

TYPPILANNOITUKSEN VAIKUTUS HAVUPUIDEN FOTOSYNTeesIKAPASITEETTIIN

SEPPO KELLOMÄKI

SUMMARY:

EFFECTS OF SOME NITROGEN FERTILIZERS ON PHOTOSYNTHETIC CAPACITY OF CONIFEROUS TREES

Saapunut toimitukselle 1978-07-17

Tutkielmassa on arvioitu lannoituksen vaikutusta havupuiden fotosynteesikapasiteettiin. Kirjallisuuden tarkastelu tuo esille ennen muuta neulaskierron merkityksen välittömään lannoitusreaktioon vaikuttavana tekijänä. Sen sijaan lannoituksen vaikutus fotosynteesinopeuteen näyttää vähäiseltä. Koska lannoitus lisää puiden neulamassaa, on lannoitettujen puiden fotosynteesikapasiteetti aina suurempi kuin lannoittamattomien. Lannoitusreaktion kesto korreloi-tuu lannoituksen neulasmassan dynamiikassa aiheuttamiin muutoksiin.

JOHDANTO

Typpilannoituksen vaikutus metsäpuiden rungon kasvuun ilmaistuna pituus-, säde- ja kuutiokasvuna tunnetaan pääpiirtein. (TAMM 1962, BRANTSEG ym. 1970, VIRO 1972, PAAVILAINEN 1977). Lannoituksen fysiologisista vaikutusmekanismeista tiedetään sen sijaan vielä varsin vähän. Puu tai metsikkö sellaisenaan on muodostanut tavallisesti tutkimuskohteen, jonka kasvutunnukset ovat antaneet riittävän pohjan lannoituksen vaikutuksen arvioimiseksi. Moniin käytännön lannoitusongelmiin tällaisen lähestymistavan antama tieto onkin riittävän tarkkaa.

Fotosynteesinopeuden ja neulasmassan yhteisvaikutus voidaan ilmaista fotosynteesikapasiteetin käsitteellä. Tällä tarkoitetaan hiilidioksidin vaihtoa ilmaistuna koko kasvia tai metsikön pinta-alaa kohti (vrt. esim. ZELAWSKI 1976). Kapasiteetin suuruuteen vaikuttaa paitsi yhteyttämisen nopeus myös

yhteyttävän solukon määrä. Jos fotosynteesin nopeus ilmaistaan yhteytetyn hiilidioksidin määränä lehtipinta-alaa ja aikayksikköä kohti ($\text{mg CO}_2/\text{cm}^2/\text{h}$) ja yhteyttävän solukon määrä pinta-alana yksittäistä puuta tai metsikköä kohti (cm^2/puu tai metsikkö), fotosynteesikapasiteetti voidaan ilmaista $\text{mg CO}_2/\text{h}/\text{puu}$ (tai metsikkö). Fotosynteesikapasiteetti tai käytettävissä olevien yhteyttämistuotteiden määrä puolestaan asettaa rajat kuiva-ainetuotannon määrälle (esim. LEDIG 1969, 1976, PROMNITZ 1976).

Tässä katsauksessa tarkastellaan typpilannoituksen vaikutusta havupuiden fotosynteesikapasiteettiin eri puolilla pohjoista havumetsävyöhykettä saatuja tutkimusten valossa. Myös tarkastellaan typpilannoituksen vaikutuksen suuruutta fotosynteesinopeuteen ja yhteyttävän solukon määrään sekä lannoitettujen puiden ja metsiköiden

yhteyttämiskapasiteettiin. Lannoituksen sekä puiden yhteyttämiskapasiteetin ja kuiva-ainetuotannon välisiä suhteita esitellään kirjallisuudesta saatuun aineistoon perustuvien laskelmien avulla.

Käsikirjoituksen ovat lukeneet vt. professori Matti Leikola, vt. professori Eino Mälkönen, MMK Pekka Kauppi ja MMK C. J. Westman, joiden tekemät muutosehdotukset käsikirjoitukseen ovat olleet arvokkaita.

LANNOITUKSEN VAIKUTUS FOTOSYNTESISNOPEUTEEN

WEETMANIN ja ALGARIN (1974) mukaan typipitoisuuden kanssa (vrt. myös VIRO 1969). FAGERSTRÖM ja LOHM (1977) erottavat kaksi vaikutusmekanismia (1) lannoituksen vaikutuksesta havupuiden fotosynteesinopeuteen.

Taulukko 1. Tietoja lannoituksen vaikutuksesta havupuiden fotosynteesinopeuteen.
Table 1. Effect of different fertilizers on photosynthetic rate of some coniferous trees.

Laji ja käsittely <i>Species and treatment</i>	Fotosynteesinopeus <i>Photosynthetic rate</i>	Suhteellinen fotosynteesi <i>Relative Photosynthesis</i>	Lähde <i>Source</i>
<i>Pseudotsuga menziesii</i>			
Lannoittamaton <i>Unfertilized</i>	3.8 ¹⁾	100	BRIX ja EBELL (1969)
Lannoitettu ^{a)} <i>Fertilized</i>	4.2 ¹⁾	111	
<i>Pinus pinaster</i>			
Lannoittamaton <i>Unfertilized</i>	1.5 ²⁾	100	KEYA ym. (1968)
Lannoitettu ^{b)} <i>Fertilized</i>	3.6 ²⁾	240	
<i>Pseudotsuga menziesii</i>			
Lannoittamaton <i>Unfertilized</i>	2.6 ²⁾	100	HELMS (1968)
Lannoitettu ^{c)} <i>Fertilized</i>	2.8 ²⁾	108	
<i>Pseudotsuga menziesii</i>			
Lannoittamaton <i>Unfertilized</i>	7.9 ¹⁾	100	BRIX (1971)
Lannoitettu ^{d)} <i>Fertilized</i>	10.0 ¹⁾	125	

a) 336 kg/ha N, NH₄NO₃:na
as NH₄NO₃

b) 224 kg/ha ureaa (40 % N) ja 3587 kg/ha superfosfaattia (10 % P)
urea and superphosphate

c) 560 kg/ha N

d) 448 kg/ha N, NH₄NO₃:na
as NH₄NO₃

1) mg CO₂/h/dm² lehtipinta-alaa
leaf area

2) mg CO₂/h/g kuiva-ainetta
dry matter

tuksesta johtuvan fotosynteesinopeuden kohoamisen neulasyksikköä kohti (esim. mg CO₂/g/h tai mg CO₂/cm²/h), sekä (2) oksien haaromisen, neulasten lukumäärän ja koon lisääntymisestä johtuvan neulasmassan kasvun (vrt. myös BRIX 1971, 1972, MILLER ja MILLER 1976). Koska lannoitusreaktio näyttää noudattavan neulasmassan muutoksia lienee jälkimmäinen mekanismi tärkein (vrt. esim. HELMS 1964). FAGERSTRÖM ja LOHM (1977) olettavat neulasmassan määrän riippuvan siitä, miten paljon latvuksessa on mobilisoituvaa tyyppiä.

Taulukkoon 1 on kerätty tietoja lannoituksen vaikutuksesta havupuiden fotosyn-

teesinopeuteen. Arvot kuvaavat vuoden vanhojen neulasten nettofotosynteesiä lannoitusvuotta seuranneena kasvukautena. Absoluuttisia arvoja on vaikea verrata keskenään jo siitäkin syystä, että tulokset perustuvat yleensä toisistaan poikkeaviin menetelmiin. Fotosynteesinopeuden suhteelliset muutokset antavat kuitenkin viitteitä siitä, millaisia muutoksia lannoitus voi puiden fotosynteesissä aiheuttaa.

HELMSIN (1964), BRIXIN ja EBELLIN (1969) mukaan sekä BRIXIN (1971) douglaskuusella (*Pseudotsuga menziesii*) suorittamat kokeet osoittavat, että nettofotosynteesinopeus kohoaa lannoituksen vaikutuk-

Taulukko 2. Tietoja lannoituksen vaikutuksesta eri-ikäisten neulasten fotosynteesiin.
Table 2. Effect of different fertilizers on photosynthetic rate of needles of different age class.

Laji ja käsittely <i>Species and treatment</i>	Fotosynteesinopeus neulaskerroittain <i>Photosynthetic rate of needles in each age class</i> (suluissa suhteellinen arvo verrattuna saman ikäiseen kontrolliin) <i>(the relative value compared with same aged control in parenthesis)</i>					Lähde <i>Source</i>
	1	2	3	4	5	
	<i>Pseudotsuga menziesii</i>					
Lannoittamaton <i>Unfertilized</i>	3.8(100)	3.1(100)	2.6(100)	2.3(100)	1.9(100) ¹⁾	BRIX ja EBELL (1969)
Lannoitettu ^{a)} <i>Fertilized</i>	4.2(111)	3.1(100)	2.6(100)	2.5(109)	2.2(116) ¹⁾	
<i>Pinus pinaster</i>						
Lannoittamaton <i>Unfertilized</i>	1.8(100)	3.1(100)	1.2(100)	0.7(100)	0.4(100) ²⁾	KEYA ym. (1968)
Lannoitettu ^{b)} <i>Treated</i>	3.5(194)	3.2(246)	2.4(200)	1.8(257)	1.1(275) ²⁾	
<i>Pseudotsuga menziesii</i>						
Lannoittamaton <i>Unfertilized</i>	9.0(100)	8.0(100)	7.5(100)	7.0(100) ¹⁾		BRIX (1971)
Lannoitettu ^{c)} <i>Fertilized</i>	8.5(94)	8.0(100)	6.5(82)	5.9(84) ¹⁾		

a) 336 kg/ha N, NH₄NO₃:na
as NH₄NO₃

b) 224 kg/ha ureaa (46 % N) 3587 kg/ha superfosfaattia (10 % P)
urea and superphosphate

c) 448 kg N/ha NH₄NO₃:na
as NH₄NO₃

1) mg CO₂/h/dm² lehtipinta-alaa
leaf area

2) mg CO₂/h/g kuiva-ainetta
dry matter

Table 3. Tietoja lannoituksen vaikutuksesta latruksen morfologisiin tunnuksiin.
Table 3. Effect of different fertilizers on morphology of crown system.

Puulaji ja käsittely Species and treatment	Neulasia/ verso Needles/ shoot	Neulasten pituus, mm Mean needle length, mm	Neulasten leveys, mm Mean needle width mm	Neulasten paino, g Mean needle weight, g	Neulasten pinta-ala/ verso, cm ² Area of needles/ shoot, cm ²	Sivuoksien lkm/ oksakiehkura Lateral shoots/whorl	Neulasten pinta-ala metsikössä ha/ha Leaf area in a stand ha/ha	Neulasten lukumäärä, 10 ⁶ /ha Number of needles, 10 ⁶ /ha	Lähde Source
<i>Pinus pinaster</i> Lannoittamaton Unfertilized Lannoitettu ^{a)} Fertilized	210(100) 305(145)	20.8(100) 20.5(123)	1.53(100) 1.69(110)	.164(100) .358(218)	140(100) 275(196)	9(100) 18(200)			KEYA ym. (1968)
<i>Pseudotsuga menziesii</i> Lannoittamaton Unfertilized Lannoitettu ^{b)} Fertilized							8.2(100) 14.1(172) 14.1(172)	220(100) 330(150) 330(150)	MILLER ja MILLER (1976)
<i>Pinus nigra</i> Lannoittamaton Unfertilized Lannoitettu ^{c)} Fertilized	219(100) 250(114)	22.5(100) 32.5(104)	1.43(100) 1.49(104)		63.0(100) 79.6(126)				BRIX (1972)
<i>Pseudotsuga menziesii</i> Lannoittamaton Unfertilized Lannoitettu ^{d)} Fertilized									

a) 224 kg/ha ureaa (40 % N), 3587 kg/ha superfosfaattia (10 % P) ^{e)} 504 kg/ha N, NH₄NO₃:na
as NH₄NO₃

b) 336 kg/ha N, NH₄NO₃:na
as NH₄NO₃

c) 504 kg/ha N, NH₄NO₃:na
as NH₄NO₃

d) 448 kg/ha N, NH₄NO₃:na
as NH₄NO₃

sesta vain vähän, keskimäärin 10–15 %. KEAYin ym. (1968) pinastermännyllä (*Pinus pinaster*) suorittamista kokeissa fotosynteesinopeus kohosi kuitenkin yli kaksinkertaiseksi. Ero saattaa johtua paitsi lajikohtaisista tekijöistä myös lannoituksen erilaisuudesta. MILTHORPEN ja MOORBYN (1974) mukaan puiden tasapainoinen ravinnetalous voi huomattavasti pidentää fotosynteesijakson pituutta. Tämä viittaa jälkimmäiseen mahdollisuuteen tulosten erilaisuutta selittäessä.

LANNOITUKSEN VAIKUTUS NEULASMASAN MÄÄRÄÄN

Taulukkoon 3 on kerätty tietoja lannoittamattomien ja lannoitettujen puiden ja metsiköiden latvusten ominaisuuksista. Kunkin kokeen lannoittamattomat ja lannoitetut koejäsenet ovat keskenään vertailukelpoisia. Tulokset edustavat lannoitusta seuranneen kasvukauden lopulla vallinnutta tilannetta. Lannoitus näyttää aiheuttavan voimakkaita muutoksia puiden latvuksessa. Oksien haarominen ja neulasten määrä lisääntyy (BRIX ja EBELL 1969, BRIX 1972). Neulasten pituus, leveys ja paino sekä pinta-ala versoa kohti kasvavat (KEYA ym. 1968, BRIX ja EBELL 1969, BRIX 1972). Metsikön neulasmäärä ja neulasten pinta-ala voi lannoituksen johdosta kohota lähes kaksinkertaiseksi (MILLER ja MILLER 1976). Tämä johtuu paitsi neulasten lukumäärän ja koon kasvamisesta myös neulaskierron hidastumisesta lannoitetuissa metsiköissä. Neulaskierto lannoitetuissa metsiköissä tasoittuu lannoittamattomia metsiköitä vastaavalle tasolle 3–4 vuoden kuluttua lannoituksesta (taulukko 4). Myös neulasten kokoerot näyttävät tasoittuvan samanaikaisesti (KEYA ym. 1968). Neulaskierron pituus vaihtelee kuitenkin lajikohtaisesti kuten esim. männyn ja kuusen (*Picea abies*) vertailu osoittaa (vrt. WESTMAN 1975).

Neulasten fotosynteesinopeus vähenee niiden iän karttuessa kuten esimerkiksi BRIX ja EBELLin (1969), BRIX (1971) ja WOODMAN (1971) ovat osoittaneet douglaskuusella sekä ZELAWSKI (1976) männyllä (*Pinus sylvestris*). Myös lannoitettujen puiden fotosynteesinopeus vähenee iän mukana, kuten taulukko 2 osoittaa. Kaikissa tapauksissa vanhojen lannoitettujen neulasten fotosynteesinopeus kuitenkin oli suurempi kuin vastaavien lannoittamattomien neulasten.

Taulukko 4. Tietoja lannoituksen vaikutuksesta neulaskiertoon.
Table 4. Effect of fertilizing on needle fall.

Laji ja käsittely Species and treatment	Neulasten muodostama karikesato lannoitusta seuraavina vuosina, kg/ha Needle fall kg/ha/year since fertilizing						Lähde Source
	1	2	3	4	5	6	
<i>Pinus nigra</i> Lannoittamaton Unfertilized Lannoitettu ^{a)} Fertilized	2660(100) 1780(66)	1960(100) 2670(100)	2360(100) 3820(162)	2400(100) 5160(215)	1350(100) 2310(171)	2070(100) 4900(236)	MILLER ym. (1976)
<i>Pinus nigra</i> Lannoittamaton Unfertilized Lannoitettu ^{a)} Fertilized	2600(100) 1800(69)	4800(100) 4300(89)	7800(100) 8000(103)				MILLER ja MILLER (1976)

a) 504 kg/ha N.

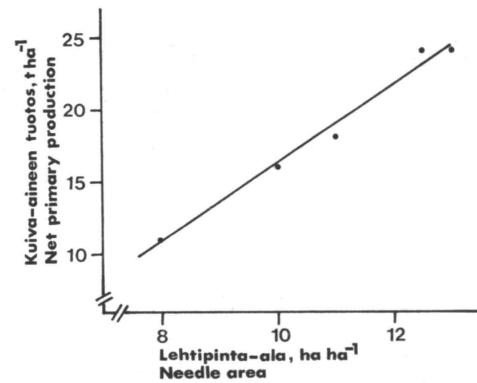
LANNOITUKSEN VAIKUTUS FOTOSYNTESIKAPASITEETIIN JA KUIVA-AINETUOTOKSEEN

Karkea arvio lannoituksen vaikutuksesta fotosynteesikapasiteettiin saadaan tarkastelemalla fotosynteesinopeuden ja yhteyttävän lehtimassan muutoksia. Oletetaan lannoittamattomien puiden fotosynteesinopeudeksi $8.0 \text{ mg CO}_2/\text{h/dm}^2$ ja lannoitettujen $10.0 \text{ mg CO}_2/\text{h/dm}^2$, kuten BRIX (1971) on esittänyt douglaskuuselle. Jos neulasten pinta-ala lannoittamattomassa metsikössä on 8.2 ha/ha ja lannoitetuissa 14.1 ha/ha (esim. MILLER ja MILLER 1976), saadaan lannoittamattoman metsikön fotosynteesikapasiteetiksi 65 mg/h/ha ja lannoitetun 141 mg/h/ha . Toisin sanoen metsikön fotosynteesikapasiteetti kohoaa tämän mukaan lannoituksen ansiosta yli kaksinkertaiseksi. Pääosan erosta aiheuttaa lannoitettujen metsiköiden neulasmassan lisäys.

On vaikea arvioida täsmällisesti miten lannoitus vaikuttaa fotosynteesikapasiteetin välityksellä metsikön kuiva-ainetuotokseen, sillä fotosynteesikapasiteetin hetkelliset arvot ja kuiva-ainetuotoksen vastaavat arvot korreloivat heikosti keskenään (vrt. esim. GORDON ja GATHERUM 1968). LEDIG (1976) suosittelee pitkäkhön aikavälin esimerkiksi kasvukauden aikaista yhteyttämisuotteiden määrien vertaamista vastaavaan kuiva-ainetuotantoon. BATEN ja CANVININ (1971) sekä EMMINGHAMIN ja WARINGIN (1977) tutkimukset tukevat tätä olettamusta (vrt. myös EAGLES 1974). Koska neulasmassa lisääntyminen näyttää ensi sijassa kohottavan fotosynteesikapasiteettia, karkeita arvioita voidaan tehdä jo pelkäämään neulasmassan määrän perusteella (vrt. esim. FAGERSTRÖM ja LOHM 1977). Toisaalta neulasmassan määrä on riippuvainen pitkäkhön aikavälin fotosynteesin kokonaisuudesta (vrt. esim. GRIER ja RUNNING 1977) ja se soveltuu tämänkin vuoksi foto-

synteesikapasiteetin ja kuiva-ainetuotoksen välisen suhteen arvioimiseen.

MILLERIN ja MILLERIN (1976) aineiston perusteella on kuvassa 1 esitetty neulasmassan ja metsikön tuotoksen välinen riippuvuus. Kuiva-ainetuotos lisääntyy suoraviivaisesti neulasten pinta-alan kasvaessa. KEYAN ym. (1968) mukaan suuri neulaspinta-ala ei kuitenkaan aina lisää olennaisesti tuotosta, sillä neulasten määrän lisääntyessä myös näiden keskinäinen varjostus voimistuu. Säteily ei myöskään tunkeudu yhtä syväälle latvustoon kuin aiemmin. Koska osa lehdistä joutuu toimimaan vajaassa valossa tuotos jää pienemmäksi kuin pelkäämään lehtipinta-alan perusteella olisi odotettavissa. MILLERIN ja MILLERIN (1976) aineistossa lisääntyneen varjostuksen vaikutusta ei kuitenkaan voida havaita selvästi.



Kuva 1. Mustamännyn (*Pinus nigra*) kuiva-ainetuotannon riippuvuus lehtipinta-alasta MILLERIN ja MILLERIN (1976) mukaan.

Fig. 1. Dependence of net primary production of *Pinus nigra* on needle area according to MILLER and MILLER (1976).

TARKASTELU

MILTHORPEN ja MOORBYN (1974) mukaan viljelykasvien fotosynteesimaksimi kohoaa, jos kasvien ravinnetalous on tasapainoinen. KELLERIN ja KOCHIN (1962) mukaan typen

puutteesta kärsivien poppelien yhteyttämisenopeus puolestaan laskee 20–40 % typivajauksen pahetessa. Myös HELMS (1964), BRIX ja EBELL (1969), KEYA ym. (1968),

BRIX (1972), MILLER ja MILLER (1976) sekä FAGERSTRÖM ja LOHM (1977) ovat korostaneet typpitalouden ratkaisevaa vaikutusta fotosynteesinopeuteen, milloin muiden ravinteiden saanti on turvattu. Esimerkiksi KEYA ym. (1968) sekä BRIX ja EBELL (1969) ovat osoittaneet neulasten typpi- ja klorofyllipitoisuuden kohoavan välittömästi lannoituksen jälkeen (vrt. myös BRIX 1971, VIRO 1965, 1972).

MILTHORPEN ja MOORBYN (1974) mukaan mineraaliravinteiden vaikutus fotosynteesinopeuteen välittyy ennen muuta neulasten mesofyllivastuksessa tapahtuvien muutosten kautta. Myös ilmarakovastus saattaa vaikuttaa fotosynteesinopeuteen, sillä se näyttää lisääntyvän ravinnepuutoksen kasvaessa (MILTHORPE & MOORBY 1974). Typen siirtyminen vanhoista neulasista saat- taakin lisätä niiden mesofylli- ja ilmarakovastusta ja on todennäköinen syy vanhojen neulasten fotosynteesinopeuden laskuun (vrt. FAGERSTRÖM ja LOHM 1977). Myös muiden ravinteiden palautuminen puun sisäiseen ravinnekiertoon liittyy neulasten vanhene- miseen (MÄLKÖNEN 1974).

Fotosynteesinopeuden kasvu näyttää keskittyvän lannoituksen jälkeen syntyviin neulasiin, joiden typpi- ja klorofyllipitoisuus kohoaa selvästi suuremmaksi kuin ennen lannoitusta syntyneiden neulasten (vrt. VIRO 1965). Kuitenkin myös aiemmin syntyneet neulaset hyötyvät ravinnelisäyksestä, kuten neulaskierron hidastuminen osoittaa (MILLER ja MILLER 1976). KEYAN ym. (1968) mukaan fotosynteesinopeuden kasvu on suurimillaan kahtena lannoitusta välittömästi seuraavana vuonna (vrt. myös BRIX 1971). Pinastermännällä suoritettujen kokeiden osoittavat, että lannoitettujen puiden fotosynteesinopeus saattaa viisi vuotta lannoituksen jälkeen olla suurempi kuin lannoittamattomien puiden. (KEYA ym. 1971).

Useimmat tutkijat katsovat lannoituksen vaikuttavan puiden fotosynteesikapasiteettiin ennen muuta neulasmassan välityksellä (esim. HELMS 1974, BRIX 1971, FAGERSTRÖM ja LOHM 1977). MILLERIN ja MILLERIN (1976) mukaan lannoitus voi kohottaa mustamännyn (*Pinus nigra*) neulaspinta-alan kaksinkertaiseksi lannoittamattomiin metsiköihin verrattuna. Osittain tämä pinta-alan kasvu johtuu neulaskierron muutoksista, osittain taas neulasten lukumäärän ja koon

kasvusta. BRIXIN ja EBELLIN (1969) mukaan douglaskuusen neulasten keskimääräinen pinta-ala kasvoi 0.65 cm^2 :sta 0.78 cm^2 :iin ja neulasten lukumäärä versoa kohti kasvoi 50 %. Myös sivuversojen määrä oksakiehkuroissa lisääntyi (MILLER ja MILLER 1976). Ensimmäisenä lannoituksen jälkeisenä vuonna neulasmassa lisääntyy ennen kaikkea siksi, että vanhoja neulasia varisee vähemmän.

BRIXIN ja EBELLIN (1969) mukaan douglaskuusen neulasmassa kasvoi kolmena lannoituksen jälkeisenä vuotena. Puiden pituus- ja paksuuskasvu eivät kuitenkaan enää toisen vuoden jälkeen vastanneet neulasmassan kasvua. BRIXIN ja EBELLIN (1969) mukaan neulasmassa oli kahdessa vuodessa saavuttanut optimin saatavilla olevaan valoon nähden, ja tämän jälkeen latvuksen sisäinen varjostus vähensi lannoitusreaktioita (vrt. myös MILLER ja MILLER 1976). BRIX (1971) suosittelee harvennuksen liittämistä lannoituksen yhteyteen ja olettaa sopivasti harvennettujen, lannoitettujen metsiköiden kykenevän tehokkaasti hyödyntämään muuttuneet valo-olosuhteet. Tähän viittaa mm. lannoituksen ja harvennuksen antama yhteinen kasvureaktio, joka tavallisesti on suurempi kuin kummankaan käsittelyn yksin antama tulos (vrt. WEETMAN 1975, HAAPANEN 1977).

Valo ei kuitenkaan ole ainoa fotosynteesiä rajoittava tekijä. BRIX (1972) totesi puiden fotosynteesikapasiteetin kohoavan, jos lannoitukseen liitettiin kastelu. Myös ÅGREN ym. (1972) toteavat veden rajoittavan fotosynteesikapasiteetin kasvua lannoituskäsittelyssä. Typpilannoitus ja kastelu kohottivat männyn taimien kokonaisfotosynteesiä 35 %. Veden riittävän saannin merkitykseen neulasmassan kasvulle viittaa myös GRIERIN ja RUNNIGIN (1977) tekemä tutkimus kasviston lehtimassaan ja kasvupaikan vesitalouden välisestä suhteesta; kasvuston lehtipinta-ala näyttää säätyvän fotosynteesikapasiteetin maksimin ja kasvien vesitalouden asettamissa rajoissa (vrt. myös PEREIRA ja KOZŁOWSKI 1977).

Rangan kasvu, esimerkiksi sädekasvu ja pituuskasvu, näyttää noudattavan neulasten kierrossa tapahtuvia muutoksia. BRANTSEGIN ym. (1970) mukaan männyn kasvun lisäys kulminoituu 3–4 vuotta lannoituksen jälkeen, toisin sanoen vaiheessa, jossa neu-

laskierito palautuu lannoitusta edeltäneelle tasolle (vrt. MILLER ja MILLER 1976). Kuusi saavuttaa kasvun maksimin hieman myöhemmin. Kuusen lannoitusreaktio jatkuu kuitenkin selvästi myöhempään kuin männyn reaktio, joka tasaantuu nopeasti kulmioitumisen jälkeen (vrt. MÖLLER ja RYTTERSTEDT 1974). Ero voidaan rinnastaa suoraan näiden puulajien luontaisessa neulaskierrossa havaittaviin eroihin (WESTMAN 1975).

Ainoastaan fotosynteesinopeus ja yhteyttävän massan suuruus on edellä otettu huomioon fotosynteesikapasiteettia määriteltäessä. Kasvin hiilitase määräytyy kuitenkin paitsi fotosynteesinopeuden ja yhteyttävän massan suuruuden myös vallitsevan respiraationopeuden mukaan. BRIXIN (1971, 1972) mukaan typpilannoitus voi oleellisesti muuttaa fotosynteesin ja respiraation suhdetta, ja ainakin osa lannoituksen aiheuttamasta kasvureaktiosta on selitettävissä tältä pohjalta (vrt. myös LEDIG 1976). Fotosynteesin ja respiraation välisen suhteen tärkeään merkitykseen puiden kuiva-ainetuotoksen suuruudelle viittaavat myös päätelmät, joiden mukaan ylläpitohengityksen

alhainen taso kohottaa lauhkean vyöhykkeen havumetsien tuotosta merkittävästi (mm. EMMINGHAM ja WARING 1977).

Fotosynteesikapasiteettia määriteltäessä myös fotosynteesinopeus on oletettu vakioksi sekä ajallisesti että paikallisesti lukuunottamatta lannoituksen vaikutusta fotosynteesinopeuteen. Esimerkiksi fotosynteesitasoinopeuden vaihtelu on tarkastelussa jätetty vaille huomiota (vrt. PELKONEN ym. 1977). Pienikin muutos fotosynteesin vuo-
tuuisessa tasossa on kuitenkin oleellinen kasvien hiilitaseen kannalta, ja osa typpilannoituksen aiheuttamasta kasvureaktiosta saattaa selittyä tältä pohjalta (vrt. PELKONEN ym. 1977). Vastaavasti muidenkin fotosynteesinopeuden vaihtelua aiheuttavien tekijöiden ottaminen huomioon tarkastelussa antaisi entistä paremmat mahdollisuudet arvioida typpilannoituksen vaikutusta havupuiden kasvuun ja kehitykseen. Erityisesti tietyinä aikavälinä muodostuneiden fotosynteesituotteiden määrän suhteuttaminen kasvuun näyttää antavan menetelmällisesti hyödyllisen lähtökohdan lannoituksen fysiologisen vaikutuksen kaikinpuoliseksi selittämiseksi (vrt. LEDIG 1976).

LÄHDEVIITTEET

- BATE, G. C. & CANVIN, D. T. 1971. A gas-exchange system for measuring the productivity of plant populations in controlled environments. *Can. J. Bot.* 49: 601–608.
- BRANTSEG, A., BREKKA, A. & BRAASTAD, H. 1970. Gjødslingsforsøk i gran — og furuskog. *Med. Norske Skogforsøkssv.* 100: 540–603.
- BRIX, H. 1971. Effect of nitrogen fertilization on photosynthesis and respiration on Douglas-fir. *For. Sci.* 17: 407–414.
- BRIX, H. 1972. Nitrogen fertilization and water effects on photosynthesis and early — late — wood production in Douglas-fir. *Can. J. For. Res.* 2: 467–478.
- » — & EBELL, L. F. 1969. Effect of nitrogen fertilization on growth, leaf area, and photosynthesis rate in Douglas-fir. *For. Sci.* 15: 189–196.
- EAGLES, C. F. 1974. Diurnal fluctuations in growth and CO₂ exchange in *Dactylis glomerata*. *Ann. Bot.* 38: 53–62.
- EMMINGHAM, W. & WARING, R. H. 1977. An index of photosynthesis for comparing forest sites in western Oregon. *Can. J. For. Res.* 7: 165–174.
- FAGERSTRÖM, T. & LOHM, V. 1977. Growth of Scots pine (*Pinus silvestris* L.). Mechanism of response to nitrogen. *Oecologia (Berl.)* 26: 305–315.
- GORDON, J. C. & GATHERUM, G. E. 1968. Photosynthesis and growth of selected Scotch pine seed sources. Teoksessa: Proc. Eighth Lake States For. Tree Improv. Conf. U.S.For.Serv. Res. Pap. NC-23, ss. 20–23.
- CRITER, C. & RUNNIG, S. 1977. Leaf area of mature northeastern coniferous forests: relation to site water balance. *Ecology* 58: 893–899.
- HAAPANEN, T. 1977. Lannoituksen ja harvennuk-
sen vaikutus nuorten metsien kasvuun. Konekirjoite Helsingin yliopiston metsänhoitotieteen laitoksessa.
- HELMS, J. A. 1964. Apparent photosynthesis of Douglas-fir in relation to silvicultural treatment. *For. Sci.* 10: 432–442.
- KEAY, J., TURTON, A. G. & CAMPBELL, A. N. 1968. Some effects of nitrogen and phosphorous fertilization of *Pinus pinaster* in western Australia. *For. Sci.* 14: 408–417.
- KELLER, Th. & KOCH, W. 1962. Der Einfluss der Mineralstoffe auf CO₂-Gaswechsel und Blattpigmentgehalt der Pappel. I. Nitrogen. *Mitt. Schweiz. Anst. forstl. Versuchsw.* 38: 253–282.

- LEDIG, F. T. 1969. A growth model for tree seedlings based on the rate of photosynthesis and the distribution of photosynthate. *Photosynthetica* 3: 263–275.
- » — 1976. Physiological genetics, photosynthesis and growth models Teoksessa: Tree physiology and yield improvement (toim. CONNELL, M. G. R. & LAST, F. T.), ss. 21–54. Academic Press. Lontoo, ym.
- MILLER, H. G., COOPER, J. M. & MILLER, J. D. 1976. Effect of nitrogen supply on nutrients in litter fall and crown leaching in a stand of Corsican pine. *J. Appl. Ecol.* 13: 233–248.
- » — & MILLER, J. D. 1976. Effect of nitrogen supply on net primary production in Corsican pine. *J. Appl. Ecol.* 13: 249–256.
- MILTHORPE, F. L. & MOORBY, J. 1974. An introduction to crop physiology. Cambridge University Press. Cambridge, ym.
- MÄLKÖNEN, E. 1974. Annual primary production and nutrient cycle in some Scots pine stands. *Commun. Inst. For. Fenn.* 84.
- MÖLLER, G. & RYTTERSTEDT, P. 1974. Gødslings-effektens varaktighet och förlopp hos tall och gran. Föreningen skogsträdsförädling institutet för skogsförbättring. Årsbok 1974, ss. 75–97.
- PAAVILAINEN, E. 1977. Helpoliukoisten lannoit-
teiden vaikutuksen riippuvuus levityssajan-
kohdasta turvemalla. *Folia For.* 300.
- PELKONEN, P., HARI, P. & LUUKKANEN, O. 1977. Decrease of CO₂ exchange in Scots pine after naturally occurring or artificial low temperatures. *Can. J. For. Res.* 7: 462–468.
- PEREIRA, J. S. & KOZLOWSKI, T. T. 1977. Influence of light intensity, temperature, and leaf area on stomatal aperture and water potential of woody plants. *Can. J. For. Res.* 7: 138–144.
- PROMNITZ, L. C. 1975. A photosynthate allocation model for tree growth. *Photosynthetica* 9: 1–15.
- TAMM, C. O. 1962. Möjligheterna att öka skogsväxten genom markförbättrande åtgärder. *Sveriges Skogs. Förb. Tidskr.* 60: 167–179.
- VIRO, P. J. 1965. Estimation of the effect of forest fertilization. *Commun. Inst. For. Fenn.* 59.
- » — 1972. Die Walddüngung auf finnischen Mineralböden. *Folia For.* 138.
- WEETMAN, G. F. 1975. Ten-year growth response of black spruce to thinning and fertilization treatments. *Can. J. For. Res.* 5: 302–309.
- WEETMAN, G. F. & ALGAR, D. 1974. Jack Pine nitrogen fertilization and nutrition studies: three year results. *Can. J. For. Res.* 4: 381–398.
- WESTMAN, C. J. 1975. Metsälannoituksen perusteet. *Moniste.* Helsinki.
- WOODMAN, J. N. 1971. Variation of net photosynthesis within the crown of a large forest crown conifer. *Photosynthetica* 5: 50–54.
- ZELAWSKI, W. 1976. Variation in the photosynthetic capacity of *Pinus sylvestris*. Teoksessa: Tree physiology and yield improvement (toim. Cannel, M. G. R. & Last, F. T.), ss. 99–110. Academic Press. Lontoo, ym.
- ÄGREN, G. I., AXELSSON, B. & TROENG, E. 1977. A simple estimate of carbon budgets for one day of two Scots pines, one fertilized and one control, in August 1977. Swedish Coniferous Forest Project. *Intern. Rep.* 66.

SUMMARY:

EFFECTS OF SOME NITROGEN FERTILIZERS ON PHOTOSYNTHETIC CAPACITY OF CONIFEROUS TREES

The effect of different nitrogen fertilizers on the photosynthetic capacity of conifers is assessed on the basis of literature. The review emphasizes the role of changes in needle mass as a factor affecting the result of nutrient application. In particular, the increase in needle mass results in a considerable increase in photosynthetic capacity. The effect of fertilizers on the photosynthetic rate seems to be

of minor importance. The effect of fertilizers on the photosynthetic rate is, however, poorly documented as is the case for the effect of fertilizers on the respiration rate. There is evidence that proper application of nitrogen fertilizers may double the photosynthetic capacity of conifers, mainly as a result of an increase in needle mass.

KLEN, TAPIO & LOUHEVAARA, VEIKKO

O.D.C. 302

1978. The additional physical strain caused by safety equipment in logging work. — SILVA FENNICA Vol. 12, No. 3, 9 p. Helsinki.

The safety clothing, rubber safety boots, belt with lifting hooks and personal protectors can weigh about 3 kg more than the normal work clothing including rubber boots. In order to evaluate the increase of the physical strain in logging work due to them laboratory tests performed on tread mill were made. The physical strain increased 3–11 % as estimated from heart rate and 4–8 % as estimated from oxygen consumption measurements.

Authors' address: Kuopion aluetyöterveyslaitos, Puijonkatu 25 A, SF-70100 Kuopio 10, Finland.

KELLOMÄKI, SEPPO

O.D.C. 161.32: 237.4

1978. Effects of some nitrogen fertilizers on photosynthetic capacity of coniferous trees. — SILVA FENNICA Vol. 12, No. 3, 9 p. Helsinki.

The effects of different nitrogen fertilizers on the photosynthetic capacity of conifers is assessed on the basis of litterature. The review emphasizes the role of changes in needle mass as a factor affecting the result of nutrient application. In particular, the increase in needle mass results in a considerable increase in photosynthetic capacity. The effect of fertilizers on the photosynthetic rate is, however, poorly documented, as is the case for the effect of fertilizers on the respiration rate. There is evidence that proper application of nitrogen fertilizers may double the photosynthetic capacity of conifers, mainly as a result of an increase in needle mass.

Author's address: University of Helsinki, Department of Silviculture, Unioninkatu 40 B, SF-00170 Helsinki 17, Finland.

KELLOMÄKI, SEPPO

O.D.C. 907.2

1978. Recreational potential of a forest stand. — SILVA FENNICA Vol. 12, No. 3, 8 p. Helsinki.

The aim of the paper is to investigate the recreational potential of a successional stand based on the suitability of the stands for different recreational activities and the trampling tolerance of ground cover. The relationship between selected recreational activities and the volume of the stands under study has been determined. These functions have been utilized in determining the potential of the successional stand for different recreational activities. Combining this information with trampling tolerance gave criteria for determining the recreational potential of a stand. The results emphasize the importance of varying the distribution of development stages in a recreational area and in its management.

Author's address: University of Helsinki, Department of Silviculture, Unioninkatu 40 B, SF-00170 Helsinki 17, Finland.

KÄRKKÄINEN, MATTI

O.D.C. 844.1/2: 176.1 *Populus tremula*

1978. Occurrence of decay in aspen logs. — SILVA FENNICA Vol. 12, No. 3, 5 p. Helsinki.

At three match factories 1 629 aspen logs were measured (see KÄRKKÄINEN and SALMI 1978). When the estimation was based on the condition of the butt cross section of a log, less than half of the logs were sound without any discoloration or decay. Based on the condition of the top cross-section, the corresponding figure was a little higher than 50 per cent. The logs with decay were bigger than those without it. There were relatively more butt logs among the logs with decay than among the totally sound logs.

Author's address: The Finnish Forest Research Institute, Unioninkatu 40 A, SF-00170 Helsinki 17, Finland.

HAAPANEN, ANTTI & SIITONEN, PERTTI

O.D.C. 43

1978. Forest fires in Ulvinsalo strict nature reserve. SILVA FENNICA Vol. 12, No. 3, 14 p. Helsinki.

The area studied (63° 55' N 30° 24' E, 2 500 hectares is a mosaic of mineral and peat soils. Forest stands are dominated by Norway spruce with scattered Scots pines.

Forest fires have been aged by counting annual rings from cambium to the fire scar in pines. Wood samples were got by boring wood cylinders. 73 stands were surveyed covering 1207.3 hectares. 50 per cent of the area surveyed was burned at least once during the life time of the present old pine trees. 48 different forest fires were found from 1712 to 1969. In the stands where fire scars were found the average time elapse between fires was 82 ± 43 years, range 18—219 years. It is assumed that the stands where no fire scars were found, have, however, regenerated after fires but no fires have been there since then. In all stands surveyed the average time elapse between fires has been 120 years, range 18—372 years. The mean area burned has been at most 24 hectares.

Authors' address: Department of Environmental Conservation, University of Helsinki, Viikki, 00710 Helsinki 71, Finland.

KÄRKKÄINEN, MATTI

O.D.C. 527: 323.5

1978. The effect of barking on the pile density. — SILVA FENNICA Vol. 12, No. 3, 9 p. Helsinki.

According to the available literature, the times when pulpwood limbing was made by axe and barking by hand tools, barking either had no effect on the pile density (if limbing quality was good) or increased pile density (if limbing was bad). When rotary barking machines are used, the branch stumps remain intact during barking. Therefore, if there are branch stumps in the pulpwood, barking decreases the pile density. Nowadays when power saw limbing is a common practise in Finland, barking presumably greatly decreases the pile density, due to the fact that in power saw limbing branch stumps are numerous and high. Therefore, the methods to estimate the solid volume of a pile of unbarked pulpwood are not applicable to barked pulpwood without modification.

Author's address: The Finnish Forest Research Institute, Unioninkatu 40 A, SF-00170 Helsinki 17, Finland.

MANNERKOSKI, HANNU

O.D.C. 111.21 — 017

1978. Use of chemical totalizer of radiation in energy balance measurements. — SILVA FENNICA Vol. 12, No. 3, 19 p. Helsinki.

The investigation is concerned with testing chemical totalizer of radiation (Frankfurt radiometer) for use in measuring the components of a simple energy balance (latent heat = net radiation — sensible heat) so as to gain an estimate for evaporation. The meter is based on the temperature dependence of the inversion rate of sugar solution. The relationship is exponential. It was found that radiation sums for 2—6 day periods can be reliably determined with this meter when global radiation is below 20 MJ·m⁻²·d⁻¹. Determining sensible heat is noticeably inaccurate, and hence the calculation of evaporation values, too. In comparing evaporation from different types of ground and plant cover one thus has to be content with drawing conclusions on the basis of net radiation values. The totalizer is therefore only suited to describing radiation conditions.

Author's address: University of Helsinki, Department of Peatland Forestry, Unioninkatu 40 B, SF-00170 Helsinki 17, Finland.

SAARENMAA, HANNU

O.D.C. 453: 424.2 + 451.2 + 151

1978. The occurrence of bark beetles (Col., Scolytidae) in a dead spruce stand flooded by beavers (*Castor canadensis* Kuhl.). — SILVA FENNICA Vol. 12, No. 3, 16 p. Helsinki.

The aim of the study was to determine which kind of insects had infested the spruces (*Picea abies* Karst.) in different stands killed-off by flooding caused by beavers and if there was any danger that they would subsequently cause damage in the surrounding forests. The effects of tree diameter and certain stand characteristics on the fauna of the dead trees are discussed. The occurrence of different insect combinations and qualifications for their coexistence were studied.

Pityogenes chalcographus L., *Trypodendron lineatum* O., *Hyturgops palliatus* Gyll. and *Dryocoetes autographus* Ratz. occurred most abundantly. 20 phloem or wood boring species were observed in 5 regular succession types. Secondary species occurred in a virgin stand while *Ips tyrographus* L. was found at the edge of a felling area. Owing to the flooding, species preferring moist conditions were abundant. In this case infestation had not spread to the surrounding forests which, however, might be possible under certain conditions.

Author's address: The Finnish Forest Research Institute, Unioninkatu 40 A, SF-00170 Helsinki 17, Finland.

KIRJOITUSTEN LAATIMISOHJEET

Silva Fennica-sarjassa julkaistaan lyhyitä metsätieteellisiä tutkimuksia ja kirjoituksia kotimaisilla kielillä tai jollakin suurella tieteellisellä kielellä. Julkaistavaksi tarkoitettu käsikirjoitus on jätettävä Seuran sihteerille painatuskelpoisessa asussa. Seuran hallitus ratkaisee asiantuntijoita kuultuaan, hyväksytäänkö kirjoitus painettavaksi.

Kirjoitusten laadinnassa noudatetaan Silva Fennican numerossa Vol. 4, 1970, N:o 3 painettuja kansainvälisiä ohjeita. Suureissa, yksiköissä sekä symbolien ja kaavojen merkinnöissä noudatetaan ohjeita, jotka ovat suomalaisissa standardeissa SFS 2300, 3100 ja 3101. Oikoluovassa noudatetaan standardia SFS 2324.

Kirjoituksen alkuun tulee julkaisun kielellä lyhyt yhdistelmä tutkimuksen tuloksista. Samoin laaditaan tutkimuksen yhteyteen lyhyt englanninkielinen tiivistelmä, jonka lisäksi kunakin Silvan numeron loppuun painetaan irti leikattavan kortin muotoon kustakin tutkimuksesta englanninkielinen esittely. Sisällysluetteloa ei käytetä. Mahdolliset kiitokset esitetään lyhyesti johdannon lopussa ja merkitään painettavaksi petiitillä.

Kuvien ja piirrosten viivapaksuudet ja tekstikoko on valittava siten, että ne sallivat painatuksen vaatiman pienennyksen. Kuvien ja piirrosten painatuskoosta on syytä neuvotella etukäteen toimittajan kanssa, sillä tarpeettomia kustannuksia aiheuttavaa painatuskokoja ei sallita. Valokuvien tulee olla teknisesti moitteettomia ja kiiltävälle valkealle paperille suunnennettuja. Värikuvia ei yleensä hyväksytä painettavaksi. Kuvat ja taulukot numeroidaan kummatkin erikseen juoksevasti, ja niiden otsikoista laaditaan erillinen luettelo kirjapainoa varten.

Jos vieraskielisessä lyhennelmässä viitataan tiettyihin kuviin ja taulukoihin, on nämä varustettava vieraskielisin otsikoin ja selityksin. Muut kuvat ja taulukot voivat olla yksikielisiä.

Lähdeviittauksissa tekijännimet sijapääteineen kirjoitetaan isoin kirjaimin mikäli tekijännimen vartalo on muuttunut. Muutoin taivutuspäätte kirjoitetaan pienaakkosin. Esimerkkejä: KOSKISEN (1972) tutkimus . . . YLI-VAKKURIN (1972) tutkimus . . . Milloin tekijöitä on kolme tai useampia, mainitaan tekstissä vain ensimmäinen (esim. HEIKURAINEN ym. 1961). Vieraskielisessä tekstissä ym. korvataan merkinnällä et al. Jos julkaisulla on kaksi tekijää viitteessä, pannaan tekijöiden nimien väliin ja-sana painatuskielellä. Esimerkki: KELTIKAN-GAS ja SEPPÄLÄ (1973, s. 222) osoittivat . . .

Viitekirjallisuus luetteloidaan tekijännimien (kirjoitetaan isoin kirjaimin) mukaisessa aakkosjärjestyksessä. Jos tekijöitä on useampia, nimet erotetaan pilkulla, paitsi kaksi viimeistä, jotka erotetaan &-merkillä. Tekijän etunimistä suositellaan käytettäväksi vain alkukirjaimia. Tutkimusten nimet kirjoitetaan lyhentämättä. Julkaisuusarjoista käytetään niitä lyhenteitä, jotka on painettu Silva Fennican numerossa Vol. 5, 1971, N:o 2. Täydellisempi luettelo on nähtävissä Seuran toimistossa. Kirjoituksen löytämisen helpottamiseksi mainitaan aikakauslehdistä myös sivunumerot. Suomenkielisistä tutkimuksista otetaan mukaan vieraskielisen lyhennelmän nimi. Volyyymi merkitään julkaisusarjan nimen jälkeen. Jos kyseessä on aikakauslehti tai vastaava, numero merkitään volyymin jälkeen suluissa. Sivunumerot erotetaan kaksoispisteellä volyymistä tai suluissa olevasta numerosta. Jos samalla kertaa ilmestynyt volyyymi sisältää useita tutkimuksia, merkinnässä sovelletaan ko. julkaisussa noudatettua tapaa. Esimerkkejä:

ILVESSALO, Y. 1952. Metsikön kasvun ja poistuman välisestä suhteesta. Summary: On the relation between growth and removal in forest stands. — Commun. Inst. For. Fenn. 40:1.

WILCOX, W. W., PONG, W. Y. & PARMETER, J. R. 1973. Effects of mistletoe and other defects on lumber quality in white fir. Wood & Fiber 4 (4): 272—277.

Englanninkielisen lyhennelmän ja mahdollisten kuva- ja taulukkotekstien käännettävistä ja pätevän kieliasiantuntijan tekemästä tarkastamisesta huolehtii kirjoittaja. Seura voi maksaa kustannukset valtiovarainministeriön antamien ohjeiden mukaan. Jos kääntäjän lasku on ohjeiden edellyttämää tasoa korkeampi, kirjoittaja vastaa ylittävistä osuudesta. Lähempiä tietoja antaa Seuran julkaisujen toimittaja.

KANNATTAJAJÄSENET — UNDERSTÖDANDE MEDLEMMAR

CENTRALSKOGSNÄMNDEN SKOGSKULTUR
SUOMEN METSÄTEOLLISUUDEN KESKUSLIITTO
OSUUSKUNTA METSÄLIITTO
KESKUSOSUUSLIKE HANKKIJJA
SUNILA OSAKEYHTIÖ
OY WILH. SCHAUMAN AB
OY KAUKAS AB
KEMIRA OY
G. A. SERLACHIUS OY
KYMI KYMMENE
KESKUSMETSÄLAUTAKUNTA TAPIO
KOIVUKESKUS
A. AHLSTRÖM OSAKEYHTIÖ
TEOLLISUUDEN PUUYHDISTYS
OY TAMPELLA AB
JOUTSENO-PULP OSAKEYHTIÖ
KAJAANI OY
KEMI OY
MAATALOUSTUOTTAJAIN KESKUSLIITTO
VAKUUTUSOSAKEYHTIÖ POHJOLA
VELTILUOTO OSAKEYHTIÖ
OSUUSPANKKIEN KESKUSPANKKI OY
SUOMEN SAHANOMISTAJAYHDISTYS
OY HACKMAN AB
YHTYNEET PAPERITEHTAAT OSAKEYHTIÖ
RAUMA-REPOLA OY
OY NOKIA AB, PUUNJALOSTUS
JAAKKO PÖYRY CONSULTING OY
KANSALLIS-OSAKE-PANKKI
OSUUSPUU
THOMESTO OY