979. Vuonna 1979 sadejakson kestäessä keskikesällä pitkään ja pohjavedenpinnan ollessa korkealla, alueella oli todettavissa selvä rikkivedyn haju merkinä anaerobisista olosuhteista (Amberger 1979). Kuvassa 5 on esitetty hapetus-pelkistyspotentiaali ( $E_{h(5)}$ ) eri pohjavedenpinnan syvyyksillä tehdyssä laboratoriokokeessa. Käytetyllä pohjavedenpinnan syvyyksillä ei ollut vaikutusta maan hapetus-pelkistyspotentiaaliin. Olosuhteet kaikilla pohjavedenpinnan tasoilla olivat varsin pelkistyneet.

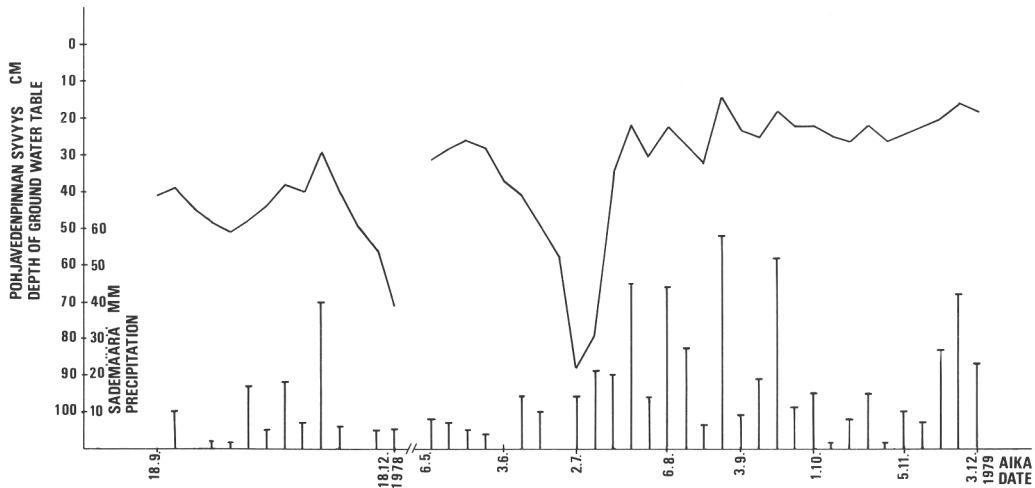
Taulukko 1. Torajärven ja Santapellon maaperän lajitekoostumus.  
Table 1. Soil particle size composition at Torajärvi and Santapello.

Tutkimusalue Experimental area	Näytteenotto- syvyys, cm Sampling depth, cm	Ø mm								
		6.0— 20.0	2.0— 6.0	0.6— 2.0	0.2— 0.6	0.06— 0.2	0.02— 0.06	0.006— 0.02	0.002— 0.006	<0.002
Torajärvi	5—15					1		10	27	62
	15—25					1		6	29	64
Santapello	0—10	2	2	2	14	61		5	4	9
	10—20	4	1	3	15	54		5	4	9



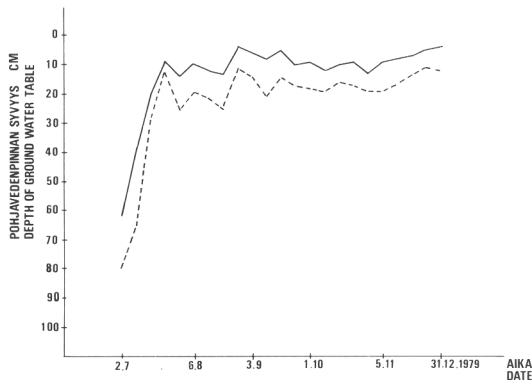
Taulukko 2. Maan ravinnepitoisuudet sekä pH eri aikoina Torajärvellä ja Santapellolla.  
 Table 2. Soil nutrient contents and pH at different dates at Torajärvi and Santapello.

Tutkittu alue Investigated area	Torajärvi				Santapello			
	20.6.1979		17.8.1979		20.6.1979		17.8.1979	
Näytteenottoajankohta Sampling date								
Näytteen otossyvyys Sampling depth	0—10	10—20	0—10	10—20	0—10	10—20	0—10	10—20
pH <sub>(H<sub>2</sub>O)</sub>	4,3	4,4	4,7	4,6	7,1	7,0	6,6	6,6
N tot	%	0,7	0,6		0,5	0,4		
P liuk. sol.	mg/l	2,7	3,0		4,4	3,4		
K vaiht. exch.	mg/l	29	36		209	160		
Ca vaiht. exch.	mg/l	70	188		5300	4600		
B vesiliuk. water-sol.	mg/l	0,15	0,20	0,25	0,28	0,4	0,3	0,3
Cu happoliuk. acid-sol.	mg/l	2,3	3,6			7,0	8,1	
Zn happoliuk. acid-sol.	mg/l	13,8	13,3			50,0	50,0	
Mn vaiht. exch.	mg/l	7,1	23,3	36,6	76,8	1,4	1,4	3,9
S helppoliuk. easily sol.	mg/l	42,5	23,1	7,3	17,2	4,8	4,9	4,2
Fe happoliuk. acid-sol.	g/l	2,5	4,5	3,4	4,0	5,0	5,4	3,7
Al happoliuk. acid-sol.	g/l			7,0	5,5			8,7



Kuva 3. Keskimääräinen pohjavesipinnan syvyys Torajärvellä sekä viikottainen sademäärä Pomarkussa vuosina 1978—1979.

Fig. 3. Mean depth of ground water table at Torajärvi and weekly precipitation in Pomarkku in 1978—1979.



Kuva 4. Pohjavesipinnan syvyys eri ajankohtina vuonna 1979 häiriytyneen (—) ja normaalin (----) puuston alueella.

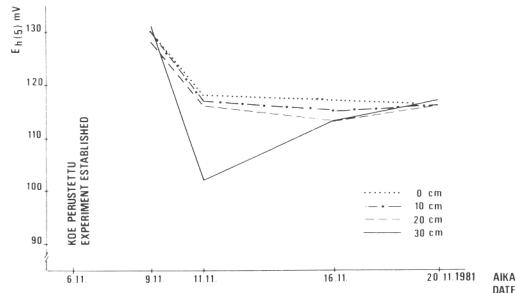
Fig. 4. Depth of ground water table in areas with injured (—) and normal (----) stands at different dates in 1979.

### 33. Puusto

#### 331. Oireisto

Tunnusomaista puille oli kasvainten kärjestä alkava kuoleminen. Toistuvista latvojen kuolemista on ollut seurauksena latvusten pensastuminen (kuva 6). Tällaiset koivut olivat huomattavasti lyhyempiä kuin normaalit yksilöt. Pensasmaisten koivujen lehdet olivat muodoltaan ja kooltaan vaihtelevia, kuprullevia, kuppimaisia ja alapinnaltaan rakkomaisia (kuva 7). Useissa lehdissä oli nekrootisia laikkuja. Loppukesällä 1979 oli pitkä sadejakso ja istutustiheyskokeella puiden lehdet kellastuivat vähitellen ja reunaosista alkaen ilmeni nekroosia (kuva 7). Oireet ilmenivät voimakkaimmin vanhoissa lehdissä. Lehdet varisivat myös normaalia aikaisemmin. Samoin lehdissä ilmeni *Gloeosporium gloeosporioides* -sienen itiöpesäkkeitä. Ainoa huomattava valomikroskoopissa näkyvä oire lehdissä oli hohkатыlpyn onteloituminen lehtisuonten ympäristössä. Pahimmissa häiriötapahtumissa koivut olivat kuolleet kokonaan. Kuvasta 8 ilmenee, että koivujen kuoleminen oli voimakkainta vuosina 1975—80. Vuoteen 1979 mennessä alueelle istutetusta taimimäärästä oli kuollut 45 %.

Kesällä 1980 toteutetun täydennysojituksen vaikutuksesta koivujen kasvu elpyi voimakkaasti. Kuvassa 6 nuolen yläpuolinen osa on vuoden 1980 elpynyttä kasvua. Täydennysojituksen jälkeen syntyneet lehdet oli-



Kuva 5. Redoksipotentiaali eri pohjavesipinnan syvyyksillä 6.11.—20.11.1981 välisenä aikana. Laboratoriokoe.

Fig. 5. Redox potential at different depths of ground water table on 6–20 November, 1981. A laboratory experiment.

vat kooltaan huomattavasti suurempia kuin ennen ojitusta syntyneet (kuva 7). Kuitenkin lehtien muoto ja rakenne olivat lähes samanaiset kuin ennen ojitusta.

#### 332. Keskipituus

Torajärvellä rauduskoivujen keskimääräinen pituus oli vuonna 1970 2,58 m, v. 1977 5,15 m ja 1979 6,28 m. Vertailualueen puiden keskipituus oli vuonna 1979 10,7 m. Taulukosta 3 ilmenee, että ainoastaan NPK-lannoitetuilla koaloilla koivujen keskipituus oli keskimäärin muita hieman suurempi. Sen sijaan eri hivenravinnepitoisuuksien välillä ei ollut vielä merkittäviä eroja.

#### 333. Lehtien ravinnepitoisuudet

Torajärvellä koivun lehdet sisälsivät hieman enemmän typpeä ja booria sekä huomattavasti enemmän mangaania kuin vertailualueella. Muiden ravinteiden osalla tilanne oli päinvastainen rikkiä lukuunottamatta. Rikkipitoisuudet olivat keskimäärin samat kummallakin alueella (kuva 9). PK-, NPK- ja hivenseoslannoituksella ei ollut vaikutusta lehtien ravinnepitoisuuksiin (kuva 9). Täydennysojituksen jälkeen vuonna 1981 typpi-, kalium-, kalsium-, rauta-, kupari-, sinkki-, rikki- ja mangaanipitoisuudet olivat alemmat kuin ennen täydennysojitusta. Sen sijaan booripitoisuudet olivat korkeammat kuin vuonna 1979 ja fosforipitoisuuksien osalla ei

ollut lainkaan tilastollisia eroja eri vuosien välillä (kuva 10).

Kasvuhäiriöasteen pahetessa lehtien mangaanipitoisuus kasvoi hyvin jyrkästi. Tyypeä ja booria oli hieman enemmän, sen sijaan fosforia, kalia, kalsiumia ja rautaa oli vähemmän sairaiden puiden lehdistä kuin ver-



Kuva 6. Täydennysojituksen vaikutuksesta elpynyt rauduskoivu. Nuolen alapuolinen osa kuvastaa tilannetta ennen täydennysojitusta.

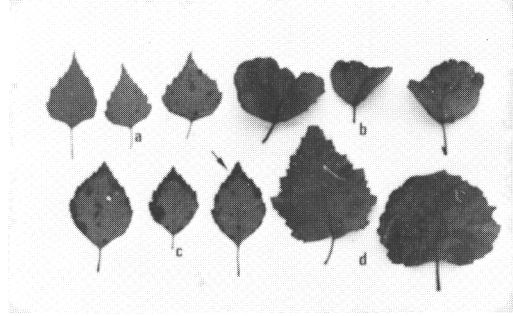
Fig. 6. Silver birch recovered after supplementary drainage. Area below the arrow illustrates the situation before drainage.

Taulukko 3. Rauduskoivujen keskipituus Torajärvellä eri lannoituskäsittelyillä vuonna 1979.

Table 3. Mean height of silver birch at Torajärvi after different fertilization treatments in 1979.

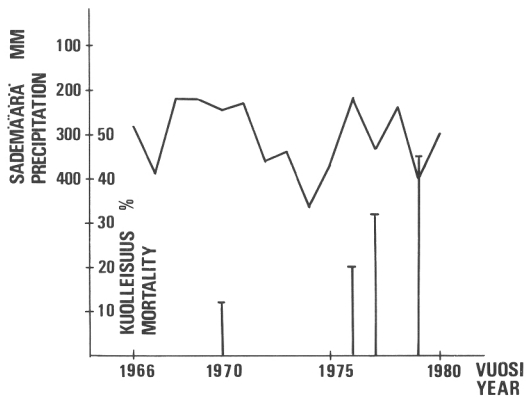
Lannoituskäsittely Fertilization	O	PK	NPK	$\bar{x}$
O	6,52	6,52	6,17	6,40
B	6,16	5,73	6,97	6,29
Hi	6,07	5,90	6,84	6,27
B+Cu+Zn	6,26	5,84	6,35	6,15
$\bar{x}$	6,25	6,00	6,58	6,28

tailualueella (taulukko 4). Nämä ravinnepitoisuudet eivät kuitenkaan käyttäytyneet yhtä systemaattisesti häiriöasteen pahetessa kuin mangaani. Tosin on huomattava, että näytemäärä oli erittäin pieni, vain yksi näyte/häiriöaste kontrollia lukuunottamatta.



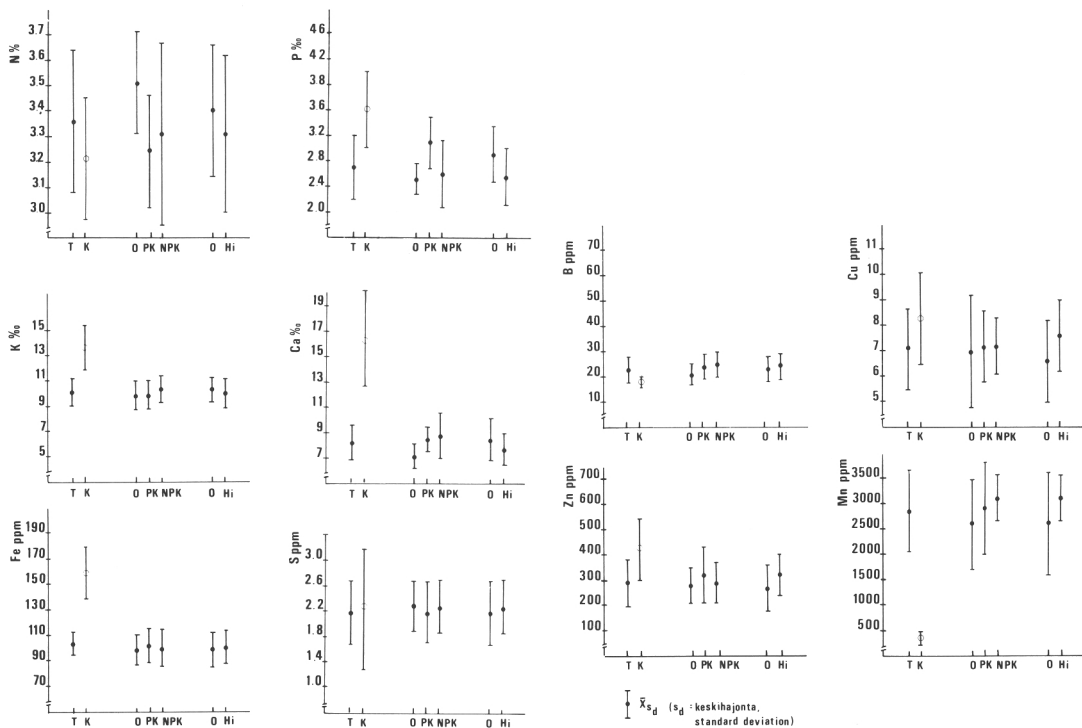
Kuva 7. Rauduskoivun lehtiä vertailualueelta (a) ja Torajärven istutustiheyskokeelta (b, c ja d); b = muodoltaan häiriytyneitä lehtiä, c = mangaanilylimäärän aiheuttamaa nekroosia, d = täydennysojituksen jälkeen vuonna 1980 syntyneitä lehtiä.

Fig. 7. Silver birch leaves from the control area (a) and from the planting density experiment at Torajärvi (b, c and d); b = disfigured leaves, c = necrosis caused by surplus manganese, d = leaves after supplementary drainage in 1980.



Kuva 8. Kuolleiden yksilöiden %-osuus koko yksilömäärästä eri vuosina Torajärvellä sekä toukokuuskuun sademäärä Pomarkussa.

Fig. 8. Percentage of dead trees out of all trees at Torajärvi in different years as well as precipitation May through September in Pomarkku.



Kuva 9. Rauduskoivun lehtien ravinnepitoisuudet eri lannoituskäsittelyillä. T = Torajärvi, K = Santapello. Peruslannoituskäsittely: O, PK, NPK. Hivenlannoituskäsittelyt: O, Hi = hivenseos. Lannoituskäsittelyt ilmenevät tarkemmin tekstistä s.

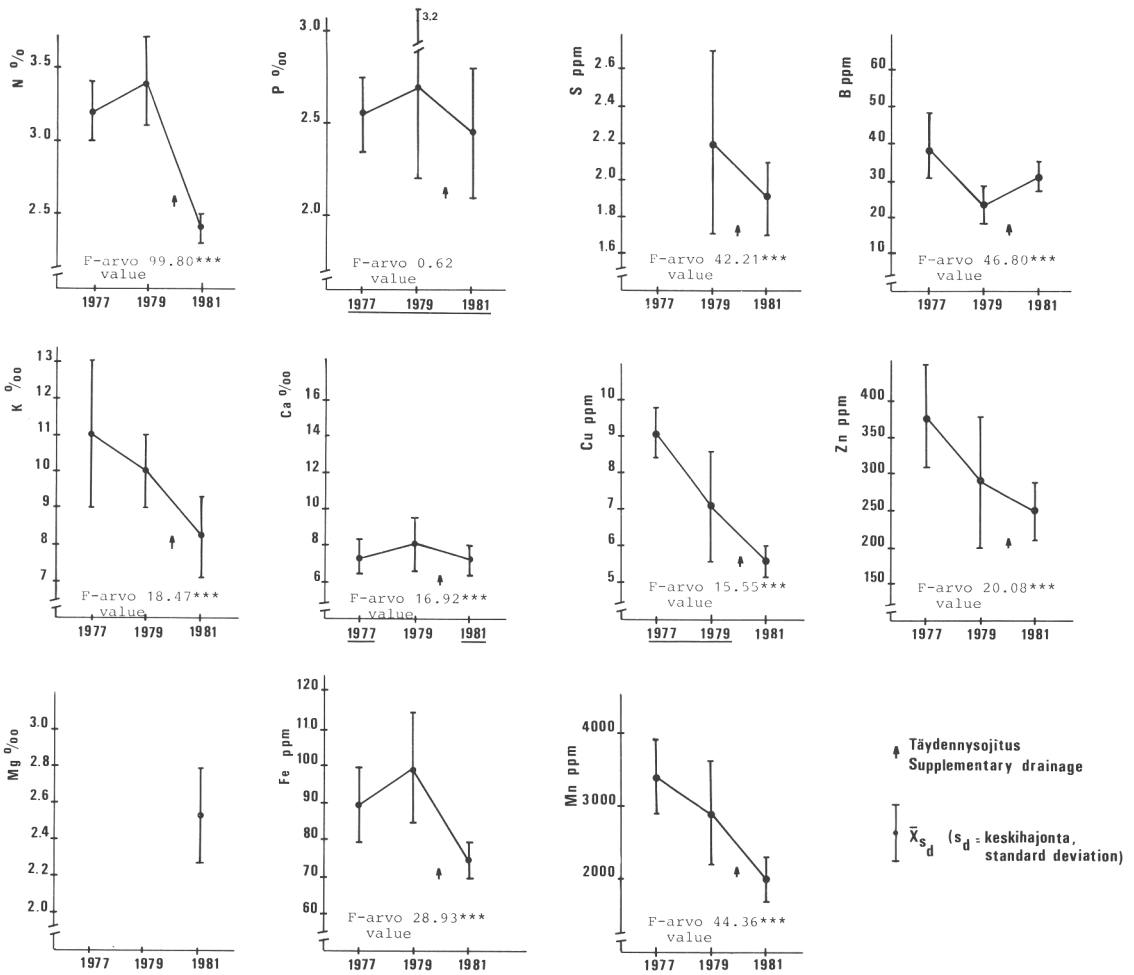
Fig. 9. Foliar nutrient levels of silver birch on differently fertilized plots. T = Torajärvi, K = Santapello. Primary fertilization: O, PK, NPK. Micronutrient fertilization: O, Hi = Micronutrient mixture. Fertilization treatments in closer detail in the text on p.

Taulukko 4. Eri kasvuhäiriöastetta olevien rauduskoivujen lehtien ravinnepitoisuudet 16.7.1979.  
Table 4. Foliar nutrient levels of healthy and injured silver birches on 16 July, 1979.

Kasvuhäiriöaste Degree of injury	N %	P 0/00	K 0/00	Ca 0/00	S 0/00	Fe ppm	B ppm	Cu ppm	Zn ppm	Mn ppm
Terve (vertailualue) <sup>1)</sup> Healthy (control area)	3,21	3,57	13,5	16,4	2,26	151	17,5	7,2	419	340
Terveennäköinen <sup>2)</sup> Healthy-looking	3,70	2,65	10,5	8,4	2,30	77	21,4	5,9	210	532
Lievä kasvuhäiriö <sup>2)</sup> Mild injury	3,39	3,30	10,5	9,2	2,29	103	18,8	7,7	174	1648
Paha kasvuhäiriö <sup>2)</sup> Severe injury	3,70	2,93	10,3	11,7	2,29	124	36,0	9,4	442	3587

1) Kahdeksan näytteen keskiarvo  
Average of eight samples

2) Yksi näyte  
One sample



Kuva 10. Rauduskoivun lehtien ravinnepitoisuudet eri vuosina Torajärvellä. Varianssianalyysin F-arvot ja merkitsevyydet sekä Tukeyn testitulokset.

Fig. 10. Foliar nutrient levels of silver birch at Torajärvi in different years. F values and significances from the analyses of variance and Tukey test results.

#### 4. TULOSTEN TARKASTELU

Tutkimusalueen maa entisenä järvenpohjana omaa liejulle ja liejusavelle tunnusomaiset fysikaaliset piirteet (ks. Stålfelt 1969, Soveri 1964). Kummallekin maalajille on ominaista, että ne kuivaessaan kutistuvat voimakkaasti ja halkeilevat, mutta eivät kostuessaan sanottavasti turpoa uudelleen. Tämä selittää kuivatuksen jälkeen Torajärvellä tapahtuneen maan voimakkaan halkeilun. Vertailualueelta saatiin maa-analyysihin sekä Kurjen (1972) peltomaiden liejuista ja liejusavista saamiin analyysituloksiin verrattuna Torajärvellä oli maassa erittäin

vähän kalia, fosforia ja kalsiumia. Samoin booria, kuparia ja sinkkiä oli niukalti. Sen sijaan rikkiä ja mangaania oli erittäin runsaasti. Laboratoriossa tehty koe viittasi siihen, että kaikilla tutkituilla pohjavedenpinnan syvyyksillä myös Torajärvellä mahdollisesti vallitsee ainakin ajoittain pelkistyneet olosuhteet (ks. Starkey & Wight 1945, Brown ym. 1966, Scheffer & Schachtschabel 1976, Eurola & Kaakinen 1978), mihin viittaa myös kesällä 1979 todettavissa ollut rikkivedyn haju (ks. Amberger 1979).

Happamissa pelkistyneissä olosuhteissa

maan rikki ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) pelkistyy kasveille myrkylliseksi rikkivedyksi ( $\text{H}_2\text{S}$ ) ja rautasulfideiksi ( $\text{FeS}$ ,  $\text{FeS}_2$ ). Samoin rauta ( $\text{Fe}^{3+}$ ), mangaani ( $\text{Mn}^{4+}$ ,  $\text{Mn}^{3+}$ ) ja alumiini ( $\text{Al}^{3+}$ ) pelkistyvät kasveille käyttökelpoiseen muotoon (Amberger 1979), aiheuttaen helposti myrkytystilan. Pääravinteista tyypelle ko. olosuhteissa on ominaista denitrifikaatio ja fosforille sitoutuminen vaikealiukoiseksi rauta- ja alumiinifosfaateiksi (Amberger 1979, Mengel & Kirkby 1979). On mahdollista että varsinkin sateisina kesinä, jolloin pohjaveden pinta on ollut Torajärvellä korkealla, koivut ovat voineet kärsiä ennen kaikkea liiasta mangaanista sekä mahdollisesti rikkivedystä ja muista anaerobisissa olosuhteissa muodostuneista myrkyllisistä yhdisteistä.

Oireisto ja lehtianalyysit tukevat käsitystä, että kasvuhäiriöiden syynä Torajärvellä olisi lähinnä mangaanimyrkytys. Kasveilla mangaanimyrkytyksen oireet näkyvät herkemmin versossa kuin juurissa (Hiatt & Ragland 1963). Alkuvaiheessa myrkytykselle on tunnusomaista klorofyllisynteesin häiriytyminen, mistä on seurauksena aluksi vanhemmissa lehdissä lehtisuonten ympärillä ja sittemmin suonten välillä ilmenevä kloroosi. Myöhemmin mangaaniylimäärän hapettuessa vähitellen kasvissa mangaanioksidiksi ( $\text{MnO}_2$ ) ilmaantuu lehtien kärki- ja reunaosista alkaen solukoiden ruskettumista ja nekroosia. Lopulta lehdet kuolevat kokonaan. Muodoltaan lehdet ovat vaihtelevia, ryppyisiä ja laidoiltaan alaspäin rullautuneita. Tilanteen paheassa kuolee paitsi lehdet myös kärkisilmut ja vanhemmat juuret. Sivusilmujen ansiosta syntyy kuitenkin uusia verson ja juuren haaroja, jotka nekin voivat kuolla tilanteesta riippuen. Tästä syystä puu saa vähitellen pensasmaisen muodon kuten Torajärvellä.

Pahimmassa tapauksessa koko yksilö kuolee (Burghardt 1956, Williams & Vlamis 1957, Bussler 1958, Boorda van Eysinga & Smilde 1971, Hoyle 1972, Bergmann & Neubert 1976, Le Mare 1977a).

Mangaanin myrkytysoireet tosin eivät yleisesti ole kovin tunnusomaisia. Varmuuden myrkytystilasta saa ravinneanalyysin, vertaamalla oireettomia ja oireellisia yksilöitä keskenään. (Solbraa & Selmer-Olsen 1981). Tosin analyttisestikin mangaanimyrkytyksen toteaminen on vaikeaa mm. seuraavista syistä:

1. Kasvien mangaaninsietokyky vaihtelee iän ja lajin mukaan (Roorda van Eysinga & Smilde 1971).
2. Kasvien mangaaninsietokyky riippuu kalsium-, fosfori- ja piitilanteesta (Williams & Vlamis 1957, Le Mare 1977a ja b, Horst & Marschner 1978).
3. Maan mangaani muuttuu kasveille käyttökelpoiseen muotoon happamissa, anaeroobeissa olosuhteissa. Tällöin muodostuu myös muita kasvien kannalta myrkyllisiä yhdisteitä, esim. rikkivety, hiilidioksidi ja erilaiset orgaaniset hapot.

Lehtien korkeat mangaanipitoisuudet Torajärvellä ovat seurausta maalajin kemiallisista ominaisuuksista ja liiallisesta kosteudesta (taulukko 5). Täydennysojituksen ja vanhojen ojien perkauksen vaikutuksesta lehtien mangaanipitoisuudet alenivat sateisesta kestästä huolimatta. Kuivatuksen vaikutus näkyi myös koivujen kasvussa ja lehtien koossa. Edellä mainittu viittaa siihen, että kasvuhäiriöiden syynä olisi liiallinen kosteus seurausilmiöineen.

Huikarin (1955, 1959) mukaan rauduskoivu sietää anaerobisia olosuhteita varsin pitkään. Toisaalta Raulo (1981) esittää, että rauduskoivu ei pysty yleensä kasvamaan kosteilla tai vähähappisilla kasvualustoilla. Tämä työ viittaa siihen, että pulajin kyky sie-

Taulukko 5. Rauduskoivun lehtien ravinnepitoisuudet tämän tutkimuksen sekä eräiden aiempien tutkimustulosten mukaan.

Table 5. Foliar nutrient levels of silver birch according to the results of this and some former investigations.

	N %	P 0/00	K 0/00	Ca 0/00	B ppm	Cu ppm	Zn ppm	Mn ppm	N/P
Tämä tutkimus:									
<i>This investigation:</i>									
Vertailualue <i>Control area</i>	3,2	3,6	13,5	16,4	18	7,2	419	349	8,9
Torajärvi	3,4	2,7	10,0	8,2	23	7,1	295	2861	12,6
Aaltonen 1955	2,4	2,2	7,9	7,4					10,9
Tamm 1951	2,4	1,7	9,3	8,6					14,1
Ahrens 1964					29	8,6	468	1436	

tää anaerobisia olosuhteita riippuu myös maan kemiallisista ominaisuuksista.

Hyvän pääravinnetilanteen ja osin anaerobisten olosuhteiden vuoksi pää- ja hivenlannoituksella ei ole ollut vaikutusta puuston keskিপituuteen, eikä lehtien ravinnepitoisuuksiin. Viro (1974) on toisaalta todennut, että puhtaissa koivikoissa ilmeisesti pintakasvillisuus ottaa huomattavan osan tarjolla olevista ravinteista. Sen vuoksi lannoituksen vaikutus puhtaissa taimikoissa on lyhyt ja varsin vaatimaton, keskimäärin kolme vuotta.

## KIRJALLISUUS

- AALTONEN, V.T. 1950. Die Blattanalyse als Bonitierungsgrundlage des Waldbodens. Seloste: Lehtianalyysi metsämaan hyvyysluokituksen perustana. Commun. Inst. For. Fenn. 37 (8):1—41.
- 1955. Die Blattanalyse als Bonitierungsgrundlage des Waldbodens. II. Seloste: Lehtianalyysi metsämaan hyvyysluokituksen perusteena. II. Commun. Inst. For. Fenn. 45 (2):1—21.
- AHRENS, E. 1964. Untersuchungen über den gehalt von Blättern und Nadeln verschiedener Baumarten an Kupfer, Zink, Bor, Molybdän und Mangan. Allg. Forst- und Jagdzeitung 135. Heft. 1:8—16.
- AMBERGER, A. 1979. Pflanzenernährung. 237 s. Stuttgart. Eugen Ulmer GmbH & Co.
- BERGMANN, W. & NEUBERT, P. 1976. Pflanzendiagnose und Pflanzenanalyse zur Ermittlung von Ernährungsstörungen und des Ernährungszustandes der Kulturpflanzen. 711 s. Jena. Gustav Fischer Verlag.
- BRAEKKE, F.H. 1979. Boron deficiency in forest plantations on peatland in Norway. Bormangel etter skogreising på torvmark i Norge. Medd. Norsk. Inst. Skogforsk. 35.3:213—236.
- BROWN, A.H.F., CARLISLE, A. & WHITE, E.J. 1966. Some aspects of the nutrition of Scots pine on peat. Forestry 35:78—87.
- BURGHARDT, H. 1956. Beiträge zum Eisen-Mangan-Antagonismus der Pflanzen. Flora 143:1—30.
- BUSSLER, W. 1958. Manganvergiftung bei höheren Pflanzen. z. PflErnähr. Bodenk. 81.3:256—265.
- EUROLA, S. & KAAKINEN, E. 1978. Suotyyppiopas. 87 s. Porvoo-Helsinki-Juva. WSOY.
- HIATT, A.J. & RAGLAND, J.L. 1963. Manganese toxicity of burley tobacco. Agron. J. 55:47—49.
- HORST, W.J. & MARSCHNER, H. 1978. Effect of silicon on manganese tolerance of bean plants (*Phaseolus vulgaris* L.) Plat & Soil 50:287—303.
- HOYLE, M.C. 1972. Manganese toxicity in yellow birch (*Betula alleghaniensis* Britton) seedlings. Plant & Soil 36:229—232.
- HUIKARI, O. 1955. Experiments on the effect of anaerobic media upon birch, pine and spruce seedlings. Seloste: Kokeita kasvualustan anaerobisuuden vaikutuksesta koivun, männyn ja kuusen taimiin. Commun. Inst. For. Fenn. 42 (5):1—13.
- 1959. On the effect of anaerobic media upon the roots of birch, pine and spruce seedlings. Seloste: Kasvualustan anaerobisuuden vaikutuksesta koivun, männyn ja kuusen taimien juuristoihin. Commun. Inst. For. Fenn. 50 (9):1—14.
- 1974. Hivenravinteet ja puiden kasvu. Metsä ja puu 11:24.25.
- 1977. Micro-nutrient deficiencies cause growth-disturbances in trees. Silva Fenn. 11 (3):251—255.
- INGESTAD, T. 1958. Studies on manganese deficiency in a forest stand. Sammanfattning: Studier över manganbrist i ett skogsträdbestånd. Medd. Stat. Skogsf. Inst. 48 (4):1—20.
- 1962. Macroelement nutrition of pine, spruce and birch seedlings in nutrient solutions. Sammanfattning: Inverkan av varierad makronäringstillförsel på tall-, gran- och björkplantor i näringslösningar. Medd. Stat. Skogsf. Inst. 51 (7):1—150.
- & JACOBSON, A. 1962. Boron and manganese nutrition of birch seedlings in nutrition solutions. Sammanfattning: Inverkan av varierad bor- och magangivå på björkplantor i näringslösningar. Medd. Stat. Skogsf. Inst. 51 (8):1—20.
- JUUSELA, T., KAUNISTO, S. & MUSTONEN, S. 1969. Turpeesta tapahtuvaan haihduntaan vaikuttavista tekijöistä. Summary: On factors affecting evapotranspiration from peat. Commun. Inst. For. Fenn. 67 (1):1—45.
- KOLARI, K. 1979. Hivenravinteiden puute metsäpuilla ja männyn kasvuhäiriöilmio Suomessa. Kirjallisuuskatsaus. Summary: Micro-nutrient deficiency in forest trees and dieback of Scots pine in Finland. A review. Folia For. 389:1—37.
- KURKI, M. 1972. Suomen peltojen viljavuudesta II. 182 s. Viljavuuspalvelu Oy.
- Le MARE, P.H. 1977a. Experiments on effects of phosphorus on the manganese nutrition of plants. II. Interactions of phosphorus calcium and manganese in cotton crown with nutrient solutions. Plant & Soil 47:607—620.
- 1977b. Experiments on effects of phosphorus on the manganese nutrition of plants. III. The effect of calcium: phosphorus ratio on manganese in cotton grown in Buganda soil. Plant & Soil 47:621—630.
- MENGEL, K. & KIRKBY, E.A. 1979. Principles of plant nutrition. 593 s. Bern. International Potash Institute.
- PAAVILAINEN, E. 1966. On the relationship between the root systems of white birch and Norway spruce and the ground water table. Seloste: Hieskoivun ja kuusen juuriston suhteesta pohjavesipintaan mus-

- tikkakorvessa. *Commun. Inst. For. Fenn.* 62 (1):1—15.
- RAITIO, H. 1979. Boorin puutteesta aiheutuva männyn kasvuhäiriö metsitetyllä suopellolla. Oireiden kuvaus ja tulkinta. Summary: Growth disturbances of Scots pine caused by boron deficiency on an afforested abandoned peatland field. Description and interpretation of symptoms. *Folia For.* 412:1—16.
- 1981. Pääravinnelannoituksen vaikutus männyn neulasten rakenteeseen ja ravinnepitoisuuksiin ojitetulla lyhytkorsinevalla. Summary: Effect of macro-nutrient fertilization on the structure and nutrient content of pine needles on a drained short sedge bog. *Folia For.* 456:1—10.
- & RANTALA, E.-M. 1977. Männyn kasvuhäiriön makro- ja mikroskooppisia oireita. Oireiden kuvaus ja tulkinta. Summary: Macroscopic and microscopic symptoms of a growth disturbance in Scots pine. Description and interpretation. *Commun. Inst. For. Fenn.* 91 (1):1—29.
- RAULO, J. 1981. Koivukirja. 131 s. Jyväskylä. Gummerus.
- REINKAINEN, A. 1967. The appearance of nutrient deficiency in plant growing in the experimental area for forest fertilization at Kivisuo. Proceedings of the Colloquium on Forest Fertilization, Jyväskylä, Finland. p. 345-361. International Potash Institute, Berne, Switzerland.
- 1968. Ravinteiden puutosoireista puulajeilla. Teoksessa JAMALAINEN, E.A. 1968. Kasvien puutos-taudit. 128 s. Helsinki. Kirjayhtymä.
- 1973. Koivulajien ravinnepuuteoireista turvemailla. Metsäntutkimuslaitos. Suontutkimusosaston tiedon-antoja 3:1—13.
- ROORDA VAN EYSINGA, J.P.N.L. & SMILDE, K.W. 1971. Nutritional disorders in glasshouse lettuce. 56 s. Wageningen.
- SCHEFFER, F. & SCHACHTSCHABEL, P. 1976. *Lehrbuch der Bodenkunde.* 394 s. Stuttgart. Ferdinand Enke Verlag.
- SILFVERBERG, K. 1980. Kuusen kasvuhäiriö ja hi-venravinteet. Summary: Micronutritional growth disorder in Norway spruce. *Folia For.* 432:1—13.
- SOLBRAA, K. & SELMER-OLSEN, A.R. 1981. Manganese toxicity — in particular when growing plants in bark compost. Causer, symptoms, extrac-tion methods and precautions. *Acta Agr. Scandi-navica* 31:29—39.
- SOVERI, U. 1964. Maalajit ja niiden käyttö. Teoksessa RANKAMA, K. 1964. Suomen geologia. 414 s. Helsinki. Kirjayhtymä.
- STARKEY, R.L. & WIGHT, K.M. 1945. Anaerobic corrosion of iron in soil. Final report of the Ameri-can gas Association iron corrosion research fellow-ship. New York.
- STÅLFELT, M.G. 1969. Växtekologi. 443 s. Stock-holm. Kungl. Boktryckeriet P.A. Notdstedt & Söner.
- TAMM, C.O. 1951a. Seasonal variation in composition of birch leaves. *Physiol. plat.* 4:461—469.
- 1951b. Chemical composition of birch leaves from drained mire, both fertilization with wood ash and unfertilized. *Svensk Bot. Tidskr.* 45 (2):309—319.
- VEIJALAINEN, H. 1981. Hivenlannoituksen vaikutus istutusmännikön kehitykseen turvemailla. Sum-mary: Long-term responses of Scots pine to micro-nutrient fertilization on acid peat soil. *Folia For.* 477:1—15.
- VIRO, P.J. 1974. Fertilization of birch. Seloste: Koivun lannoitus. *Commun. Inst. For. Fenn.* 81 (4):1—38.
- WILLIAMS, D.E. & VLAMIS, J. 1957. The effect of silicon on yield and manganese -54 uptake and distribution in the leaves of barley plants grown in culture solutions. *Plant physiol.* 32:404—409.



## SUMMARY

Growth disturbances characterized by frequent diebacks and disturbances in the apical dominance leading to a bushy growth of trees have been described in pine and spruce. Outwardly resembling disturbances have been discovered also in birch on peatland. One of the reasons for pine and spruce growth disturbances is a shortage of micronutrients, especially boron. The same assumption has been made in case of birch, although no investigations have been carried out so far.

When Inhottujärvi in Noormarkku (60°36'N, 21°56'E) was drained in 1960–65, also Torajärvi owned by A. Ahlström Ltd. was included in the drainage. According to the above presented hypothesis a fertilization experiment using micronutrients (Figs. 1 and 2) was set up to cure the growth disturbances discovered in a planted birch stand at Torajärvi. This investigation describes in detail the symptoms found in the area, the effect of fertilization and the water and nutrient conditions that have possibly contributed to the disturbances.

A 250-ha area exposed after drainage at Torajärvi is of heavy clay, the 5–25 cm top layer being acid, plenty of sulphur and manganese containing gyttja. As a former field the control area is nutritious fine sand (Tables 1 and 2). As a result of drainage the silty clay at Torajärvi has cracked badly, thus promoting the drying of soil similarly to underdrainage. This is probably the reason for sudden variations in ground water table (Fig. 3). In 1979 the ground water table was at the depth of 25 cm on average. The ground water table was deeper in the area with healthy stands than in the area of bushy or dead trees (Fig. 4). The area was also occasionally flooded.

The growth disturbance in birch was characterized by a bushy crown caused by frequent diebacks. The leaves of bushy, shorter-than-normal birches varied in shape and size being bulgy, cuplike and blistery on undersides. In the late summer of 1979, after a prolonged rainy season, the leaves yellowed gradually and began to display necrosis starting from the edges. The only remarkable symptom discernible by a light

microscope was cavities in spongy cells around leaf veins. In the worst cases the entire tree had died. Out of all the trees in the area 45 % had died till 1979 (Figs. 6, 7 and 8).

The average height of silver birch at Torajärvi was 2.58 m in 1970, 5.15 m in 1977 and 6.28 m in 1979. The average height of trees in the control area was 10.7 m in 1979. Table 3 shows the average height of trees on differently fertilized plots in 1979.

Birch leaves at Torajärvi contained slightly more nitrogen and boron and considerably more manganese than in the control area. The situation was contrary in case of other nutrients excluding sulphur, whose levels were the same on the average in both areas (Fig. 9). Fertilization with PK, NPK and a micronutrient mixture had no effect on the foliar nutrient levels (Fig. 9). After the supplementary drainage in 1981 the nitrogen, potassium, calcium, iron, copper, zinc, sulphur and manganese levels were lower than before the drainage. On the other hand, boron levels were higher than in 1979 and no statistical differences in phosphorus contents were found between the years (Fig. 10).

As the injuries became severer, the foliar manganese level increased suddenly. There were slightly more nitrogen and boron, but less phosphorus, potassium, calcium and iron in the leaves of injured trees as compared to the control area (Table 4). These nutrient levels did not, however, reflect as systematically as manganese the severity of growth disturbances. One must, however, note that only very few samples were involved, just one sample/disturbance degree apart from the control.

The symptoms of growth disturbance as well as foliar and soil analyses support the notion that the causes at Torajärvi were excessive moisture and manganese intoxication induced by the chemical properties peculiar to that soil. The strong invigoration of growth after supplementary drainage confirmed the view that excessive moisture with consequent phenomena had caused the growth disturbances.



ODC 424.2/.7 + 416.1 + 181.3 + 176.1 *Betula pendula*  
ISBN 951-40-0592-9  
ISSN 0015-5543

RAITIO, H. 1982. Rauduskoivuun kasvuhäiriö Torajärven koekentällä. Summary: Growth disturbance of *Betula pendula* in the Torajärvi experimental field. *Folia For.* 536:1—15.

Growth disturbances of silver birch are characterized by a bushy crown caused by frequent diebacks. The leaves of bushy and shorter-than-normal and even-aged birches varied in shape and size, being bulgy, cuplike and blistered on undersides. In the late summer of 1979, after a prolonged rainy season, the leaves yellowed gradually and began to display necrosis starting from the edges. The only remarkable symptom discernible by a light microscope was the cavities of spongy cells around leaf veins. In the worst cases trees had died.

The symptoms of growth disturbances as well as foliar and soil analyses support the notion that the disturbances would have been caused by excessive moisture and manganese intoxication induced by the chemical properties peculiar to that soil.

Author's address: The Finnish Forest Research Institute, Parkano Research Station. SF-39700 Parkano, Finland.

ODC 424.2/.7 + 416.1 + 181.3 + 176.1 *Betula pendula*  
ISBN 951-40-0592-9  
ISSN 0015-5543

RAITIO, H. 1982. Rauduskoivuun kasvuhäiriö Torajärven koekentällä. Summary: Growth disturbance of *Betula pendula* in the Torajärvi experimental field. *Folia For.* 536:1—15.

Growth disturbances of silver birch are characterized by a bushy crown caused by frequent diebacks. The leaves of bushy and shorter-than-normal and even-aged birches varied in shape and size, being bulgy, cuplike and blistered on undersides. In the late summer of 1979, after a prolonged rainy season, the leaves yellowed gradually and began to display necrosis starting from the edges. The only remarkable symptom discernible by a light microscope was the cavities of spongy cells around leaf veins. In the worst cases trees had died.

The symptoms of growth disturbances as well as foliar and soil analyses support the notion that the disturbances would have been caused by excessive moisture and manganese intoxication induced by the chemical properties peculiar to that soil.

Author's address: The Finnish Forest Research Institute, Parkano Research Station. SF-39700 Parkano, Finland.

Tilaa kortin kääntöpuolelle merkitsemäni julkaisut (julkaisun numero mainittava).

*Please send me the following publications (put number of the publication on the back of the card).*

Nimi  
Name \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

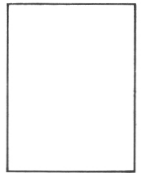
Osoite  
Address \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Metsäntutkimuslaitos  
Kirjasto/Library  
Unioninkatu 40 A  
SF-00170 Helsinki 17  
FINLAND



Folia Forestalia \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Communicationes Instituti Forestalis Fenniae \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Huomautuksia & tiedusteluja

*Remarks & calls for information* \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

# 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:* 91500 Muhos, 1 kp, Finland  
Puh. — *Phone:* (981) 431 404

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

Punkaharjun jalostuskoasema  
*Punkaharju Tree Breeding 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:* (995) 61 401

Rovaniemen tutkimusasema  
*Rovaniemi Research Station*  
Os. — *Address:* Eteläranta 55  
96300 Rovaniemi 30, Finland  
Puh. — *Phone:* (991) 15 721

Joensuun tutkimusasema  
*Joensuu Research Station*  
Os. — *Address:* PL 68  
80101 Joensuu 10, Finland  
Puh. — *Phone:* (973) 26 211

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

Kannuksen energiametsäkoasema  
*Kannus Energy Forestry Experiment Station*  
Os. — *Address:* 69100 Kannus, Finland  
Puh. — *Phone:* (968) 71 161

- No 515 Kärkkäinen, Matti & Uusvaara, Olli: Nuorten mäntyjen laatuun vaikuttavia tekijöitä.  
Factors affecting the quality of young pines.
- No 516 Päivänen, Juhani: Hakkuun ja lannoituksen vaikutus vanhan metsäojitusalueen vesitalouteen.  
The effect of cutting and fertilization on the hydrology of an old forest drainage area.
- No 517 Sepponen, Pentti, Laine, Lalli, Linnilä, Kimmo, Lähde, Erkki & Roiko-Jokela, Pentti: Metsätyypit ja niiden kasvillisuus Pohjois-Suomessa. Valtakunnan metsien III inventoinnin (1951—1953) aineistoon perustuva tutkimus.  
The forest site types of North Finland and their floristic composition. A study based on the III National Forest Inventory (1951—1953).
- No 518 Kubin, Eero & Poikolainen, Jarmo: Hakkaamattoman metsän sekä eri tavoin muokatun avohakkuualan rou-ta- ja lumisuhteista.  
Snow and frost conditions in an uncut forest and open clear-cut areas prepared in various ways.
- No 519 Schildt, Jyri: Unimog kuorma-autoon perustuva polttohakkeen hankintajärjestelmä.  
Producing fuel chips with Unimog truck.
- No 520 Kärkkäinen, Matti: Tuloksia pystykarsittujen mäntyjen sahauksesta.  
Results on sawing pruned pines.
- No 521 Kärkkäinen, Matti & Kallinen, Jorma: Kemin seudun mäntytukkien koesahaustuloksia.  
On the sawing of pine logs from northern Finland, Kemi region.
- No 522 Björklund, Tarja: Kontortamännyn puutekniset ominaisuudet.  
Technical properties of lodgepole pine wood.
- No 523 Vuokila, Yrjö: Metsien teknisen laadun kehittäminen.  
The improvement of technical quality of forests.
- No 524 Varmola, Martti: Taimikko- ja riukuvaiheen männikön kehitys harvennuksen jälkeen.  
Development of Scots pine stands at the sapling and pole stages after thinning.
- No 525 Metsäntutkimuslaitoksen julkaisut 1981.  
Abstracts of the publications of the Finnish Forest Research Institute, 1981.
- No 526 Silfverberg, Klaus: Näringsanalys i två spårämnesödslade granplanteringar.  
Nutrient analysis of Norway spruce after application of micro-nutrients.
- No 527 Nikkanen, Teijo: Pohjois-Suomen mäntyjen nuorissa siemenviljelyksissä syntyneen siemenen käyttömahdolli-suuksista Oulun läänin alueella.  
Survival and height growth of North Finland × South Finland hybrid progenies of Scots pine in intermediate areas.
- No 528 Siren, Matti: Puuston vaurioituminen harvennuspuun korjuussa kuormainproessorilla.  
Stand damage in thinning operation with grapple loader processor.
- No 529 Valtonen, Kari: Sahatavaran ja puulevyjen käyttö uudisrakentamiseen 1970-luvulla.  
Use of sawnwood and wood-based panels in new building construction in the 1970's.
- No 530 Hannelius, Simo: Metsäkiinteistöjen kauppahinta-aineisto ja sen soveltuvuus kauppa-arvomenetelmän vertai-luperusteeksi.  
Forest real estate purchase price statistics as a basis for comparison method in real estate appraisal.
- No 531 Kinnunen, Kaarlo: Männyn kylvö karuhkoilla kangasmailla Länsi-Suomessa.  
Scots pine sowing on barren mineral soils in western Finland.
- No 532 Lyly, Olavi & Saksa, Timo: Pituuskasvun vaihtelu ja puuluokkien eriytyminen nuorena istutusmännikössä.  
Variation in height growth and differentiation of tree classes in a young Scots pine plantation.
- No 533 Lähde, Erkki, Nieminen, Jarmo, Etholén, Kullervo & Suolahti, Pekka: Varttuneet kontortametsiköt Suomen eteläpuoliskossa.  
Older lodgepole pine stands in southern Finland.
- No 534 Mälkönen, Eino & Saarsalmi, Anna: Hieskoivikon biomassatuotos ja ravinteiden menetys kokopuun korjuus-sa.  
Biomass production and nutrient removal in whole tree harvesting of birch stands.
- No 535 Kinnunen, Kaarlo & Nerg, Jukka: Männyn kylvö- ja luonnontaimikoiden tila Länsi-Suomen yksityismetsissä.  
State of sown and naturally regenerated young Scots pine stands in the private forest of western Finland.
- No 536 Raitio, Hannu: Rauduskoivun kasvuhäiriö Torajärven koekentällä.  
Growth disturbance of *Betula pendula* in the Torajärvi experimental field.
- No 537 Leikola, Matti, Raulo, Jyrki & Pukkala, Timo: Männyn ja kuusen siemensadon vaihteluiden ennustaminen.  
Prediction of the variations of the seed crop of Scots pine and Norway spruce.

Metsäntutkimuslaitoksen julkaisusarjoja, Communicationes Instituti 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 951-40-0592-9  
ISSN 0015-5543