

METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN
SUONTUTKIMUSOSASTON TIEDONANTOJA

5/1980

Neulasanalyysi turvemaan männikön jatkolannoitus-
tarpeen määrittämisessä.

Timo Penttilä

Helsinki 1980

METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN
SUONTUTKIMUSOSASTON TIEDONANTOJA

5/1980

Neulasanalyysi turvemaan männikön jatkolannoitus-
tarpeen määrittämisessä.

Timo Penttilä

Helsinki 1980

Suometsätieteen
laudaturtyö yleistä
metsätutkintoa varten.
Lokakuu 1980.

SISÄLLYS

	Sivu
1. JOHDANTO	1
2. AINEISTO JA MENETELMÄT	4
21. Aineiston kuvaus	4
22. Maastomittaukset	6
23. Aineiston käsittely	8
3. TULOKSET	9
31. Puusto	9
311. Ei peruslannoitusta	9
312. K-peruslannoitus	13
313. P-peruslannoitus	16
314. PK-peruslannoitus	19
32. Neulasten pääravinnepitoisuudet	23
4. TULOSTEN TARKASTELU	25
5. TIIVISTELMÄ	
KIRJALLISUUS	
LIITE	

1. JOHDANTO

Lannoitusluse luvu maan lantau

Turvemaiden lannoitussuositusten perustana ensimmäistä ojituk-
sen jälkeistä lannoitusta varten ovat olleet tiedot suotyyppien
luontaisesta ravinnetaloudesta sekä lannoituskokeista saadut
kokemukset. Suotyyppeihin nojautuvat suositukset ovatkin yleensä
osoittautuneet varsin luotettaviksi ohjeiksi arvioitaessa ravin-
teiden tarvetta ensimmäistä lannoitusta varten.

Jatkolannoitusvaiheessa ei alkuperäistä suotyyppiä kuitenkaan
aina saada varmuudella selville. Lisäksi ensimmäisen lannoituksen
laatu ja monet muutkin tekijät vaikeuttavat lannoitustarpeen
arviointia. Vaikeuksia on ilmennyt etenkin sellaisilla suotyy-
peillä, joilla turpeen ravinnevarat ovat joko kauttaaltaan niukat
tai sitten epätasapainoiset puiden vaatimuksiin nähden. Usein
taimikon kasvu peruslannoituksen jälkeen on ollut hyvä, mutta
lannoitusvaikutuksen loppuessa se on alkanut taantua tai jopa
tyrehtynyt kokonaan jonkin tai useiden ravinteiden puutteessa.
Usein kasvun taantuminen ja kasvuhäiriöiden esiintyminen on
ollut yhteydessä yksipuoliseen lannoitukseen. Tällaisista tapauk-
sista ovat raportoineet mm. KAUNISTO (1977), KAUNISTO ja PAA-
VILAINEN (1977) sekä PAAVILAINEN (1976,1977).

Lannoituskustannusten kohotessa ovat entistäkin tärkeämmiksi
nousemassa kysymykset siitä milloin jatkolannoitus on tarpeellis-
ta puuston kasvun turvaamiseksi, mikä on sen antamisen paras
ajankohta ja mitä ravinteita kussakin tapauksessa tarvitaan.

Kun on yritetty löytää keinoa, jonka avulla nopeasti ja halvalla saataisiin selvyyttä näihin kysymyksiin, ovat monet tutkijat päätyneet kokeilemaan neulasanalyysin käyttökelpoisuutta metsikön ravinnetilan määrittämisessä.

Yleisimmin on tutkimuksissa käytetty menetelmää, jossa hyvä- ja huonokasvuisten puiden neulasten ravinnepitoisuuksia verrataan toisiinsa ja pyritään tulosten perusteella selvittämään millaiset pitoisuudet ja ravinteiden suhteet kuvastavat optimaalista ravinnetilaa, joka siis ilmenee hyvänä kasvuna. Menetelmässä on kuitenkin ilmeinen heikkous, josta PUUSTJÄRVI (1962 a) on todennut: Kasvin ottaman tietyn ravinteen määrä ei riipu yksinomaan sen kasvualustassa käyttökelpoisena olevasta konsentraatiosta, vaan myös muiden ravinteiden määrästä. Jos kasvilla on puutetta tasapuolisesti eri ravinteista, on kasvu hidasta, mutta neulasten ravinnepitoisuus saattaa silti olla normaali. Niinpä on ymmärrettävää, että kirjallisuudessa esitetyt tiedot esim. männyn neulasten optimiravinnepitoisuuksista vaihtelevat melko lailla (ks. esim. PUUSTJÄRVI 1965).

Virhetekijöiden vähentämiseksi on pyritty löytämään kiinteämpi yhteys puiden kasvun ja neulasten ravinnepitoisuuksien välille. LEYTON ja ARMSON (1955) käyttivät monimuuttujaregressioanalyysiä etsiessään korrelaatiota kangasmaan männikön kasvun ja neulasten ravinnepitoisuuksien välillä. He totesivat, että näiden tunnusten välillä vallitsi selvä lineaarinen riippuvuus, kun kasvupaikka oli maaperältään ja ravinteisuudeltaan homogeeninen. WEHRMANNIN tutkimusten mukaan (ks. PUUSTJÄRVI 1962 a) neulasten typpi-

pitoisuuden ja puuston pituus- ja kuutiokasvun välillä vallitsee verraten kiinteä korrelaatio. Se ei kuitenkaan ole suoraviivainen, vaan noudattaa Mitscherlichin käyrää. PUUSTJÄRVI (1962 b) tutki männyntaimikoita ojitetuilla pohjoissuomalaisilla soilla. Hän ei löytänyt korrelaatiota puiden kasvukunnan ja neulasten P- ja N- pitoisuuksien välillä. Sensijaan neulasten N/P -suhde oli melko hyvä puiden kasvukunnan selittäjä.

Suomessa PAARLAHTI, REINIKAINEN ja VEIJALAINEN (1971) tekivät laajan selvityksen neulasanalyysin käyttökelpoisuudesta turvemaiden männiköiden ravitsemustilan määrittämisessä. Aineisto oli kerätty 19 lannoituskoekentältä eri puolilta maata ja se oli siten hyvin heterogeeninen. Monimuuttujaregressioanalyysin avulla he totesivat, että koko aineistossa vain neulasten P-pitoisuuden ja puiden pituuskasvun välillä oli kiinteä korrelaatio. Kun ilmaston ja kahden pääravinteiden pitoisuuksien vaihtelu eliminoidiin, todettiin kuitenkin seuraavaa: tutkittavan pääravinteiden pitoisuuden ja kasvun välillä oli selvä positiivinen korrelaatio silloin kun kahden muun ravinteiden pitoisuudet olivat riittävällä tasolla. Toisin sanoen puun ravinnetilan ollessa yhtä pääravinnetta lukuunottamatta tyydyttävä, tämän minimiravinteiden pitoisuuden ja kasvun välinen korrelaatio oli suhteellisen kiinteä. Havainnosta tehtiin se johtopäätös, että neulasanalyysin avulla voidaan määrittää minimiravinteiden keskinäinen tärkeysjärjestys esim. lannoitusohjeita varten. Samantapaisia tuloksia saivat myös KAUNISTO ja PAAVILAINEN (1977) tutkiessaan karujen soiden männiköiden typpi- ja fosforilannoitusta.

Neulasanalyysin käyttökelpoisuuden testaamiseksi PAARLAHTI ym. (1971) laativat neljälle aineistoonsa kuuluneelle koekentälle jatkolannoitusohjeet, jotka perustuivat neulasanalyyseistä saattuihin tuloksiin. Tässä työssä on tarkoitus selvittää, miten neulasanalyysiin perustuva jatkolannoitus on vaikuttanut puuston kasvuun yhdellä näistä koekentistä. Lisäksi pyritään selvittämään, miten lannoituskäsittelyt ovat vaikuttaneet neulasten pääravinnepitoisuuksiin.

2. AINEISTO JA MENETELMÄT

21. Aineiston kuvaus

Tutkimuksen kohteena oleva koekenttä sijaitsee Oisavansuolla Metsäntutkimuslaitoksen Pyhäkosken kokeilualueella Muhoksen kunnassa. Korkeus merenpinnasta on n. 70 m, tehoisan lämpötilan summa Muhoksen seudulla 1020 d.d. ja keskimääräinen vuotuinen sademäärä 550 mm. Alkuperäinen suotyyppi on rimpinen saraneva (RiSN) HEIKURAISEN (1960) luokituksen mukaan (PAARLAHTI ym. 1971). Turvekerros on kauttaaltaan yli 2 m paksu. Suo on ojitettu v.1934; täydennysojitusten jälkeen nykyinen sarkaleveys on keskimäärin 20 m. Ojat ovat hyvässä kunnossa.

V. 1939 koekentälle perustettiin männyn hajakylvökoe ja v.1957 lannoituskoe. Sen tarkoitus oli selvittää miten eri ravinteet ja lannoitustasot vaikuttavat puuston kasvuun ja onko lannoituksen vaikutusajassa eroja. Lannoituskokeessa koealojen koko oli 25 x 28 m = 7 a. Niiden ympärille oli jätetty 2-5 m:n vaippa.

Maaliskuussa 1967 koekentältä analysoitiin neulasten pääravinnepitoisuudet 14:lta koealalta, joista neljä oli lannoittamattomia vertailukoealoja ja loput joko K-, P- tai PK-lannoituksen saaneita. Koealat jaettiin 20 cm syvillä naveroilla neljään yhtäsuureen osaan (12,5 x 14 m = 1,75 a). Osakoealoista yksi jatkolannoitettiin 9.6.1972 ko. koealan neulasanalyysin osoittamien ravinnepuutteiden mukaisesti (koealalla 16 ei ollut lannoitustarvetta ja koeala 24 jätettiin lannoittamatta). Koska kaikki N_n -arvot ylittivät puutoskriteeriksi asetetun rajan 1,30 %, käytettiin jatkolannoituksessa vain kalia ja fosforia seuraavan PAARLAHDEN ym. (1971) tuloksiin perustuvan jaotelman mukaisesti (lannoitemäärät alkuaineiksi laskettuna):

K_n	Ravitsemustila	Lannoitus K, kg/ha
<2,0	ankara puute	300
2,0-3,0	selvä puute	200
3,1-3,9	lievä puute	100
$\geq 4,0$	optimipitoisuus	-

P_n %	Ravitsemustila	Lannoitus P, kg/ha
<1,4	ankara puute	86
1,4-1,6	lievä puute	43
$\geq 1,7$	optimipitoisuus	-

suoritus
~~lannoitus~~
~~suoritus~~
~~oli~~

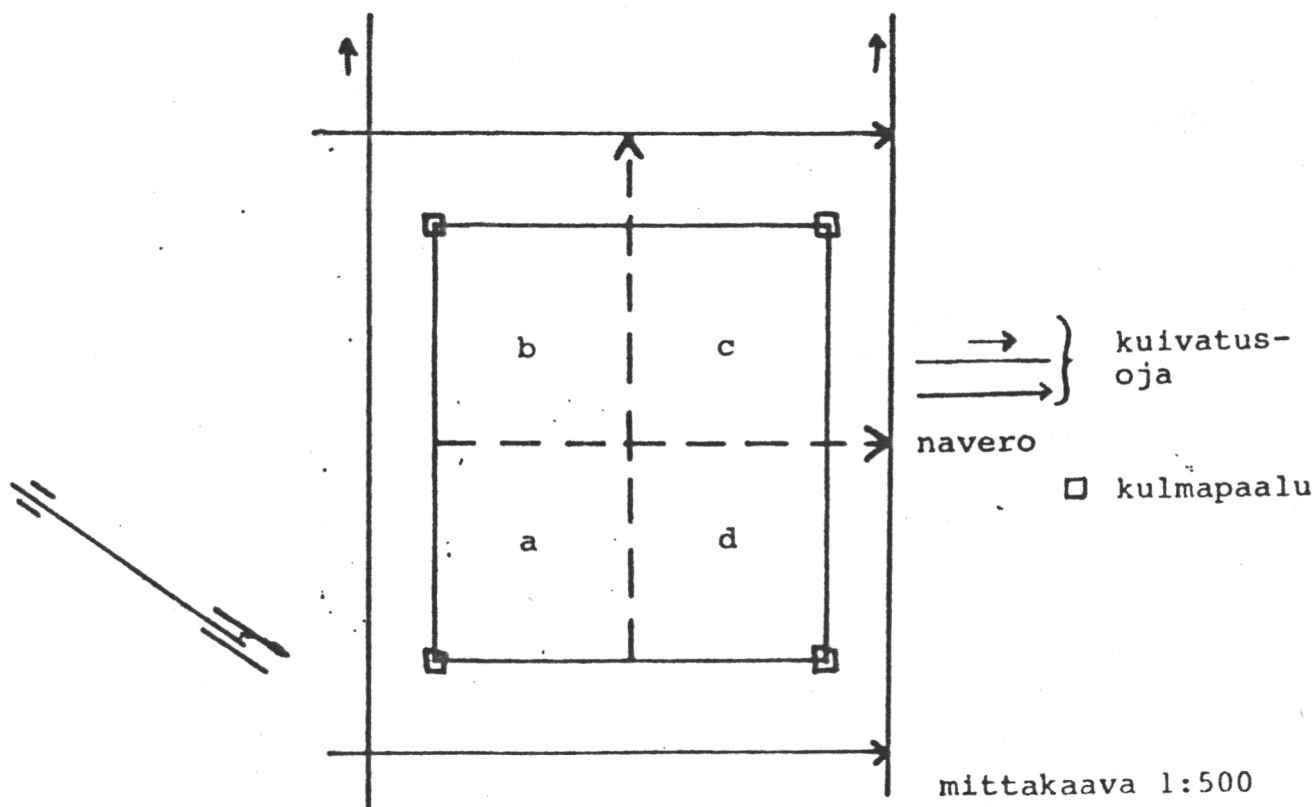
Maaliskuussa 1973 kerättiin neulasnäytteet samoilta koealoilta - sekä jatkolannoitetuilta että -lannoittamattomilta osilta - tarkoituksena seurata neulasten ravinnepitoisuuksien muuttumista lannoituksen jälkeen.

Maaliskuussa 1975 kerättiin neulasnäytteet kaikkien koealojen kaikilta osakoealoilta. Analyysitulosten perusteella jatkolannoitettiin 13.6.1975 kultakin koealalta ravinnetilaltaan huonoin

neljännes; ei kuitenkaan sellaista, joka jo v.1972 oli jatkolannoitettu. Kriteerit olivat samat kuin aiemmassa jatkolannoituksessa. (Kaikki lannoituskäsittelyt käyvät ilmi taulukosta 1.) Neulasnäytteet kerättiin kaikkiin analyysihin kunkin koekalan kymmenesosa välttämättömän latvuskerroksen puusta niiden ylimmästä, edellisessä kesänä kehittyneestä oksakiehkurasta, eteläpuoleisista oksista.

22. Maastomittaukset

Tätä tutkimusta varten osakoealoittain luettiin kaikki vähintään 1,3 m pitkät puut rinnankorkeudelta 1 cm:n tasaavalla luokitussella. Koepuiksi otettiin kymmenen pisintä puuta kultakin osakoealalta. Niistä mitattiin pituus desimetrin tarkkuudella, läpimitta 1,3 metrin korkeudelta millimetrin tarkkuudella sekä vuotuinen pituuskasvu vuosilta 1972-1979 senttimetrin tarkkuudella. Puustomittaukset tehtiin 1.8.-16.8.1979, jolloin vuoden 1979 latvakasvat olivat kehittyneet täyteen pituuteensa. Koepuiden valintamenettelyllä pyrittiin vähentämään rimpisyyden vaikutusta tuloksiin.



Kuva 1. Koekalojen sijainti ojiin nähden ja jako osakoealoiksi.

Taulukko 1. Koekentän Muhos 55 a lannoitukset.

Kaikki lannoitemäärät ovat alkuaineiksi laskettuja.

N annettu oulunsalpietarina

P " 1957 ja 1972 hienofosfaattina,
1975 raakafosfaattina

K " kalisuolana

Ca " kalkkikivijauheena

koe- ala	15.6.1957, kg/ha				9.6.1972, kg/ha			13.6.1975, kg/ha		
	N	P	K	Ca	osa	P	K	osa	P	K
1	-	-	42	-	-	.	.	c	86	100
2	-	-	83	-	b	86	-	a	86	100
3	-	-	125	-	d	86	100	c	86	200
4	-	-	208	-	d	86	100	b	86	100
5	-	-	-	-	b	86	100	a	86	200
6	18	-	-	-	-	.	.	b	86	100
7	44	-	-	-	-	.	.	c	86	200
8	-	24	-	-	a	43	200	b	86	200
9	-	49	-	-	d	-	200	b	43	200
10	-	73	-	-	c	-	200	d	-	200
11	-	122	-	-	a	-	200	c	-	300
12	36	30	50	-	-	.	.	a	86	200
13	-	-	-	-	b	86	200	a	86	200
14	-	73	42	-	-	.	.	c	-	200
15	-	73	83	-	-	.	.	c	86	200
16	-	73	125	-	-	.	.	d	86	200
17	-	73	208	-	-	.	.	c	86	100
18	-	-	-	-	c	86	100	b	86	200
19	-	-	-	5200	-	.	.	a	86	200
20	-	24	125	-	a	86	100	c	86	200
21	-	49	125	-	c	43	-	d	86	200
22	-	73	125	-	-	.	.	d	86	200
23	-	122	125	-	-	.	.	d	-	200
24	-	-	-	-	-	.	.	c	86	200

23. Aineiston käsittely

Kaikilta osakoealoilta laskettiin seuraavat tunnuksset: Koepuiden aritmeettinen keskiläpimitta ja keskipituus sekä pituuskasvutietojen avulla koepuiden aritmeettinen keskipituus vuosina 1972 ja 1975 kasvukauden jälkeen. Kaikilta osakoealoilta laskettiin koepuiden keskimääräinen pituuskasvu vuonna 1972 ja jaksoilla 1973-1975 sekä 1976-1979. Niiltä koealoilta, joilta oli tehty neulasanalyysit vuosina 1967, 1972, 1973 ja 1975, laskettiin koepuiden keskimääräinen pituuskasvu erikseen joka vuodelle. Koska koepuita on kymmenen kultakin osakoealalta, mikä vastaa n. 570 runkoa/ha, voitaneen katsoa niiden käsittävän koealojen valtapuuston. Koepuista laskettuja tunnuksia nimitetään seuraavassa valtapuuston tunnuksiksi. Osakoealoittaisia kuutiomääriä ei laskettu osakoealojen pienen koon ja rimpisyydestä aiheutuvan puuston epätasaisuuden takia. Toistojen puuttuessa eri lannoituskombinaatioiden vaikutusta puuston kasvuun ei voitu vertailla tilastollisten testien avulla.

Koealat jaettiin tarkastelua varten ryhmiin niille vuoden 1957 lannoituksessa annetun ravinteiden mukaan. Koska tyyppiä saaneita koealoja oli vain kaksi (no 6 ja 7) sekä kalkkia ja NPK:ta saaneita kumpiakin yksi (no 19 ja 12), jätettiin nämä koealat pois tarkastelusta. Kussakin ryhmässä kaikkien osakoealojen kasvua verrattiin 0-koealojen keskimääräiseen kasvuun ja lisäksi kunkin koealan jatkolannoitettujen osien kasvua verrattiin jatkolannoitamattoman osan kasvuun. Vertailtaviksi tunnuksiksi valittiin valtapuuston keskipituus, keskiläpimitta ja pituuskasvu vuonna 1972 sekä jaksoilla 1973-1975 ja 1976-1979.

3. TULOKSET

31. Puusto

311. Ei peruslannoitusta

Kokonaan lannoittamattomia osakoealoja on yhdeksän. Niiltä laskettuja puustotunnusten keskiarvoja käytetään tarkastelun vertailuarvoina. Kaikki 0-koealojen neulasanalyysit osoittavat ankaraa fosforin ja lievää tai selvää kalin puutetta (kuva 4). Lannoittamattomilla osakoealoilla vuotuinen pituuskasvu on keskimäärin 19 cm. Vuoden 1972 pituuskasvu edustaa melko hyvin kokomittausjakson keskiarvoa. Jaksolla 1973-75 kasvu on ollut selvästi parempi kuin 1976-79.

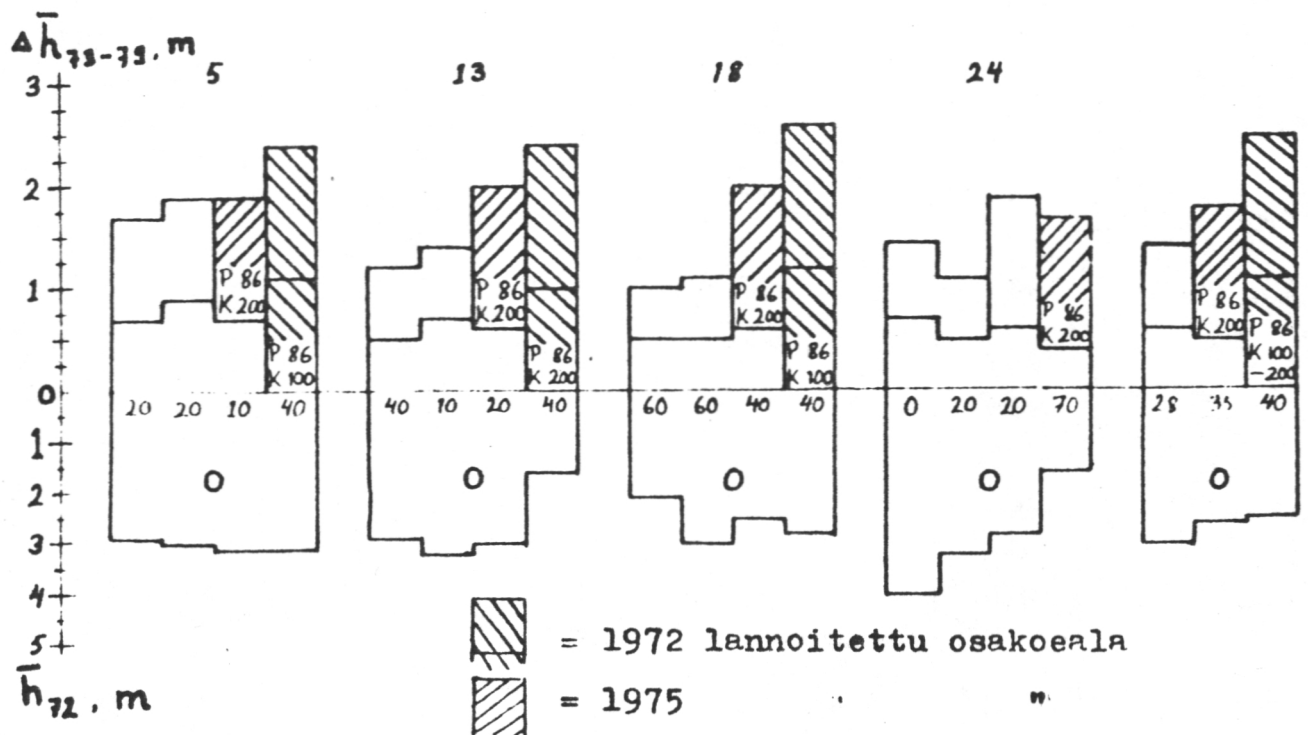
PK-lannoitus on lähes kaksinkertaistanut valtapuuston pituuskasvun. 86 kg P + 100 kg K näyttää antaneen yhtä hyvän kasvureaktion kuin 86 kg P + 200 kg K. Kasvu on parantunut selvästi vasta lannoituskesää seuraavana vuonna ja ollut suurimmillaan 2-3 v. lannoituksen jälkeen. Tämän jälkeen vuotuinen kasvu näyttää vaihtelevan samassa rytmissä kuin lannoittamattomilla osakoealoilla (kuvat 3 ja 4).

Kuvasta 2 nähdään, että lannoittamattomista koealoista heikkokasvuisimpia ovat ne, joilla on eniten rimpipintaa. Lannoitusreaktio on kuitenkin kaikilla koealoilla ollut jokseenkin yhtä hyvä.

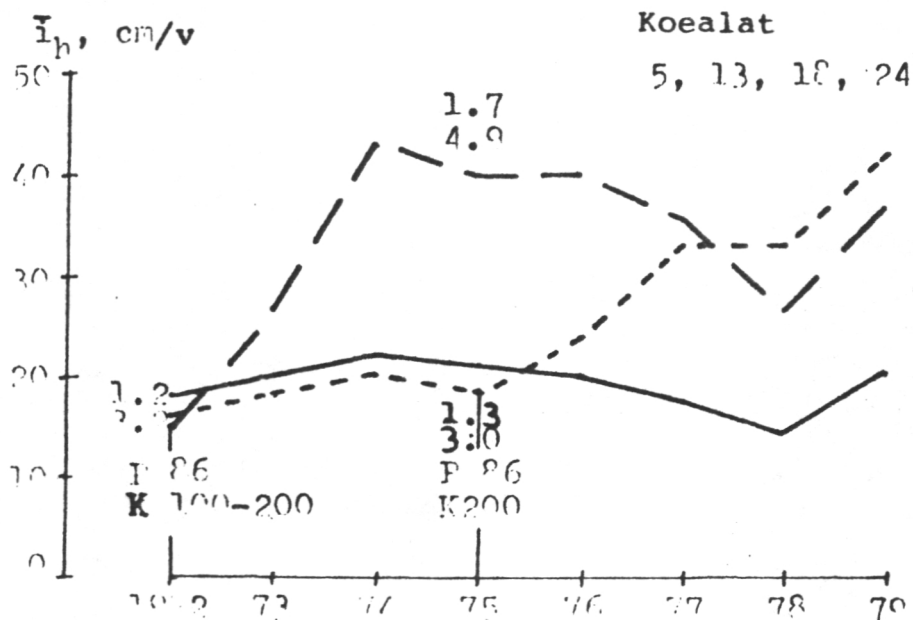
1972 lannoitettujen osakoealojen seurantaneulasanalyysit osoittavat, että P- ja K-pitoisuudet ovat nousseet optimitasolle lukuunottamatta koealan 5 b P-pitoisuutta. Kasvu on sillä kuitenkin yhä hyvä kuin muillakin koealoilla (kuva 4). 0-ruuduilla on neulasanalyysillä onnistuttu varsin hyvin määrittämään ravinteiden tarve.

Taulukko 2. V. 1957 lannoittamattomien osakoealojen valtapuuston keskiläpimitta, keskipituus ja pituuskasvu.

Lannoitukset, kg/ha				Puustotunnukset						
1972		1975		n	ri	$\bar{d}_{1,3}$	\bar{h}_{79}	\bar{i}_h , cm/v		
P	K	P	K	kpl	%	cm	m	72	73-75	76-79
-	-	-	-	9	28	6,3	4,4	18	21	18
86	100	-	-	2	40	8,3	5,4	18	38	34
86	200	-	-	1	40	6,2	4,0	8	33	35
-	-	86	200	4	35	7,0	4,4	16	19	33



Kuva 2. Vertailukoealojen vallitsevan puuston pituuskehitys. Vaaka-akselin alapuolella pituus v. 1972 ja yläpuolella pituuskasvu jaksoilla 1973-75 ja 1976-79. Pylväiden sisään on kirjoitettu lannoitustiedot ja yläpuolelle koealan numero. Vaaka-akselilla rimpisyys-% osakoealoittain. Oikeanpuoleisin pylväs kuvaa keskiarvoja.



Kuva 3. Yhdistelmä vertailukoealojen (= ei lannoitusta v. 1957) vallitsevan puuston vuotuisesta pituuskasvusta.

Selitykset:

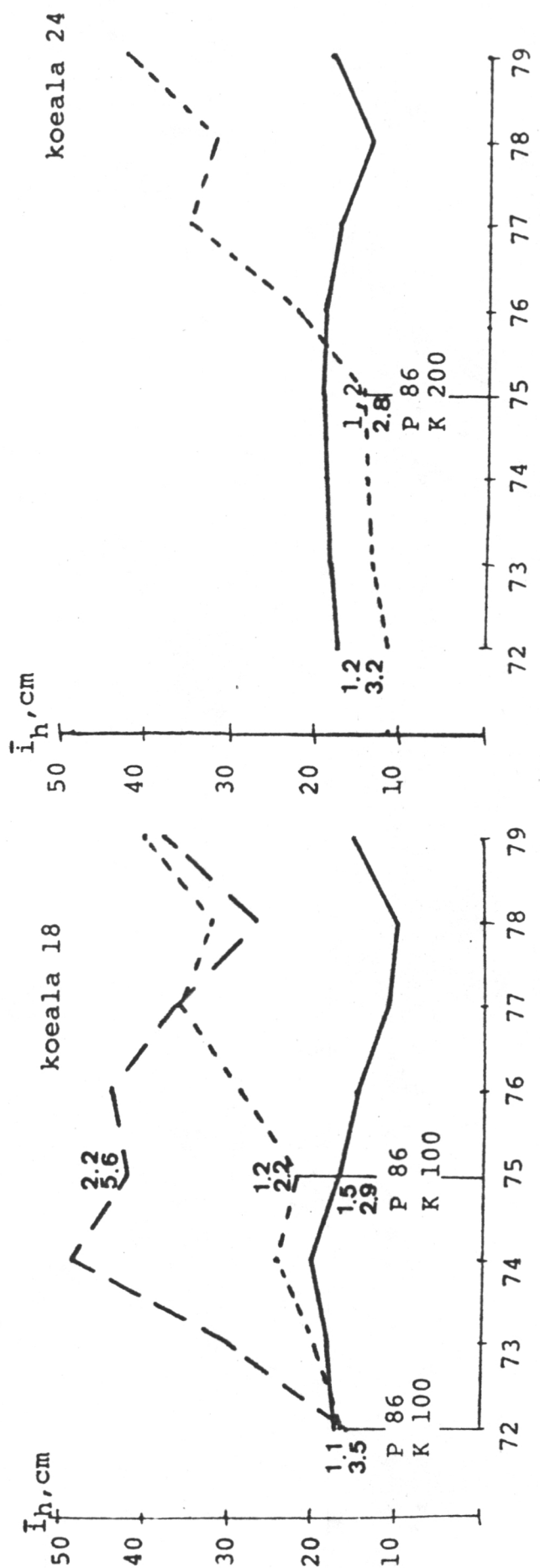
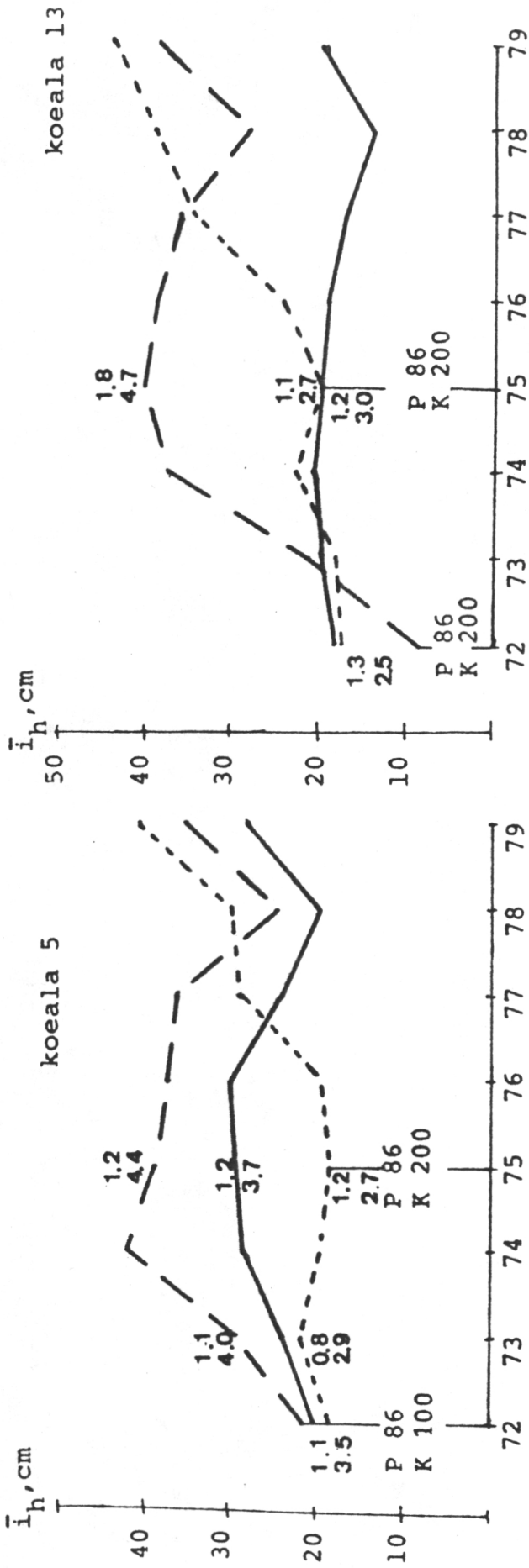
———— = jatkolannoittamattomat osakoealat

— — — — = v. 1972 jatkolannoitetut osakoealat

· · · · · = v. 1975 —" —" —"

\bar{i}_h = koepuiden keskimääräinen pituuskasvu

Desimaaliluvut tarkoittavat neulasten ravinnepitoisuuksia promilleina kuiva-aineesta - ylempi = P_n , alempi = K_n . Vuoden 1967 neulasanalyysitulokset ovat kuvaajien vasemmalla puolen, muut ao. vuoden kohdalla.



Kuva 4. Vertailukoealojen vallitsevan puuston vuotuinen pituuskasvu vv.1972-79. Selitykset: ks. kuva 3.

312. Kaliperuslannoitus

Peruslannoitemäärät kalisarjassa ovat olleet 42, 83, 125 ja 208 kg/ha. Kuvasta 5 nähdään, että valtapuusto on ollut v.1972 vajaan metrin pitempää kuin 0-ruuduilla, tosin osakoealoittainen vaihtelu on suurta. Parasta kasvu on ollut vähintään 84 kg/ha kalia saaneilla vähärimpisillä koealoilla. Vielä 1972 pituuskasvu oli kaikilla kalia saaneilla osakoealoilla hieman suurempi kuin 0-koealoilla (taulukko 3).

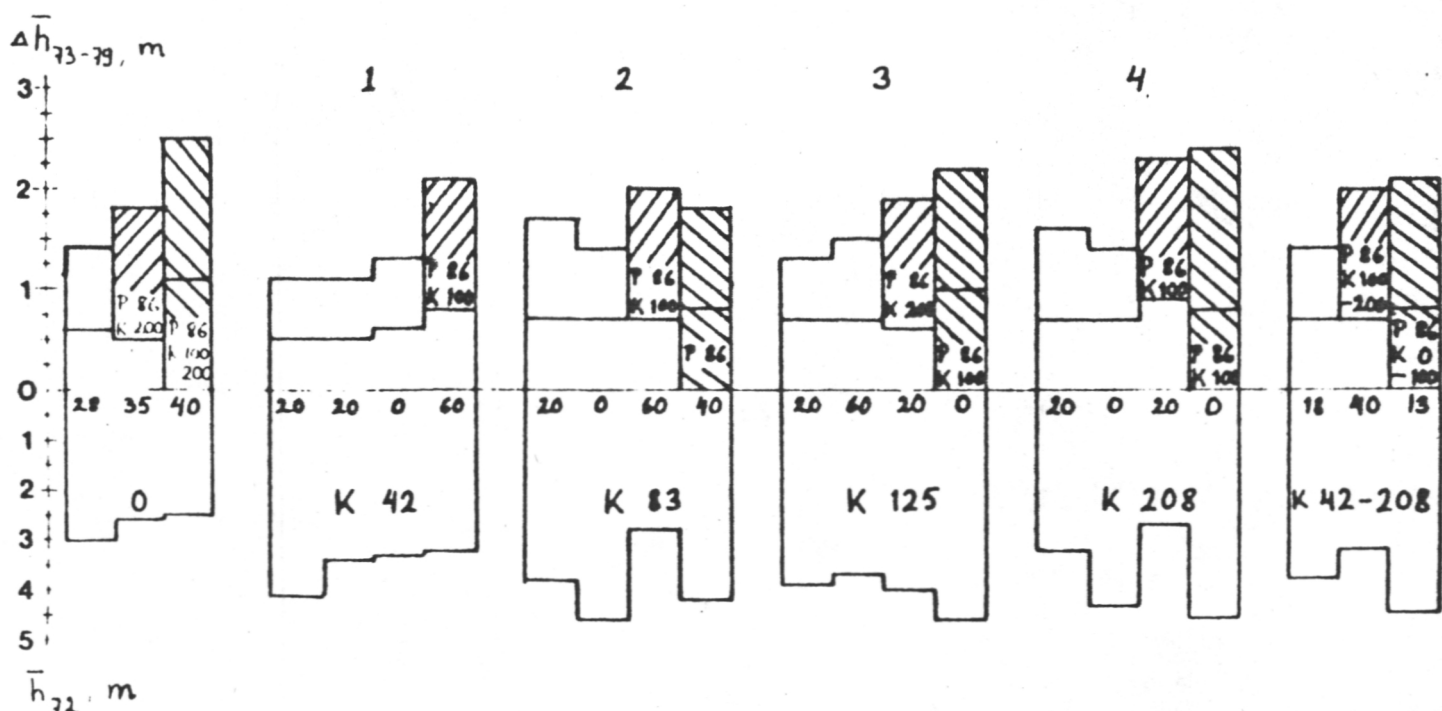
Vuoden 1967 neulasanalyysissä näkyy kaliperuslannoituksen vaikutus 0-ruutuja korkeamana K-pitoisuutena ja hieman pienempänä P-pitoisuutena. Vuoteen 1975 mennessä ero on tasoittunut. Analyysien mukaan kaikilla koealoilla on ollut lievä tai selvä kalin ja ankara fosforin puute. (Kuva 6)

PK-jatkolannoitus koealoilla 3 ja 4 on nostanut P- ja K-pitoisuudet selvästi yli puuterajojen (ks. s. 5). Sen sijaan koealalla 2 vallitsee P-jatkolannoituksen jälkeenkin fosforin puute. K_n -arvo taas on noussut ilman selvää syytä. (Kuva 6)

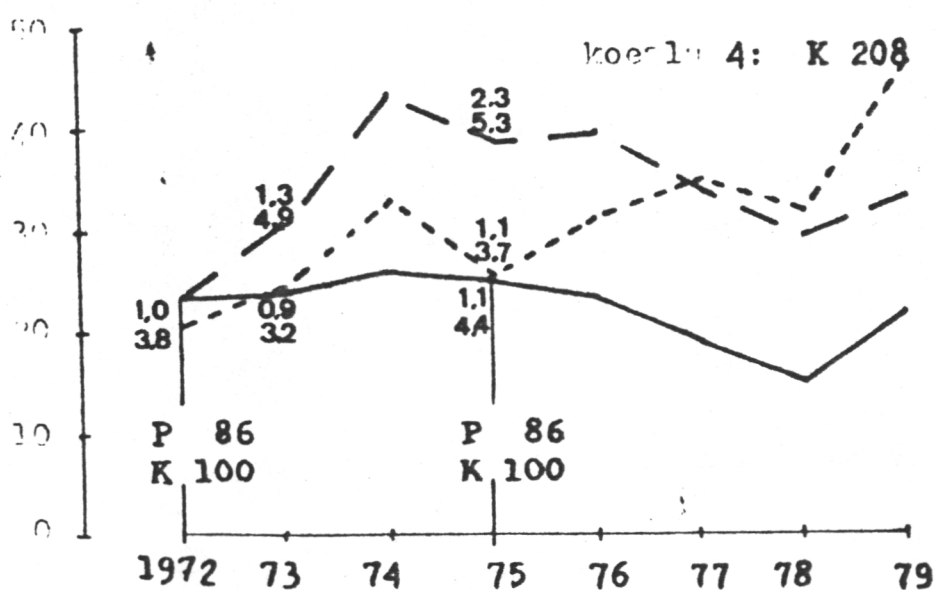
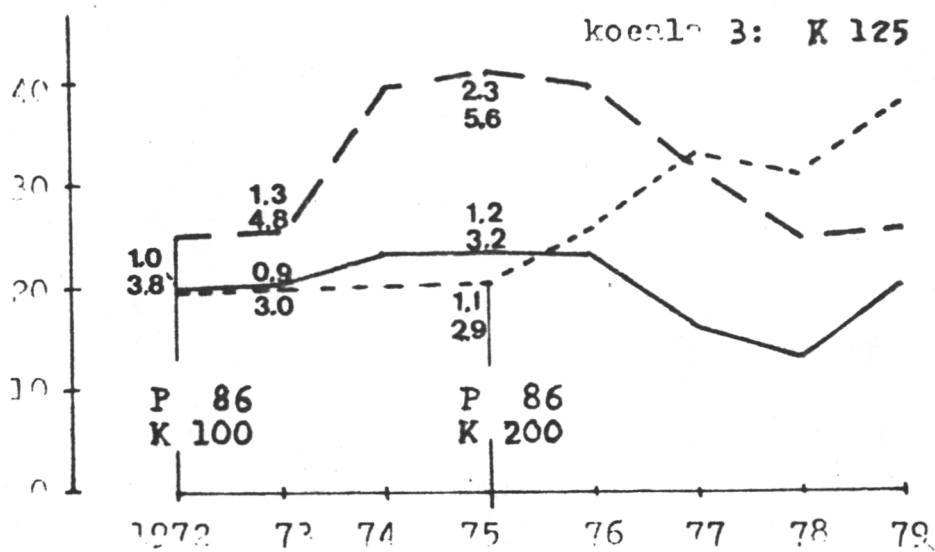
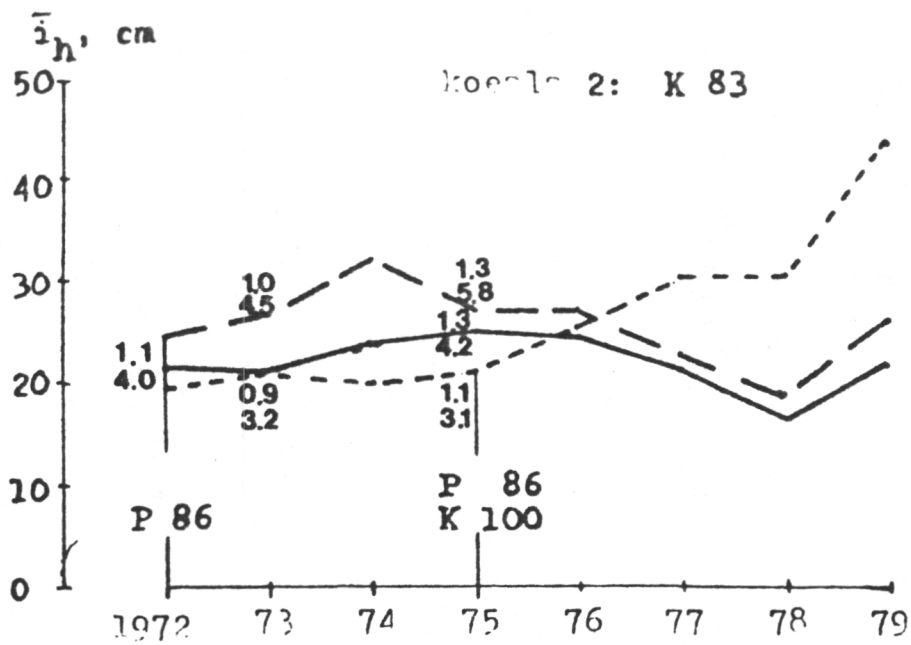
Taulukosta 3 ja kuvasta 5 havaitaan, että PK-jatkolannoitus on parantanut valtapuuston kasvua lähes yhtä paljon kuin ensimmäinen PK-lannoitus 0-ruuduilla. Sen sijaan koealalla 2 pelkän P-jatkolannoituksen vaikutus on jäänyt vähäiseksi. Peruslannoituksessa eniten kalia saaneet koealat näyttävät hyötäneen jatkolannoituksesta hieman enemmän kuin muut. Jatkolannoituksessa kalimäärä 200 kg/ha ei lisännyt kasvua verrattuna 100 kg/ha kalia saaneisiin koealoihin.

Taulukko 3. V.1957 kalia saaneiden osakoealojen valtapuuston keskiläpimitta, keskipituus ja vuotuinen pituuskasvu.

Lannoitukset, kg/ha					Puustotunnukset						
1957	1972		1975		n	ri	$\bar{d}_{1.3}$	\bar{h}_{79}	\bar{I}_h , cm/v		
K	P	K	P	K	kpl	%			-72	-73-75	-76-
-	-	-	-	-	9	28	6,3	4,4	18	21	18
42	-	-	-	-	3	10	7,2	4,8	21	19	15
83	-	-	-	-	2	10	8,3	5,8	21	24	21
125	-	-	-	-	2	40	7,0	5,2	20	23	18
208	-	-	-	-	2	10	7,6	5,2	24	25	20
42	-	-	86	100	1	60	8,9	5,3	22	28	33
83	-	-	86	100	1	60	7,7	4,8	20	21	33
125	-	-	36	200	1	20	8,6	5,9	20	20	32
208	-	-	36	100	1	20	7,6	5,0	21	28	36
83	86	-	-	-	1	40	9,2	6,0	25	29	24
125	86	100	-	-	1	0	10,4	6,8	25	35	30
208	86	100	-	-	1	0	10,7	7,0	23	37	34



Kuva 5. V.1957 kalia saaneiden koealojen vallitsevan puuston pituuskehitys. Vasemmalla vertailukoealojen keskiarvopylväs. Selitykset: ks. kuva 2.



Kuva 6. V. 1957 kalia saaneiden koalojen vallitsevan puuston vuotuinen pituuskasvu vv. 1972-1979. Selitykset: ks. kuva 3.

313. Fosforiperuslannoitus

Fosforisarjassa peruslannoitemäärät ovat olleet 24, 49, 73 ja 122 kg/ha. 49 kg/ha on antanut parhaan kasvutuloksen. Lannoitemäärän kasvaessa vaikutusaika näyttää hieman pitenevän. Koepuiden läpimitan ja pituuden perusteella havaitaan, että fosfori on lisännyt kasvua enemmän kuin kali. (Taulukko 4, kuvat 7 ja 8)

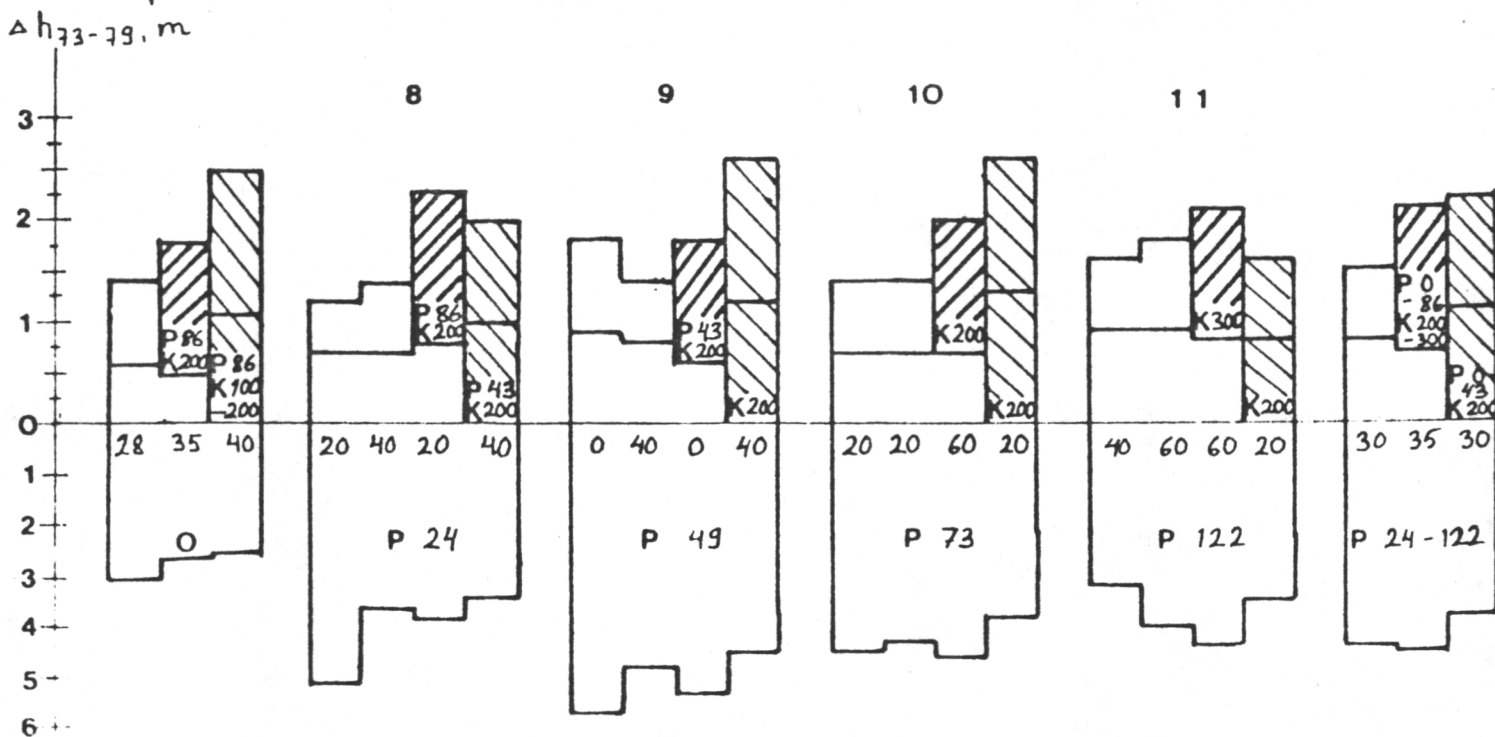
Vuoden 1967 neulasanalyysissä P-pitoisuudet nousivat peruslannoitemäärän kasvaessa - vain alhaisimmalla lannoitustasolla oli lievää fosforin puutetta havaittavissa. Kalin puute oli voimakas kaikilla koealoilla. Vuoden 1975 analyysissä P-pitoisuudet olivat alhaisempia, mutta positiivinen korrelaatio peruslannoitemäärän kanssa näkyi yhä. (Kuva 8)

Vuoden 1972 PK-lannoitus koealalla 8 on nostanut K_n -arvoa, mutta annettu P-määrä on ollut liian pieni, mikä näkyy myös heikohkona kasvureaktiona (vrt. vuoden -75 lannoitus). Kalijatkolannoitus koealoilla 9 ja 10 on nostanut K_n -arvot tyydyttäväiksi, mutta samalla P_n -arvot ovat pudonneet. Kasvu on kuitenkin ollut hyvä ja näyttää sellaisenaan jatkuvankin. Koealalla 11 kalimäärä 200 kg/ha ei ole riittänyt tyydyttämään ylisuuren fosforiperuslannoituksen aiheuttamaa puutetta - K_n ei ole noussut eikä kasvu parantunut. 300 kg/ha v.1975 on sensijaan saanut aikaan selvän vaikkakin hitaan kasvureaktion. (Kuva 8)

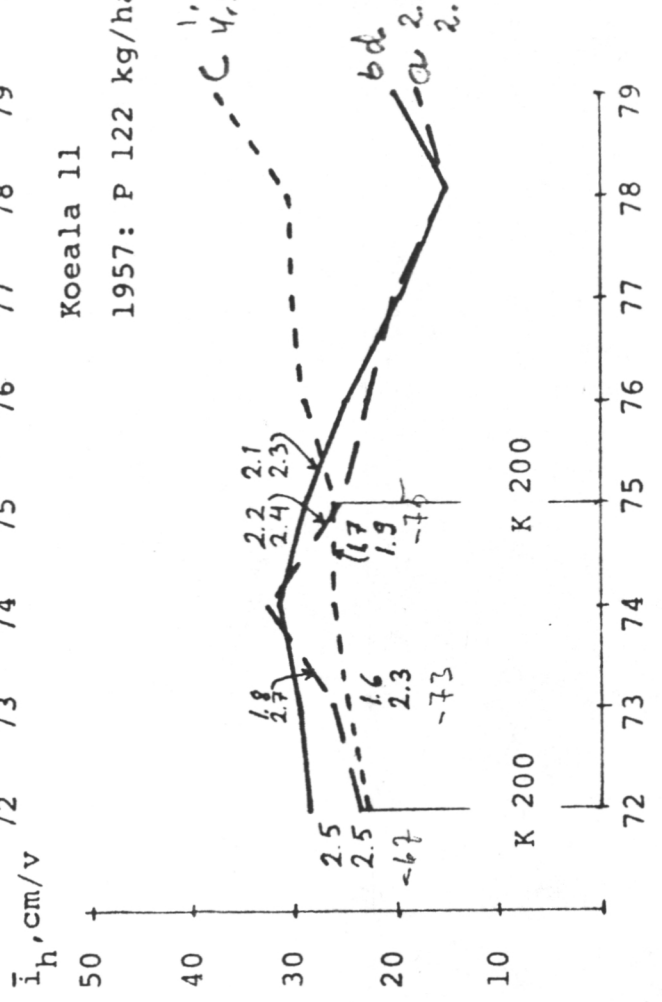
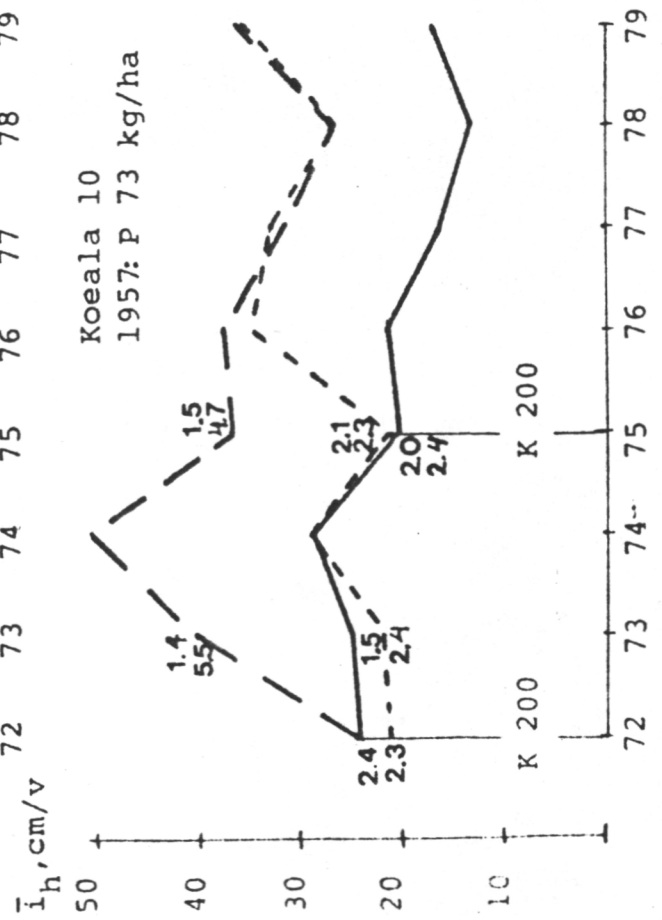
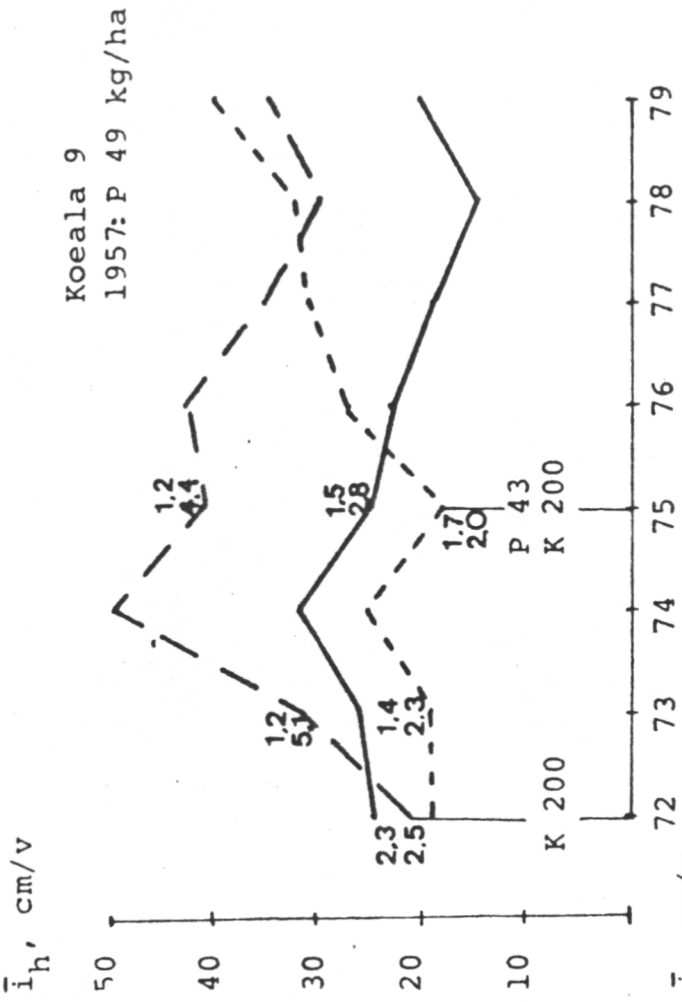
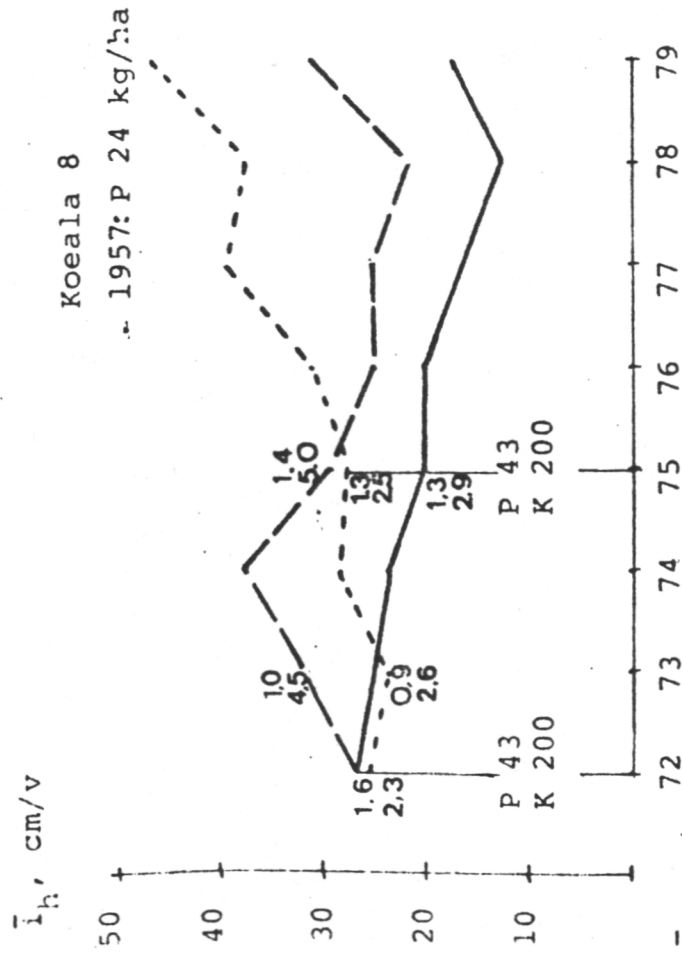
Fosforisarjassa neulasanalyysin viitteet näyttävät parhaiten osuneen oikeaan keskimmaisillä peruslannoitustasoilla. Jälkimmäisestä jatkolannoituksesta tosin kaikki koealat ovat hyötäneet yhtä paljon kuin 0-koealat PK-lannoituksesta.

Taulukko 4. V.1957 fosforia saaneiden osakoealojen valtapuuston keskiläpimitta, keskipituus ja vuotuinen pituuskasvu.

Lannoitukset, kg/ha					n	ri	puustotunnukset				
-57	-72		-75				kpl	%	$d_{1.3}$	\bar{h}_{79}	\bar{i}_h , cm/v
P	P	K	P	K	cm	m			-72	-73-75	-76-79
-	-	-	-	-	9	28	6,3	4,4	18	21	18
24	-	-	-	-	2	30	8,7	5,6	26	23	16
49	-	-	-	-	2	20	9,7	6,8	24	27	20
73	-	-	-	-	2	20	8,0	5,8	24	25	17
122	-	-	-	-	2	50	7,8	5,3	28	30	20
24	43	200	-	-	1	40	8,1	5,4	27	33	25
49	-	200	-	-	1	40	10,6	7,1	21	41	36
73	-	200	-	-	1	20	9,8	6,4	24	42	33
122	-	200	-	-	-	20	7,9	5,1	24	28	19
24	-	-	86	200	1	20	10,2	6,1	25	26	38
49	-	-	43	200	1	0	10,2	7,2	19	21	33
73	-	-	-	200	1	60	10,0	6,6	21	24	32
122	-	-	-	300	1	60	10,0	6,5	23	26	32



Kuva 7. V.1957 fosforia saaneiden koealojen valtitsevan puuston pituuskehitys. Vasemmalla vertailukoalojen keskiarvopylväs. Selitykset: ks. kuva 2.



Kuva 8. V.1957 fosforia saaneiden koealojen vallitsevan puuston vuotuinen pituuskasvu vv. 1972-79. Selitykset: ks. kuva 3.

314. PK-peruslannoitus

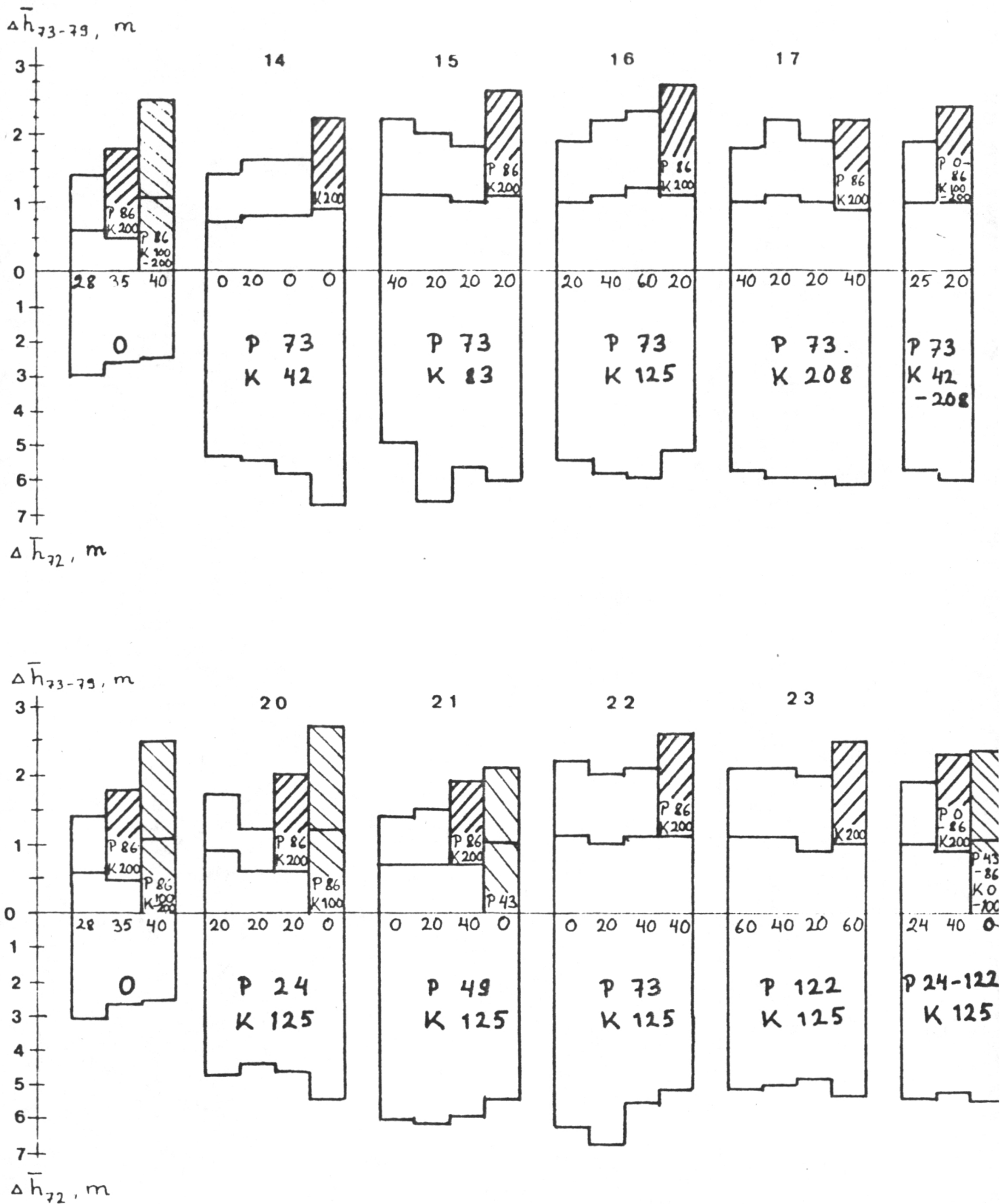
Kahdesta PK-sarjasta hieman paremman kasvutuloksen on antanut se, jolla fosforimäärä on kiinteä eli "P₇₃K_x"-sarja. Puusto on järeintä keskimmäisiä kalitasoja edustavilla koealoilla, mutta pituuskehityksessä vain vähiten kalia saanut koeala on jäänyt hieman muista jälkeen. Sarjassa "P_xK₁₂₅" on kasvu ollut paras fosforitasolla 73 kg/ha. Molemmilla PK-sarjoilla kasvutulos on ollut parempi kuin pelkällä P-lannoituksella. Lannoitusvaikutus on ollut pisin yhdistelmillä P₇₃ + K₈₃₋₂₀₈. (Taulukko 5, kuvat 9 ja 10)

V.1967 neulasanalyysit tehtiin vain koealoilta 16, 20 ja 21. 21:llä pelkkä P-jatkolannoitus ei ole kovin paljon parantanut kasvua. Neulasanalyysit paljastavat kalin jääneen minimitekijäksi. Koealalla 20 PK-jatkolannoitus onkin antanut erinomaisen tuloksen. Koealalla 16 ei ilmennyt jatkolannoitustarvetta neulasanalyysin perusteella ja kasvu on jatkunut tyydyttävänä. (Kuva 10)

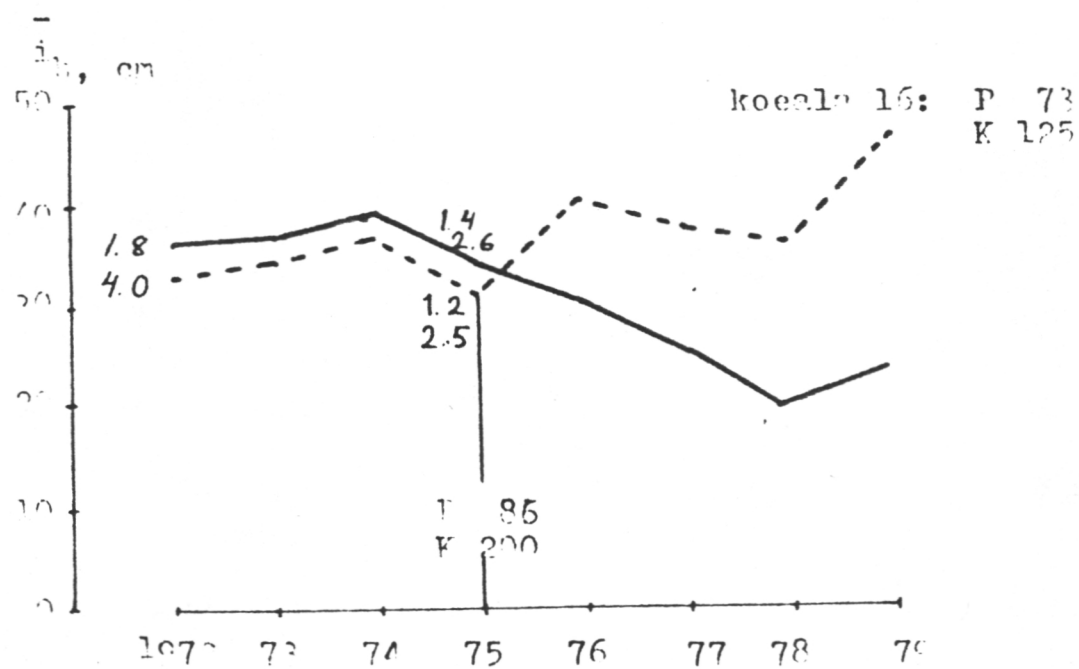
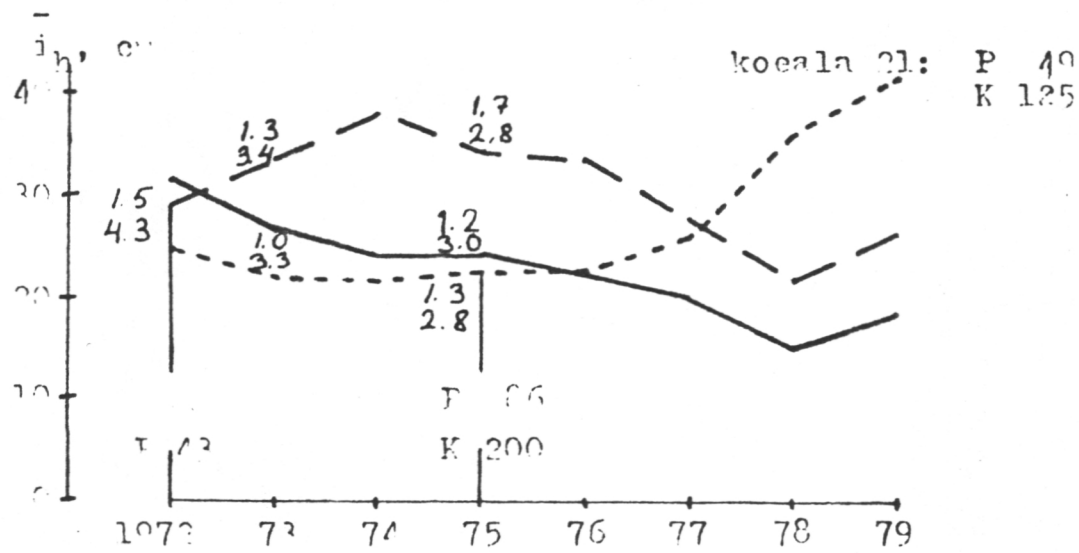
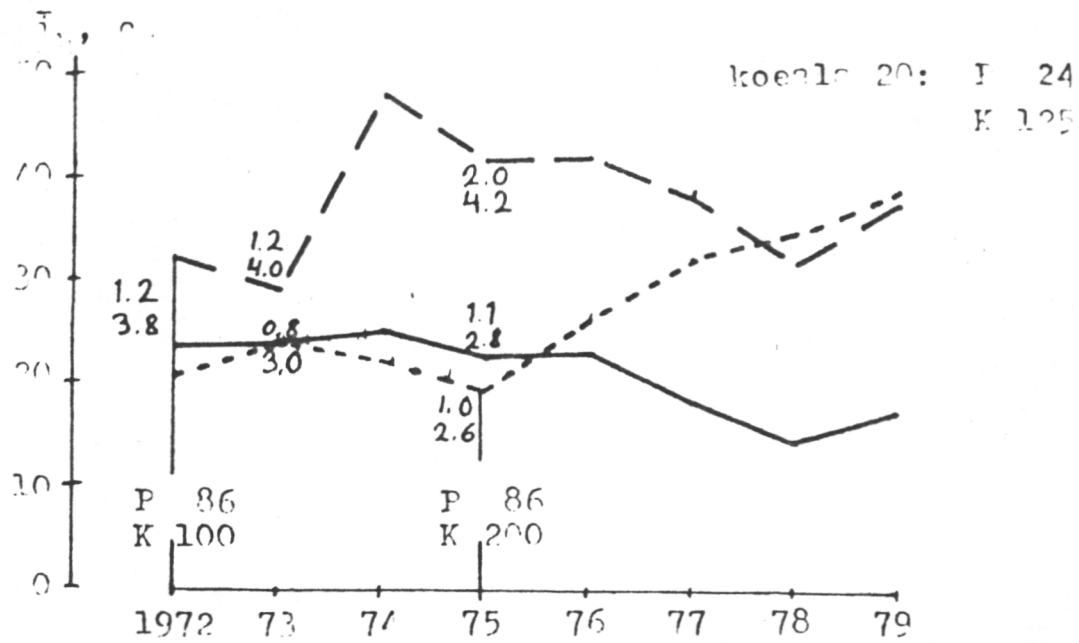
Vuoden 1975 neulasanalyysissä todettiin koealoilla 14 ja 23 kalin puute ja muilla myös fosforin puute. Kaikissa tapauksissa neulasanalyyseistä on kasvutuloksista päätellen saatu hyvät ohjeet jatkolannoitusta varten (kuva 9).

Taulukko 5. V.1957 kalia ja fosforia saaneiden osakoealojen
valtapuuston keskiläpimitta, keskipituus ja
vuotuinen pituuskasvu.

Lannoitukset, kg/ha						n	ri	puustotunnukset				
-57		-72		-75				$\bar{d}_{1,3}$	\bar{h}_{79}	\bar{i}_h , cm/v		
P	K	P	K	P	K	kpl	%	cm	m	-72	-73-75	-76-79
-	-	-	-	-	-	9	28	6,3	4,4	18	21	18
73	42	-	-	-	-	3	10	9,6	7,1	22	27	19
73	83	-	-	-	-	3	30	11,4	7,8	31	34	24
73	125	-	-	-	-	3	40	11,4	7,9	36	37	25
73	210	-	-	-	-	3	30	10,5	7,9	34	34	24
73	42	-	-	-	200	1	0	12,9	9,0	26	29	32
73	83	-	-	86	200	1	20	13,2	8,7	33	35	38
73	125	-	-	86	200	1	20	11,0	7,9	33	34	41
73	210	-	-	86	100	1	40	11,5	8,4	33	29	34
24	125	-	-	-	-	2	20	8,8	6,0	24	25	18
49	125	-	-	-	-	2	10	10,4	7,5	32	25	18
73	125	-	-	-	-	3	20	11,5	8,2	32	35	27
122	125	-	-	-	-	3	40	10,3	7,0	34	34	27
24	125	86	100	-	-	1	0	11,1	8,1	32	40	38
49	125	43	-	-	-	1	0	10,3	7,5	29	35	27
24	125	-	-	86	200	1	20	10,0	6,6	21	22	35
49	125	-	-	86	200	1	40	10,4	7,8	25	22	31
73	125	-	-	86	200	1	40	10,4	7,7	30	36	38
122	125	-	-	-	200	1	60	10,7	7,8	29	33	38



Kuva 9. V.1957 fosforia ja kalia saaneiden koalojen vallitsevan puuston pituuskehitys. Vasemmalla vertailukoalojen keskiarvopylväs. Selitykset: ks. kuva 2.



Kuva 10. V.1957 fosforia ja kalia saaneiden koalojen valta-
puuston vuotuinen pituuskasvu vv.1972-1979.
Selitykset: ks. kuva 3.

32. Neulasten pääravinnepitoisuudet

Perus- ja vuoden 1972 jatkolannoituksen vaikutusta neulasten pääravinnepitoisuuksiin valaisee taulukko 6. Typipitoisuus on noussut kaikissa muissa lannoitusryhmissä paitsi vain v.1972 PK:ta saaneiden ruutujen ryhmässä, jossa on havaittavissa lievää laskua. Kali- ja PK-sarjassa nousu on selvempi jatkolannoittamattomilla kuin -lannoitetuilla koealoilla. Fosforisarjassa tällaista eroa ei ole. Eniten N_n on noussut jatkolannoittamattomilla PK-koealoilla.

Fosforipitoisuudet pysyttelevät 0-ruuduilla ja jatkolannoittamattomilla kalikoealoilla tasaisesti puutosrajan (ks. s. 5) alapuolella koko tarkkailujakson. P- ja PK-peruslannoitukset näkyvät P_n -arvoissa selvästi v. 1967 ja P-sarjassa vielä v.1975. Kali-jatkolannoitus ei ole P-pitoisuuksiin selvästi vaikuttanut. P- ja PK-jatkolannoitus sensijaan on niitä nostanut. Jatkolannoittamattomilla ruuduilla P_n -arvot ovat v.1973 olleet kauttaaltaan matalampia kuin vuosina 1967 ja 1975. Ilmiön selityksenä lienee vuotuisen vaihtelu neulasten ravinnepitoisuuksissa.

Kalipitoisuudet ovat vuoden 1967 analyysissä K- ja PK-sarjoissa korkeammat sekä P-sarjassa hieman matalammat kuin 0-koealoilla. Kalisarjassa pelkkä fosforijatkolannoituskin on nostanut K-pitoisuudet optimitasolle. Kalijatkolannoitus P-sarjassa v.1972 on nostanut K_n -arvot optimitasolle jo vuoteen -73 mennessä, mutta sen jälkeen pitoisuudet ovat kääntyneet laskuun. PK-jatkolannoituksen jälkeen nousu on jatkunut ainakin vuoteen 1975 asti.

Taulukko 6. Lannoitusten vaikutus neulasten pääravinnepitoisuuksiin.

Koe- alat	Lannoitukset kg/ha				Neulasten pääravinnepitoisuudet								
	1957		1972		N _n %			P _n %			K _n %		
	P	K	P	K	-67	-73	-75	-67	-73	-75	-67	-73	-75
5	-	-	-	-	1,51	2,00	1,68	1,1	0,8	1,2	3,5	2,9	3,4
18	-	-	-	-	1,68	-	1,63	1,1	-	1,4	3,5	-	2,7
13	-	-	-	-	1,68	-	2,05	1,3	-	1,2	2,5	-	2,9
5b	-	-	86	100	1,51	1,67	1,40	1,1	1,1	1,2	3,5	4,0	4,4
18c	-	-	86	100	1,68	-	1,57	1,1	-	2,2	3,5	-	5,6
13b	-	-	86	200	1,68	-	1,59	1,3	-	1,8	2,5	-	4,7
2	-	83	-	-	1,50	1,96	1,98	1,1	0,9	1,2	4,0	3,2	3,8
3	-	125	-	-	1,62	1,85	1,97	1,0	0,9	1,2	3,8	3,0	3,1
4	-	208	-	-	1,46	1,65	1,88	1,0	0,9	1,1	3,8	3,2	4,2
2b	-	83	86	-	1,50	1,81	1,81	1,1	1,0	1,3	4,0	4,5	5,8
3b	-	125	86	-	1,62	1,53	1,58	1,0	1,3	2,3	3,8	4,8	5,6
4b	-	208	86	100	1,46	1,43	1,69	1,0	1,3	2,3	3,8	4,9	5,3
8	24	-	-	-	1,30	1,72	1,80	1,6	0,9	1,3	2,3	2,6	2,7
9	49	-	-	-	1,46	1,53	1,72	2,3	1,4	1,6	2,5	2,3	2,6
10	73	-	-	-	1,64	1,67	1,96	2,4	1,5	2,1	2,3	2,4	2,3
11	122	-	-	-	1,37	1,53	1,70	2,5	1,6	2,0	2,5	2,3	2,2
8a	24	-	43	200	1,30	1,89	1,89	1,6	1,0	1,4	2,3	4,5	5,0
9d	49	-	-	200	1,46	1,45	1,51	2,3	1,2	1,2	2,5	5,1	4,4
10c	73	-	-	200	1,64	1,47	1,56	2,4	1,4	1,5	2,3	5,5	4,7
11a	122	-	-	200	1,37	1,61	1,88	2,5	1,8	2,2	2,5	2,7	2,4
20	24	125	-	-	1,42	1,97	2,10	1,2	0,8	1,1	3,8	3,0	2,7
21	49	125	-	-	1,39	1,89	2,12	1,5	1,0	1,3	4,3	3,3	3,0
16	73	125	-	-	1,32	-	2,02	1,8	-	1,3	4,0	-	2,6
20a	24	125	86	100	1,42	1,85	1,64	1,2	1,2	2,0	3,8	4,0	4,2
21a	49	125	43	-	1,39	1,63	1,69	1,5	1,3	1,7	4,3	3,4	2,8

4. TULOSTEN TARKASTELU

Tarkasteltavana olevan koekentän ensimmäisessä ravinnetilanalyysissä todettiin, että pääravinteista eniten puutetta oli fosforista, sitten kaliumista ja typpeä oli kriteerien (s. 5) mukaan riittävästi puuston kasvua ajatellen (PAARLAHTI ym. 1971, s. 40). Tätä käsitystä tukevat vuoden 1957 lannoituskokeen tulokset: paras kasvutulos saatiin PK-lannoituksella ja juuri fosforimäärän muuttuminen aiheutti vaihtelua pituuskasvussa. Tätä taustaa vasten neulasanalyyseistä saadut jatkolannoitusviitteet tuntuvat loogisilta - ovathan kaikki jatkolannoitetut koealat saaneet sekä fosforia että kalia, kun lannoituskäsittelyt ajatellaan yhdistetyiksi.

Taulukkoon 7 on yhdistetty luvussa 3 esitetyt kasvutulokset. Koealat on ryhmitelty peruslannoituksen mukaan. PK-sarjat on jaettu kahteen ryhmään; IV:ssä ovat ne koealat, joilla peruslannoituksen vaikutus on loppunut tai selvästi loppumassa v.1973 ja V:ssä ne, joilla vaikutus selvästi ulottuu jaksolle 1976-79. Vaikka saman ryhmän koealat eivät ole saaneet samaa lannoituskäsittelyä, antavat kasvukeskiarvot jonkinlaisen kuvan siitä, miten jatkolannoitus kussakin ryhmässä on onnistunut.

Vuoden 1972 lannoitus näyttää lisänneen kasvua eniten vertailuryhmässä ja P-sarjassa hieman enemmän kuin K-sarjassa. PK-sarjassa on päästy samaan pituuskasvuun kuin vertailuryhmässä, mutta havaintoja on vain kaksi.

V.1975 jatkolannoitus on onnistunut tasaisemmin kuin aiempi. Luonnollinen selitys tälle on se, että 1972:n jatkolannoitusta varten neulasanalyysit tehtiin viisi vuotta ennen lannoitusta. Näin

pitkänä aikana ehtivät turpeeseen varastoituneet ravinteet vähentyä ja ravinneolot muutenkin muuttuvat, kuten vuoden 1973 analyyseistä on todettavissa. Jälkimmäistä jatkolannoitusta varten neulasanalyysit tehtiin lannoitusta edeltävänä keväänä ja tuloksena on jokseenkin yhtä suuri kasvunlisäys kaikissa ryhmissä. - Jatkolannoitusten vaikutuksen kestoajasta ei vielä ole tietoa.

Ryhmittelemällä koealat niiden saaman jatkolannoituksen mukaan (taulukot 8 ja 9) on pyritty selvittämään onko P-, K- tai PK-jatkolannoitustarpeen ennustettavuudessa eroja. PAARLAHTI ym. (1971, s. 28) päättelivät neulasten ravinnepitoisuuksien ja pituuskasvun välisistä korrelaatioista, että parhaiten ennustettavissa on fosforin tarve, varsinkin PK-lannoituksen jälkeen. Koska tällä koekentällä vain kahdelle osakoealalle on annettu pelkkää fosforia jatkolannoituksessa, ei tätä päätelmää voida kumota, vaikka kasvureaktio onkin jäänyt heikohkoksi. Parhaaseen pituuskasvuun on joka tapauksessa päästy PK-jatkolannoituksella molemmilla lannoituskerroilla. Myös pelkän kalin puute on pystytty kasvusta päätellen ennustamaan melko hyvin.

Neulasanalyysitulosten tulkinnassa on otettava huomioon, että mm. aiemmat lannoitukset vaikuttavat huomattavasti neulasten ravinnepitoisuuksiin, mikä tälläkin koekentällä ilmenee lannoitusten jälkeisissä neulasanalyyseissä. Jonkin ravinteen lisääminen on aiheuttanut vastaavan pitoisuuden suhteellista lisääntymistä neulasissa ja muiden pääravinteiden (N, P, K) pitoisuuksien suhteellista alenemista. Selvimmin tämä näkyy silloin, kun lisätty ravinne on ollut puiden kasvun kannalta minimitekijä.

Taulukko 7. Vallitsevan puuston keskimääräinen vuotuinen pituuskasvu jaksoilla 1973-75 ja 1976-79 peruslannoitusryhmittäin

Ryhmä	Koealat	Lannoitus v. 1957		ri %	Pituuskasvu, cm/v									
		P kg/ha	K kg/ha		1973-75	1976-79	ei jatko-	jatko-						
					ei jatko-	lann.	lann.	lann.	lann.	lann.	lann.	lann.	lann.	
					lann.	1972	1972	1972	1972	1972	1972	1972	1972	
					\bar{i}_h	(n)	\bar{i}_h	(n)	\bar{i}_h	(n)	\bar{i}_h	(n)	\bar{i}_h	(n)
I	5, 13,	-	-	32	20	(13)	37	(3)	18	(9)	35	(3)	33	(4)
	18, 24													
II	1, 2,	-	42-	22	23	(13)	34	(3)	18	(9)	29	(3)	33	(4)
	3, 4		208											
III	8, 9,	24-	-	31	26	(12)	36	(4)	18	(8)	28	(4)	34	(4)
	10, 11	122												
IV	14,	73-	42	12	25	(10)	38	(2)	19	(7L)	32	(2)	33	(3)
	20, 21	24-49	125											
V	15, 16, 17,	73	83-208	32	34	(20)	-		25	(15)	-		38	(5)
	22, 23	73-122	125											

Taulukko 8. Vallitsevan puuston keskimääräinen vuotuinen pituuskasvu jaksoilla 1973-75 ja 1976-79 vuoden 1972 jatkolannoitusryhmissä

Ryhmä	n kpl	Jatkolannoitus 1972 kg/ha		Perus- lannoite	\bar{i}_h , cm/v	
		P	K		1973-75	1976-79
I	9	-	-	-	21	18
II	3	-	200	P	37	29
III	2	43-86	-	(P)K	32	26
IV	1	43	200	P	33	25
V	5	86	100	0, (P)K	38	34
VI	1	86	200	0	33	35

Taulukko 9. Vallitsevan puuston keskimääräinen vuotuinen pituuskasvu jaksoilla 1973-75 ja 1976-79 vuoden 1975 jatkolannoitusryhmissä

Ryhmä	n	Jatkolannoitus 1975 kg/ha		Perus- lannoite	\bar{i}_h , cm/v	
		P	K		1973-75	1976-79
I	9	-	-	-	21	18
II	3	-	200	P(K)	29	34
III	1	43	200	P	21	33
IV	4	86	100	(P)K	26	34
V	11	86	200	0, PK	25	35

P- tai K-peruslannoituksen saaneilla koealoilla lannoitus näkyi neulasten ravinnepitoisuuksissa vielä 18 vuotta lannoituksen jälkeen eli selvästi pitempään kuin se näkyi puiden pituuskasvussa. Tämä ilmiö, jonka selitys lienee fysiologinen, on omiaan hankaloittamaan pelkkien neulasanalyysitietojen käyttöä uusintalannoitustarvetta arvioitaessa - tueksi tarvitaan tietoja edellisestä lannoituksesta ja puuston kasvun kehityksestä.

Joillakin koealoilla neulasanalyysit viittaavat siihen, että ensimmäisessä lannoituksessa annettu ravinne (K tai P), jota puusto ei ole kyennyt käyttämään, on otettu käyttöön sitten, kun jatkolannoituksessa on annettu toista, minimitekijäksi jäänyttä ravinnetta. Lannoitusten välisen ajan - 15 tai 18 vuotta - ainakin osa ensimmäisestä lannoitteesta on ilmeisesti säilynyt puustolle käyttökelpoisessa muodossa.

Neulasten typpipitoisuuksissa havaittu nousu lähes kaikilla koealoilla lienee osoitus joko typen mobilisaation voimistumisesta, vuoden 1957 lannoituksen vaikutuksen vähenemisestä tai hivenravinneongelmista, joihin toisinaan törmätään avosoiden ojitusalueilla (mm. RAITIO 1978). Kun koekentällä ei kuitenkaan havaittu juuri lainkaan kasvuhäiriöistä kärsiviä puita, lienee ilmiön selitys kahdessa ensin mainitussa seikassa.

Tutkittu koekenttä oli neulasanalyysin tulkinnan kannalta varsin yksinkertainen tapaus; edeltäneet lannoitukset ja alkuperäinen suotyyppi sekä suon luontainen ravinnetila olivat tiedossa ja vesitalous lienee lähellä optimaalista tilaa. Myös puuston pituuskasvun muutoksia oli seuratta. Niinpä yhdenkin ravinteen lisäyksellä on useimmiten päästy hyvään tulokseen. Muutamat epäonnistu-

miset johtuivat ilmeisesti siitä, että peruslannoitus oli vielä pitänyt neulasten ravinnepitoisuuden kohtalaisena, mikä johdatti tulkitsijan harhaan.

Käytännössä rimpisellä saranevalla saatettaisiin jatkolannoituksessa käyttää PK:n lisäksi typpeä (esim. PAAVILAINEN 1979, s. 99), jolta tällä koekentällä neulasanalyysin ansiosta on säästyty. Koska NPK-neulasanalyysi on varsin halpa, on sen käytöstä tällaisessa tapauksessa taloudellista hyötyä, vaikka lannoituskustannuksissa ei otettaisi huomioon mahdollisten lannoitusvirheiden aiheuttamia kasvutappioita. Esim. tässä tapauksessa on välttytty pääravinteiden epätasapainoisuudelta, minkä typen lisääminen ilmeisesti olisi aiheuttanut. Päinvastoin on yksipuolisen peruslannoituksen aiheuttamat lievät epätasapainoisuudet pystytytty jatkolannoituksella ainakin toistaiseksi korjaamaan. Vielä on huomattava, että osa jatkolannoituksista voitiin neulasanalyysitietojen perusteella jättää kokonaan tekemättä kasvun siitä kärsimättä, ja että neulasanalyysi antoi 0-ruuduilla hyvän ohjeen myös ensimmäistä lannoitusta varten.

5. TIIVISTELMÄ

PENTTILÄ, TIMO: Neulasanalyysi turvemaan männikön jatkolannoitus-
tarpeen määrittämisessä.

Suometsätieteen laudaturtyö yleistä metsätutkintoa varten.

30 s. + 1 liites.

Helsingin yliopiston suometsätieteen laitos

Työn ohjaajat: prof. Leo Heikurainen ja Metsäntutkimuslaitoksen
suontutkimusosastolta MML Kimmo Paarlahti.

Säilytetään suometsätieteen laitoksen käsikirjastossa.

Lokakuu 1980.

Työssä tutkittiin neulasanalyysitulosten perusteella tehtyjen
jatkolannoitusten vaikutusta nuoren männikön valtapuuston kasvuun.
Lisäksi tarkasteltiin lannoitusten vaikutusta neulasten pääravin-
nepitoisuuksiin. Tavoitteena oli selvittää neulasanalyysin käyt-
tökelpoisuutta jatkolannoitustarpeen diagnostiikassa.

Aineistona oli Metsäntutkimuslaitoksen Pyhäkosken kokeilualan
lannoituskokeen no 55a 20 koealaa, joille oli v.1957 annettu
P-, K- tai PK -peruslannoitus (4 kontrollikoealaa). V.1972 jatko-
lannoitettiin 12 koealalta neljännes ja v.1975 kaikilta koealoilta
neljännes neulasanalyysi- ja pituuskasvutietojen perusteella.
Jatkolannoitusten vaikutusta tarkasteltiin vertaamalla lannoitet-
tujen osakoealojen ja kontrollikoealojen tunnuksia sekä kunkin
koealan jatkolannoitettujen ja -lannoittamattomien osien tunnuk-
sia. Lannoitusten vaikutusta neulasten pääravinnepitoisuuksiin
tarkasteltiin vv.1967, -73 ja -75 tehtyjen neulasanalyysien valos-
sa.

Neulasanalyysit osoittivat peruslannoituksessa kalia saaneilla
koealoilla P:n + K:n, fosforia saaneilla K:n tai P:n + K:n sekä
fosforia ja kalia saaneilla P:n + K:n puutetta. Lannoittamatto-
milla koealoilla oli P:n + K:n puutetta. Analyysitulokset vastasi
peruslannoituskokeesta saatua tulosta: PK-lannoitus oli paranta-
nut kasvua eniten. Useimmilla koealoilla jatkolannoitus paransi
pituuskasvua yhtä paljon kuin ensimmäinen PK-lannoitus kontrolli-
koealoilla. Kasvutuloksista päätellen neulasanalyysi osoitti par-
haiten PK- ja hyvin myös K-lannoituksen tarpeen. Ravinnepuutteet
ilmenivät paremmin peruslannoituksen vaikutuksen loputtua kuin
sen vielä kestäessä. Neulasanalyysin avulla todettiin myös typen
käytön tarpeettomuus koekentän jatkolannoituksessa ja pystyttiin
korjaamaan yksipuolisen peruslannoituksen aiheuttamat ravinnetilan
epätasapainoisuudet. Neulasanalyysistä saatiin hyvä ohje myös
ensimmäistä lannoituskertaa varten.

Lannoitus lisäsi annetun ravinteen pitoisuutta neulasissa ja alens
muiden pääravinteiden pitoisuuksia. Neulasten typpipitoisuus kui-
tenkin lisääntyi lähes kaikilla koealoilla vuodesta 1967 vuoteen
-75, eniten jatkolannoittamattomilla PK-peruslannoituksen saaneil-
la koealoilla. Lannoitus vaikutti neulasten ravinnepitoisuuksiin
pitempään kuin puuston kasvuun. Ravinnepitoisuuksissa havaittiin
myös lannoituksesta riippumatonta vaihtelua. Mm. näistä syistä
on lannoitustarvetta määrittäessä tarpeen käyttää puuston kas-
vutietoja neulasanalyysin tukena.

KIRJALLISUUS

- HEIKURAINEN, L. 1960. Metsäojitus ja sen perusteet. Helsinki.
- KAUNISTO, S. 1977. Ojituksen tehokkuuden ja lannoituksen vaikutus männyn viljelytaimistojen kehitykseen karuilla avosoilla. Folia For. 317.
- KAUNISTO, S. & PAAVILAINEN, E. 1977. Response of Scots pine to nitrogen refertilization on oligotrophic peat. Commun. Inst. For. Fenn. 92.1.
- LEYTON, L. & ARMSON, K. A. 1955. Mineral composition of the foliage in relation to the growth of Scots pine. For. Sci. 1:210-218.
- PAARLAHTI, K., REINIKAINEN, A. & VEIJALAINEN, H. 1971. Nutritional diagnosis of Scots pine stands by needle and peat analysis. Commun. Inst. For. Fenn. 74.5.
- PAAVILAINEN, E. 1976. Taimistojen lannoitus niukkaravinteisilla soilla. Metsäntutkimuslaitoksen Parkanon tutkimusaseman tiedonantaja 3.
- 1977. Jatkolannoitus vähäravinteisilla rämeillä. Ennakkotuloksia. Folia For. 327.
- 1979. Metsänlannoitusopas, Helsinki.
- PUUSTJÄRVI, V. 1962 a. Turpeen typen mobilisoitumisesta ja sen käyttökelpoisuudesta suometsissä neulasanalyysin valossa. Suo 13.1.
- 1962 b. Suometsien fosforiravitsemuksesta ja neulasten P/N-suhteesta neulasanalyysin valossa. Suo 13.2.
- 1965. Neulasanalyysi männyn lannoitustarpeen ilmentäjänä. Metsätaloudellinen Aikakauslehti 1(1965).
- RAITIO, H. 1978. Pääravinnelannoituksen vaikutus männyn neulasten rakenteeseen ja ravinnepitoisuuksiin ojitetulla karulla avosuolla. Metsäntutkimuslaitoksen Parkanon tutkimusaseman tiedonantaja 7.

Käytetyt lyhenteet ja niiden määritelmät
sekä tarpeelliset selitykset

N_n	neulasten typpipitoisuus, % kuiva-aineesta
P_n	-"- fosforipitoisuus, % -"-
K_n	-"- kaliumpitoisuus, % -"-
$d_{1,3}$	koepuiden aritmeettinen keskiläpimitta 1,3 metrin korkeudella maanpinnasta
\bar{h}_{72}	koepuiden aritmeettinen keskipituus v.1972
\bar{h}_{79}	- " - - " - - " - v.1979
\bar{h}_{73-79}	koepuiden keskimääräinen pituuskasvu jaksolla 1973-79
\bar{i}_h	koepuiden keskimääräinen vuotuinen pituuskasvu
n	koealojen lukumäärä
ri	rimpisyys
peruslan- noitus	koealojen ensimmäinen lannoitus

Kaikki esitetyt lannoitemäärät tarkoittavat alkuainetta kilogrammoina hehtaaria kohti.

