

METSÄNTUTKIMUSLAITOS
JALOSTUSASEMA
01590 MAISALA

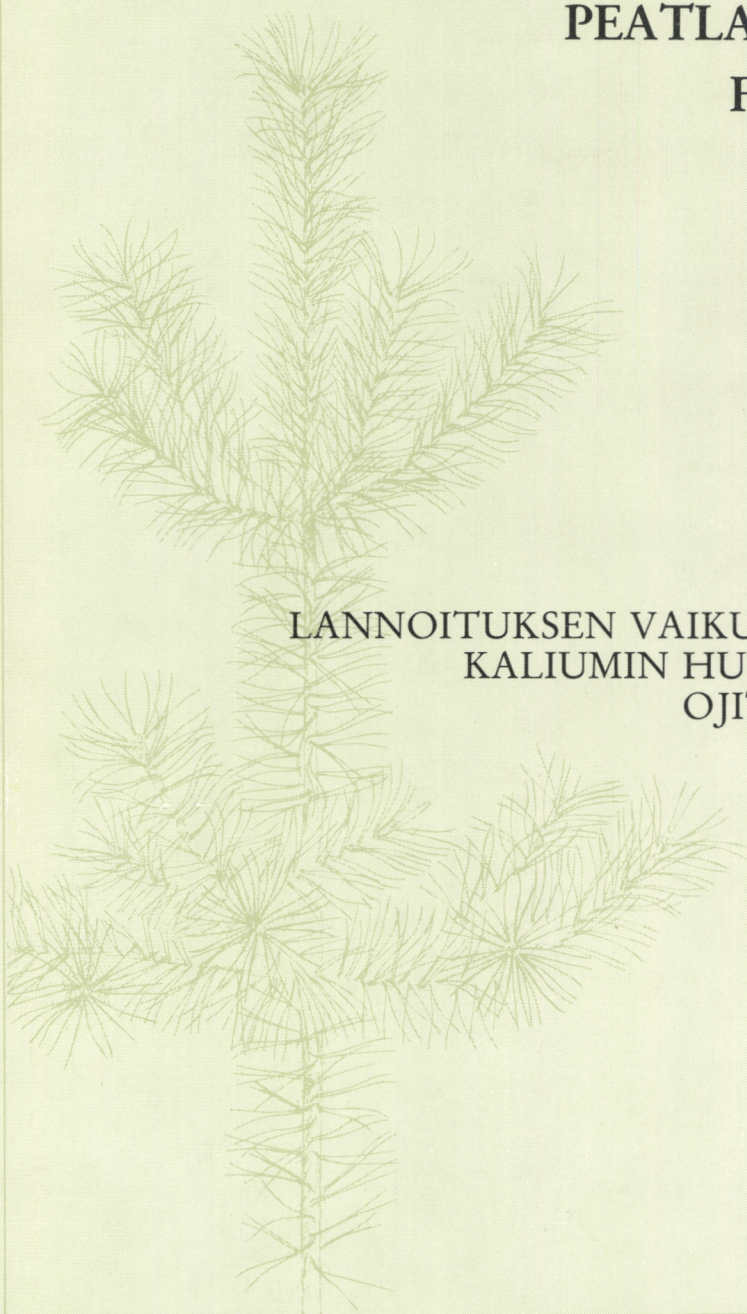
FERTILIZER-INDUCED LEACHING OF
PHOSPHORUS AND POTASSIUM FROM
PEATLANDS DRAINED
FOR FORESTRY

ERKKI AHTI

SELOSTE

LANNOITUKSEN VAIKUTUS FOSFORIN JA
KALIUMIN HUUHTOUTUMISEEN
OJITETUILTA SOILTA

HELSINKI 1983



COMMUNICATIONES INSTITUTI FORESTALIS FENNIAE



THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE (METSÄNTUTKIMUSLAITOS)

Unioninkatu 40 A
SF-00170 Helsinki 17
FINLAND

Director:
Professor Olavi Huikari

Head of Information Office:
Tuomas Heiramo

telex: 125181 hyfor sf
attn: metla/

phone: 90-661 401

Distribution and exchange of publications:

The Finnish Forest Research Institute
Library
Unioninkatu 40 A
SF-00170 Helsinki 17
FINLAND

Publications of the Finnish Forest Research Institute:

- Communicationes Instituti Forestalis Fenniae (Commun. Inst. For. Fenn.)
- Folia Forestalia (Folia For.)
- Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja

Cover (front & back): Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) is the most important tree species in Finland. Pine dominated forest covers about 60 per cent of forest land and its total volume is nearly 700 mil. cu.m. The front cover shows a young Scots pine and the back cover a 30-metre-high, 140-year-old tree.

ERKKI AHTI

FERTILIZER-INDUCED LEACHING OF
PHOSPHORUS AND POTASSIUM FROM
PEATLANDS DRAINED FOR FORESTRY

SELOSTE

LANNOITUKSEN VAIKUTUS FOSFORIN JA KALIUMIN
HUUHTOUTUMISEEN OJITETUILTA SOILTA

HELSINKI 1983

AHTI, E. 1983. Fertilizer- induced leaching of phosphorus and potassium from peatlands drained for forestry. *Seloste: Lannoituksen vaikutus fosforin ja kaliumin huuhtoutumiseen ojitetuilta soilta*. Commun. Inst. For. Fenn. 111:1—20.

Ditch runoff from a peatland area drained for forestry was sampled during May—October for one year before and six years after refertilization with phosphorus and potassium. Raised potassium concentrations were detected during the first snowless period after refertilization, while the phosphorus concentration increased significantly the following year and continued to be high six years after refertilization.

During three years, simultaneous sampling was performed in a corresponding area partly fertilized 13–15 years earlier. Here, no significant differences between fertilized and unfertilized parcels were detected for potassium. Instead, the runoff samples taken from the fertilized parcels contained significantly more phosphorus than did the samples taken from the unfertilized parts of the area.

Ojitusalueelta otettiin ojavesinäytteitä touko—lokuussa PK-jatkolannoitusta edeltäneenä vuonna ja kuutena vuotena sen jälkeen. Korkeita kaliumpitoisuuden arvoja esiintyi vain lannoitusvuoden aikana. Fosforipitoisuudet kasvoivat merkitsevästi vasta seuraavana vuonna ja pysyivät jatkolannoitusta edeltänyttä tasoa korkeammalla havaintojakson loppuun asti.

Vuosina 1980–82 otettiin samanaikaisesti vesinäytteitä vastaavanlaiselta ojitusalueelta, joka oli osittain lannoitettu NPK:lla 13–15 vuotta aikaisemmin. Alueen lannoitettujen osien valumavesien fosforipitoisuus oli edelleen moninkertainen lannoittamattomiin osiin verrattuna. Kaliumpitoisuudet eivät poikenneet merkitsevästi toisistaan.

CONTENTS

1. INTRODUCTION	5
2. EXPERIMENTAL LAYOUT	6
21. Liesneva experiment	6
22. Kivisuo experiment	7
3. METHODS	8
31. Runoff measurements	8
32. Sampling and chemical analysis	8
4. RESULTS	10
41. Leaching of phosphorus and potassium in Liesneva	10
42. Phosphorus and potassium concentrations in Kivisuo	10
5. DISCUSSION AND CONCLUSIONS	13
REFERENCES	14
SELOSTE	15
APPENDIXES	17

PREFACE

Since the 1950's, a number of so-called ditch spacing experiments were established on peat soil by the Department of Peatland Forestry, the Finnish Forest Research Institute. The aim of the experiments was to study the influence of varying ditching intensity on tree growth and hydrology. In the Liesneva experiment the main interest was concentrated on hydrology (cf. Huikari 1959), and later, fertilization studies were started. In 1975, before refertilizations in 1977 and 1978, the water quality aspect was included in the research activity of the area: in spite of weaknesses in experimental layout a preliminary survey based on ditch water sampling and runoff measurements was started.

The survey was partly financed by the National Board of Forests. Prof. Eero Paavilainen, Dr. Juhani Päivänen, Dr. Seppo Kaunisto, Dr. Michael Starr, and Antti Reinikainen, Lic. Phil., greatly assisted in completing the manuscript. Mrs. Arja Ylinen and Miss Kirsti Mattila performed the time-consuming and laborious laboratory analyses. The computations were done by Mr. Lauri Hirvisaari and Mr. Markku Nikola.

I wish to express my sincere gratitude to all the persons mentioned above as well as the National Board of Forests.

Parkano November 1982

Erkki Ahti

1. INTRODUCTION

In Finland, phosphorus and potassium are commonly used in peatland forest fertilization. Some earlier studies (Karsisto 1970, Karsisto and Ravela 1971) have shown that compared to the amount of fertilizers applied, leaching of fertilizer phosphorus from peatland forests can be regarded as negligible.

In acid mineral soils, fertilizer phosphorus is tightly bound in the soil and biomass through formation of aluminium and iron phosphates and uptake by the vegetation. Also in peat soils, retention of phosphorus is closely connected with iron and especially aluminium (Kaila 1959). Presumably because of the low content of these elements (Ranikko and Hartikainen 1980), acid *Sphagnum* peats have been shown to have a low capacity to bind water soluble phosphates (Karsisto

1970, Fox and Kamprath 1971). Hence, it has been assumed that the low leaching rates found for phosphorus are due to the slowly soluble rock phosphates used in Finland rather than chemical fixation in peat.

Potassium is more mobile in the soil than phosphorus and fertilizer potassium has been shown by the same authors to leach more readily from peat soils. However, leaching of potassium has been considered a pollution risk of minor importance (Särkkä 1970, Harriman 1978).

In this paper, long term leaching of fertilizer phosphorus and potassium is discussed on the basis of phosphorus and potassium concentrations of runoff water measured during seven successive years. Additional data from an old fertilization area is examined.

2. EXPERIMENTAL LAYOUT

21. Liesneva experiment

The Liesneva area (61°59' N, 23°15' E, 150 m a.s.l.) was predrained (ditch spacing 200–250 m) as early as in 1915. In the site classification system described by Heikurainen and Pakarinen (1982), the original site type was cottongrass pine bog with patches of ordinary small sedge bog. The present ditch network originates from 1955 (Huikari 1959). Ditch spacing varies from 5 to 100 meters (Fig. 1); the ditches, still functioning satisfactorily, originally were 0.8 m deep.

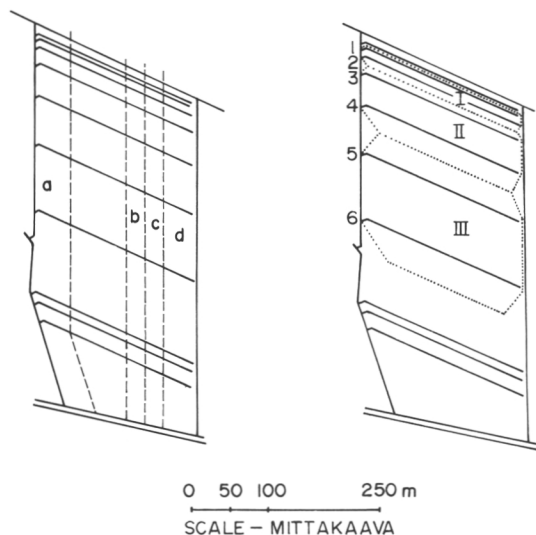


Figure 1. The experimental layout at Liesneva, Fertilizer treatments: a) 400 kg/ha ammonium sulfate, 300 kg/ha ground rock phosphate, 100 kg/ha potassium chloride in 1961; b) 500 kg/ha PK in 1961, 217 kg/ha urea in 1978; c) 500 kg/ha PK in 1965, 500 kg/ha PK and 400 kg/ha amm. nitrate in 1977; d) 500 kg/ha PK in 1965. Catchment areas: I, II, and III. Sampling points: 1–6.

Kuva 1. Liesnevan koejärjestely. Lannoituskäsittelyt: a) 400 kg ounsulnsapetaria, 300 kg bienofosfaattia ja 100 kg kalisuolaa hehtaarille vuonna 1961; b) 500 kg PK-lannosta hehtaarille vuonna 1961, 217 kg ureaa hehtaarille vuonna 1978; c) 500 kg PK-lannosta hehtaarille vuonna 1965, 500 kg PK-lannosta ja 400 kg ounsulnsapetaria hehtaarille vuonna 1977; d) 500 kg PK-lannosta hehtaarille vuonna 1965. Valuma-alueet: I, II ja III. Näytteenottopisteet: 1–6.

Average slope is approximately 0.5/100 meters. The tree stand is dominated by Scots pine (*Pinus sylvestris*). According to a systematic circular plot survey carried out in 1979, the volume of the stand varied with spacing as follows:

Spacing, m	5	10	20	40	60	80	100
Volume, m ³ /ha	98.1	93.1	73.4	52.7	35.4	24.2	25.7

In 1961 a strip across the ditches was fertilized by using 400 kg of ammonium sulphate (N 20.5 %), 300 kg of ground rock phosphate (P 14.4 %), and 100 kg of potassium chloride (K 41.5 %) per hectare (See Fig. 1). In 1965, another strip was treated with 500 kg of commercial PK-fertilizer (P 7.2 %, K 14.0 %) per hectare. In 1977 and

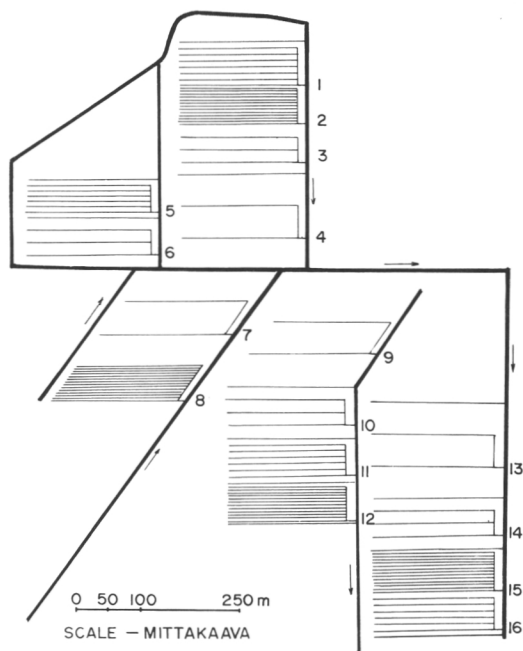


Figure 2. The experimental layout at Kivisuo. Sampling points: 1–6.

Kuva 2. Kivisuon koejärjestely. Näytteenottopisteet: 1–16.

1978, the latter strip was partly refertilized as follows:

1977: 500 kg of commercial PK-fertilizer (P 8.3 %, K 15.8 %, P as rock phosphate) per hectare

400 kg of commercial ammonium nitrate fertilizer (N 27.5 %) per hectare

1978: 217 kg of urea (N 46 %) per hectare.

In 1977 and 1978, the fertilizer was applied by hand carefully avoiding the ditches.

22. Kivisuo experiment

The Kivisuo area (61°53' N, 25°58' E, 125 m a.s.l.), here used for comparison, was drai-

ned in 1966–67. The area is divided by ditches into 16 hydrological units, which differ from each other with respect to spacing (5, 10, 20, and 50 m), ditch depth (0.4 and 0.8 m), and tree stand (parcels 1–8: Scots pine, parcels 9–16: treeless; see Fig. 2). The original site types are:

parcels 1–8: cottongrass pine bog – small sedge pine bog
parcels 9–16: small sedge bog — *fuscum* bog.

In 1967, parcels 1–8 were fertilized with 600 kg of commercial NPK-fertilizer (N 14 %, P 7.9 %, K 8.3 %; P as easily soluble superphosphate) per hectare. The 0.4 m ditches were cleaned to their original depth in 1976.

3. METHODS

31. Runoff measurements

In the Liesneva area, discharge was measured five times weekly in the snowless period at observation points 1-6 (see Fig. 1) by using a stop watch and a fixed-volume vessel.

To be able to estimate runoff (see Fig. 3), the water dividers between the ditches were approximated as follows:
If we denote

$$z_1 = \frac{a}{b} \cdot x \text{ and } z_2 = \frac{a}{b} \cdot (b-x) \quad (1)$$

where

$\frac{a}{b}$ = slope

x = distance between water divider and upper ditch

b = spacing,

the relative gradients to the two ditches are

$$\text{grad}_1 = \frac{H - z_1 - h}{x} \text{ and } \text{grad}_2 = \frac{H + z_2 - h}{b-x} \quad (2)$$

where

H = ditch depth

h = distance to the water table at water divider.

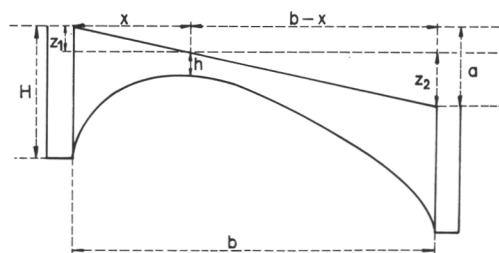


Figure 3. Schematic cross section of the drainage profile: b = spacing, H = ditch depth, h = distance to the water table at water divider, x , z_1 , and z_2 variables used in approximating the water divider with equation (3).

Kuva 3. Kuivatusprofiilin poikkileikkauksen kaavio: b = sarkaleveys, H = ojasyvyys, h = pohjavesipinnan syvyys vedenjakajalla, x , z_1 ja z_2 vedenjakajan sijainnin laskennassa käytettyjä muuttujia (ks. yhtälö (3)).

By assuming $\text{grad}_1 = \text{grad}_2$ at water divider, and by solving with respect to x , we get

$$x = \frac{a + H - h - (a + H - h)^2 - 2a(H - h)}{2(a/b)} \quad (3)$$

By inserting 0.005 as slope, following distances of water divider from upper ditch are arrived at:

Spacing, m	Distance to water table at water divider, m			
	0.1	0.2	0.3	0.4
	Distance of water divider from upper ditch, m			
5	2.5	2.4	2.4	2.4
10	4.8	4.8	4.8	4.7
20	9.3	9.2	9.0	8.8
40	17.2	16.8	16.1	15.3
60	23.8	22.9	21.7	20.0
80	29.4	27.9	26.0	23.4
100	34.0	31.9	29.3	26.0

The location of the water divider appears to vary as a function of water table depth. Hence, changes in the catchment area of the ditches due to water table fluctuations could be expected. However, because of the systematic layout and the fact that simultaneous water divider shifts in the same logical direction can be assumed for adjacent spacings, this source of variation in time was not taken into consideration.

On the basis of mean distance to the water table, slope, and formula (3), three flow areas (I-III, Fig. 1) corresponding to 5-10, 20-40, and 60-80 meter spacings were approximated.

32. Sampling and chemical analysis

In Liesneva area, water samples were taken once a week in 1975-79 and 1982 and twice a month in 1980-81. Before analysis the samples were kept at +5°C. Because a commercial laboratory (Viljavuuspalvelu Oy) had to be used in 1975-80 the storage

time varied and on occasions was as long as 3 months. In 1981–82 the samples were analyzed at Parkano Research Station within 24 hours of sampling. Total phosphorus was determined colorimetrically with the molybdenum blue method by using ascorbic acid as the reductant. Standard methods of atom absorption spectrophotometry were used for determining potassium.

In 1980–82, simultaneous sampling was

performed in the Kivisuo area. In 1980, the chemical analyses were done in the commercial laboratory. In 1981–82 the cooled samples were transported in styrox boxes to Parkano Research Station, where analysis could be started within 48 hours of sampling.

For comparability, 30 of the 1981 samples were analyzed both at Parkano Research Station and the commercial laboratory (Appendixes 7–8).

4. RESULTS

41. Leaching of phosphorus and potassium at Liesneva

In the year of refertilization (1977), no logical change in the concentration of total phosphorus could be observed. However, the concentration increased in 1978 and was still high in 1982 (Table 1, Appendixes 1-3).

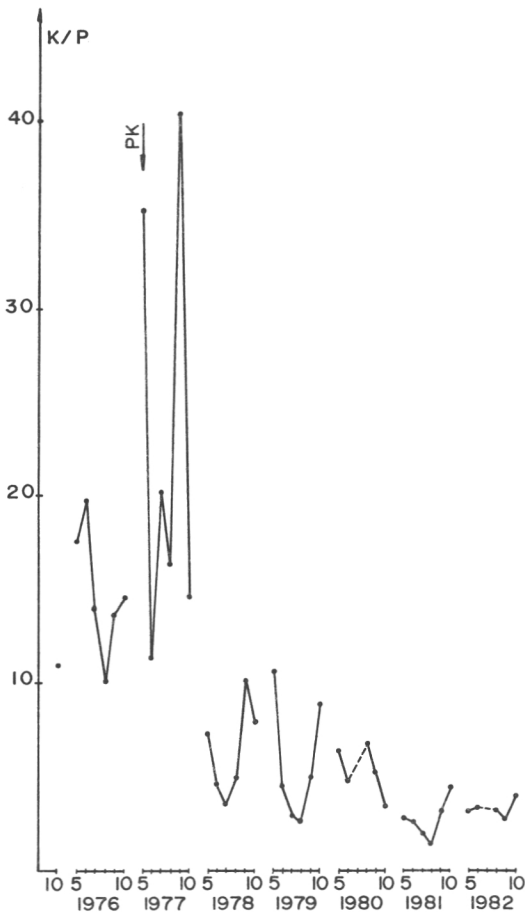


Figure 4. Monthly averages of the K/P-ratio plotted against time. Liesneva 1976-82.

Kuva 4. K/P-suhteen kuukausikeskiarvot ajan funktiona. Liesneva 1976-82.

This change was accompanied by a considerable increase in the variation between adjacent sampling points.

Sporadic high potassium concentrations occurred in May immediately after fertilization and during August-September (Appendixes 4-6). No pronounced peak was observed. This may partly be because of a too long sampling interval (1 week). The mean concentration did not increase. In 1978-82 the potassium concentrations were even lower than before fertilization (Table 2).

Because no reference area was available, the effect of fertilization on the total load of phosphorus and potassium could not be estimated.

In order to make the overall change in water quality better discernable, K/P-ratios were calculated by using mean concentrations weighted with monthly runoff values (Table 3). The ratio varied from 13.7 to 22.9 in 1976, increased to between 19.8 and 42.6 in 1977, and dropped below 10.0 in 1978 without any clear tendency to increase by the end of 1982. In Figure 4 the monthly unweighted averages are plotted against time.

42. Leaching of phosphorus and potassium at Kivisuo

In 1980-82, 13-15 years after fertilization, the phosphorus concentration of runoff water still was considerably higher than in the unfertilized control parcels (Table 4). Assuming 100 mm runoff during the snowless period, the difference corresponds

to an increase in the total load of phosphorus by 60–90 g/ha. Instead, the difference in potassium concentration was insignificant. Part of the differences in phosphorus concentration might be due to differences in original site type as well as tree stand effects. However, the tree stand being rather sparse

(less than 10 m³/ha), and the K/P-ratio being fivefold in the unfertilized parcels during all three years of observation, the implication that long term effects are involved even when applying superphosphate is rather strong.

Table 1. Mean phosphorus concentration (P) weighted by monthly runoff, runoff (q), and phosphorus load (L_p) at Liesneva 1976–1982.
Taulukko 1. Valumavesien kuukausivalunnalla painotettu keskimääräinen fosforipitoisuus (P), valunta (q) ja fosforikuormitus (L_p) Liesnevalla 1976–1982.

Year Vuosi	Spacing — <i>Sarkaleveys</i>								
	5–10 m			20–40 m			60–80 m		
	P mg/l	q mm	L _p g/ha	P mg/l	q mm	L _p g/ha	P mg/l	q mm	L _p g/ha
1976	.065	64.1	41.6	.070	51.7	36.1	.028	51.4	13.2
1977	.039	171.6	67.3	.049	138.2	67.5	.019	147.7	27.4
1978	.091	92.1	83.8	.098	71.0	69.3	.037	67.5	24.8
1979	.064	116.7	74.7	.116	100.5	116.3	.036	95.9	34.9
1980	.067	130.5	87.8	.134	100.7	133.9	.063	100.5	63.0
1981	.174	283.4	495.5	.182	218.3	398.6	.051	210.6	106.5
1982	.110	22.6	24.8	.163	16.8	27.3	.041	19.6	7.9

Table 2. Mean potassium concentration (K) weighted by monthly runoff, runoff (q), and phosphorus load (L_k) at Liesneva 1976–1982.
Taulukko 2. Valumavesien kuukausivalunnalla painotettu keskimääräinen kaliumpitoisuus (K), valunta (q) ja kaliumkuormitus (L_k) Liesnevalla 1976–82.

Year Vuosi	Spacing — <i>Sarkaleveys</i>								
	5–10 m			20–40 m			60–80 m		
	K mg/l	q mm	L _k g/ha	K mg/l	q mm	L _k g/ha	K mg/l	q mm	L _k g/ha
1976	1.00	64.1	640	0.96	51.7	497	0.64	51.4	329
1977	0.82	171.6	1404	0.97	138.2	1285	0.81	147.7	1193
1978	0.58	92.1	533	0.71	71.0	501	0.40	67.5	272
1979	0.40	116.7	472	0.51	100.5	506	0.20	95.9	190
1980	0.46	130.5	602	0.44	100.7	437	0.23	100.5	226
1981	0.40	283.4	1453	0.45	218.3	969	0.17	210.6	352
1982	0.29	22.6	66	0.40	16.8	72	0.26	19.6	51

Table 3. K/P-ratios calculated from average concentrations weighted by monthly runoff at Liesneva 1976–81.

Taulukko 3. Kuukausivalunnalla painotettujen keskimääraisten K- ja P-pitoisuuksien suhde Liesnevalle 1976–81.

Year Vuosi	5–10 m	Spacing – Sarkaleveys 20–40 m	60–80 m
1976	15.4	13.7	22.9
1977	21.0	19.8	42.6
1978	6.4	7.2	10.8
1979	6.3	4.4	5.6
1980	6.9	3.3	3.7
1981	2.3	2.5	3.3
1982	2.6	2.5	6.3

Table 4. Mean phosphorus and potassium concentrations of runoff water at Kivisuo 1980–82.

Taulukko 4. Kivisuon valumavesien keskimääräiset fosfori- ja kaliumpitoisuudet vuosina 1980–82.

	1980		1981		1982	
	Fert. Lann.	Unfert. Ei lann.	Fert. Lann.	Unfert. Ei lann.	Fert. Lann.	Unfert. Ei lann.
Number of samples <i>Näytteiden lukumäärä</i>	59	55	80	76	71	65
P, mg/l	0.089	0.016	0.101	0.013	0.109	0.016
K, mg/l	0.10	0.09	0.16	0.10	0.27	0.20
K/P	1.1	5.6	1.6	7.7	2.5	12.5

5. DISCUSSION AND CONCLUSIONS

Because not much has been published on long term effects of fertilization on runoff water quality, the data of Liesneva and Kivisuo can not be compared with many earlier studies. Long term effects of PK-fertilization on phosphorus leaching from Scottish peatlands were reported by Harriman (1978): "Phosphorus continued to be lost to streams three and a half years after the initial fertilization, whereas losses of nitrogen and potassium returned to normal after three and two years respectively". According to Kenttämies (1981), "results from old drained and fertilized peatlands reveal significantly higher phosphorus concentrations compared with unfertilized areas, and it is obvious that the effect of fertilization on phosphorus discharge lasts at least 5–10 years". In their report on the environmental effects of forest drainage, Heikurainen et al. (1978) mentioned that the phosphorus contents of runoff water in drained areas in Southern Finland were on the average 6.5 times higher after PK-fertilization than those of virgin peatlands. According to the same report, ditching itself did not have any effects on the phosphorus concentrations.

In this study, long term effects of fertilization on phosphorus leaching were observed irrespective of whether rock phosphate (Liesneva) or superphosphate (Kivisuo) was applied.

There are several reasons why the Liesneva material cannot be used for quantifying the change caused by fertilization more accurately. First, because of the lack of a reference area and the short calibration period, changes due to fertilization cannot be reliably separated from natural variation in time. Second, the observation periods do

not include winter and maximum spring flow usually characterized by high rates of potassium leaching. According to earlier studies in Finland (Karsisto 1970, Karsisto and Ravela 1971, Särkkä 1970), the phosphorus concentration increased by about 0.02 – 0.035 mg/l during the first year after application. This corresponds to 50–200 g/ha/year or about 0.16–0.46 % of the phosphorus amount applied. In contrast, Harriman (1978) reported an increase by approximately 0.1–0.2 mg/l and an average loss of about 2 kg/ha/year, which corresponds to 4 % of the phosphorus amount applied.

As regards the change in concentration, the data of this study seems to agree better with Harriman's (1978) report than the three Finnish ones. Because of smaller annual precipitation and runoff, the total amount of phosphorus leached assumably remains considerably smaller than reported by Harriman. However, Kauppi (1979) mentions the case of Korpijoki basin, where after partial forest fertilization the concentration of phosphorus was as high as 0.55 mg/l during spring floods, which corresponds to a monthly load of 0.4–0.6 kg/ha.

The long term effect of fertilization at Kivisuo (superphosphate) implies that a considerable amount of fertilizer phosphorus is biologically bound and slowly released from the ecosystem. The effect of refertilization on the phosphorus concentrations at Liesneva (rock phosphate), where only 10 % of the area was fertilized, suggests as well that leaching of fertilizer phosphorus is largely governed by other factors than merely the solubility of the phosphorus fraction in the fertilizer.

REFERENCES

- FOX, R.L., & KAMPRATH, E.J. 1971. Adsorption and leaching of P in acid organic soils and high organic matter sand. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 35:154-156.
- HARRIMAN, R. 1978. Nutrient leaching from fertilized forest watersheds in Scotland. *J. Appl. Ecol.* 15:933-942.
- HEIKURAINEN, L., KENTTÄMIES, K., & LAINE, J. 1978. The environmental effects of forest drainage. Lyhennelmä: Metsäojituksen ympäristövaikutukset. *Suo* 29 (3-4): 49-58.
- & PAKARINEN, P. 1982. Mire vegetation and site types. In "Peatlands and their utilization in Finland", pp. 14-23. Helsinki 1982.
- HUIKARI, O. 1959. Metsäojitettujen soiden vesitaloudesta. Referat: Über den Wasserhaushalt waldentwässerter Torfböden. *Commun. Inst. For. Fenn.* 51.2:1-45.
- KAILA, A. 1959. Retention of phosphate by peat samples. Selostus: Turvenäytteiden fosforin pidätyksestä. *J. Sci. Agr. Soc. Finland* 31(3):215-225.
- KARSISTO, K. 1970. Lannoituksessa annettujen ravinteiden huuhtoutumisesta turvemailta. Summary: On the washing of fertilizers from peaty soils. *Suo* 21 (3-4):60-66.
- & RAVELA, H. 1971. Eri ajankohtina annettujen fosfori- ja kalilannoitteiden huuhtoutumisesta metsäojitusalueilta. Summary: Washing away of phosphorus and potassium from areas drained for forestry and topdressed at different time of the year. *Suo* 22 (3-4):39-46.
- KAUPPI, L. 1979. Effect of drainage basin on the diffuse load of phosphorus and nitrogen. Tiivistelmä: Valuma-alueen vaikutus fosforin ja typen hajuormitukseen. *Publ. Water Res. Inst., National Board of Waters*, 30:21-41.
- KENTTÄMIES, K. 1981. The effects on water quality of forest drainage. *Publ. Water Res. Inst., National Board of Waters*, 43:24-31.
- RANNIKKO, M., & HARTIKAINEN, H. 1980. Retention of applied phosphorus in Sphagnum peat. *Proc. 6th Int. Peat Congr., Duluth, Minnesota*, 1980, pp. 666-669.
- SÄRKKA, M. 1970. Metsänlannoituksen vaikutus vesistöissä. Summary: On the influence of forest fertilization on watercourses. *Suo* 21 (3-4):67-74.

SELOSTE

Lannoituksen vaikutus fosforin ja kaliumin huuhtoutumiseen ojitetuilta soilta

Johdanto

Suometsien lannoitus on Suomessa pääasiassa PK-lannoitusta. Aikaisemmat tutkimukset ovat osoittaneet, että lannoitefosfori sitoutuu tiukasti turpeeseen ja huuhtoutumista tapahtuu vähän (Karsisto 1970, Karsisto ja Ravela 1971, Särkkä 1970). Toisaalta on huomautettu, että pienetkin fosforikuormituksen lisäykset saattavat olla vesistöjen kannalta kriittisiä (Särkkä 1970).

Kaliumia on todettu huuhtoutuvan enemmän, mutta tätä ei ole pidetty vesistöjen kannalta riskitekijänä.

Seuraavassa tarkastellaan PK-lannoituksen pitkäaikaisvaikutuksia seitsemän vuoden aikana tehtyjen viikottaisten vesianalyysien avulla.

Koealueet

Liesnevan koealue sijaitsee Parkanon kunnassa ja on ollut tutkimuskohteena aikaisemminkin (Huikari 1959). Suo ojitettiin 200–250 m:n sarkoihin jo vuonna 1915. Alkuperäinen suotyyppi vaihtelee tupasvillärämeestä lyhytkortiseen nevaan. Nykyinen ojaverkosto, jonka sarkaleveys vaihtelee viidestä sataan metriin, on tehty vuonna 1955. Alkuperäinen ojasyvyys on 0.8 metriä. Mäntyvaltaisen puuston kuutiomäärä oli vuonna 1979 kapeimmilla saroilla n. 100 m³/ha ja leveimmillä n. 25 m³/ha. Koejärjestely on esitetty kuvassa 1.

Kivisuon sarkaleveyskoe sijaitsee Leivonmäen kunnassa. Alueella on suoritettu hydrologisia mittauksia vuodesta 1967 lähtien, jolloin ojasto kaivettiin. Koealue käsittää 16 ojilla toisistaan erotettua keinotekoista valuma-aluetta (Kuva 2), joiden pinta-ala vaihtelee sarkaleveydestä riippuen 1.2:sta 2.0:aan hehtaariin. Käytetyt sarkaleveydet ovat 5, 10, 20 ja 50 m, joten alue edustaa keskimäärin suhteellisen tehokasta ojitusta. Ojasyvyyskäsittelyjä on kaksi: 0.4 ja 0.8 m. Matalammat ojat perattiin alkuperäiseen syvyyteensä vuonna 1976. Alkuperäinen suotyyppi vaihtelee lohkoilla 1–8 (vrt. kuva 2) tupasvillärämeestä lyhytkortiseen rämeeseen ja lohkoilla 9–16 lyhytkortisesta nevasta rahkanevaan. Lohkot 1–8 ovat puustoisia (kuutiomäärä < 10 m³/ha) ja lohkot 9–16 täysin puuttomia. Vuonna 1967 puustoiset lohkot lannoitettiin 600 kg/lla Y-lannosta (N 14 %, P 7.9 %, K 8.3 %) hehtaaria kohti.

Mittausmenetelmät

Liesnevan koealueella valunta mitattiin vuosina 1976–81 keskimäärin viisi kertaa viikossa sarkaojien päihin asennetuista peltikouruista tilavuusmitalla ja sekuntikellolla. Vuonna 1982 valunta mitattiin kerran viikossa. Yhtälöä (3) käyttäen laskettiin valuma-aluei-

den leveydet kolmelle ojaparille (kuva 1), jotka vastasivat 5–10, 20–40 ja 60–80 metrin sarkaleveyksiä.

Vesinäytteet otettiin Liesnevalla kerran viikossa vuosina 1980–81 lukuunottamatta, jolloin näytteet otettiin kaksi kertaa kuukaudessa. Ennen kemiallista analyysiä näytteitä säilytettiin +5°C:n lämpötilassa. Vuosina 1976–80, jolloin analyysit suoritettiin Viljavuuspalvelu Oy:n laboratoriossa, näytteitä jouduttiin säilyttämään Parkanossa eräissä tapauksissa jopa kolme kuukautta. Vuosina 1981–82 analyysit suoritettiin välittömästi näytteenoton jälkeen Metsäntutkimuslaitoksen Parkanon tutkimusasemalla. Kokonaisfosfori määritettiin spektrofotometrisesti molybdeenisimenetelmällä. Kalium määritettiin atomiabsorptiospektrofotometrin avulla. Vertailukelpoisuuden varmistamiseksi osa näytteistä analysoitiin sekä Parkanossa että Viljavuuspalvelussa (liitteet 7–8).

Vuosina 1980–82 näytteitä otettiin vertailumielessä myös Kivisuon koealueelta. Vuonna 1980 analyysit suoritettiin Viljavuuspalvelussa. Vuosina 1981–82 näytteet kuljetettiin kylmälaukuissa Parkanoon, missä kemialliset analyysit voitiin aloittaa noin kahden vuorokauden kuluttua näytteenotosta.

Tulokset

Liesnevan valumavesien fosforipitoisuuksissa ei havaittu lannoituksen vaikutusta lannoitusvuonna 1977, mutta pitoisuudet kohosivat vuonna 1978 ja olivat vuonna 1982 edelleen huomattavasti lannoitusta edeltänyt tasoa korkeampia (taulukko 1, liitteet 1–3). Yksittäisiä poikkeuksellisen korkeita kaliumpitoisuuksia esiintyi lannoitusvuoden toukokuussa sekä elo–syyskuussa, mutta selvää huuhtoutumishuippua ei havaittu. Keskimääräinen kaliumpitoisuus ei kasvanut. Vuosina 1978–82 kaliumpitoisuudet olivat jopa alempia kuin ennen lannoitusta (taulukko 2, liitteet 4–6).

Valumavesien K/P-suhde oli lannoitusvuonna selvästi korkeampi kuin ennen lannoitusta, mutta laski vuonna 1978 huomattavasti ennen lannoitusta vallinneen tason alapuolelle (taulukko 3, kuva 4). Suhdelukusarjan voidaan tulkita ilmentävän kaliumin ja fosforin erilaista huuhtoutumista. Suhdeluku on suurimmillaan lannoitusvuonna, jolloin kaliumia on huuhtoutunut enemmän kuin ennen lannoitusta; vuodesta 1978 lähtien lannoitekaliumia ei enää ole huuhtoutunut, mutta sen sijaan fosforia on huuhtoutunut enemmän kuin ennen lannoitusta.

Siitä huolimatta, että Kivisuolla käytettiin Y-lannosta, jonka sisältämä fosfori on helppoliukoista superfosfaattia, lannoitettujen lohkojen valumavesien fosforipitoisuus oli vielä 13–15 vuotta lannoituksen jälkeen moninkertainen lannoittamattomien lohkojen pitoisuuksiin verrattuna (taulukko 4). Kaliumpitoisuudet eivät merkitsevästi poikenneet toisistaan.

Tulosten tarkastelu

PK-lannoituksen pitkäaikaisvaikutuksista fosforin ja kaliumin huuhtoutumiseen on julkaistu suhteellisen vähän tutkimustuloksia, jotka toisaalta keskeisiltä osiltaan ovat sopusoinnussa Liesnevan ja Kivisuon aineistojen kanssa. Harrimanin (1978) mukaan fosforin huuhtoutuminen jatkui, kun 3 1/2 vuotta oli kulunut lannoituksesta, kun taas kaliumipitoisuudet palautuivat ennalleen kaksi vuotta lannoituksen jälkeen. Kenttämiehen (1981) mukaan vanhoilta lannoitetuilta ojitusalueilta saadut mittaustulokset osoittavat, että PK-lannoituksen vaikutus valumavesien fosforipitoisuuteen kestää ainakin 5–10 vuotta.

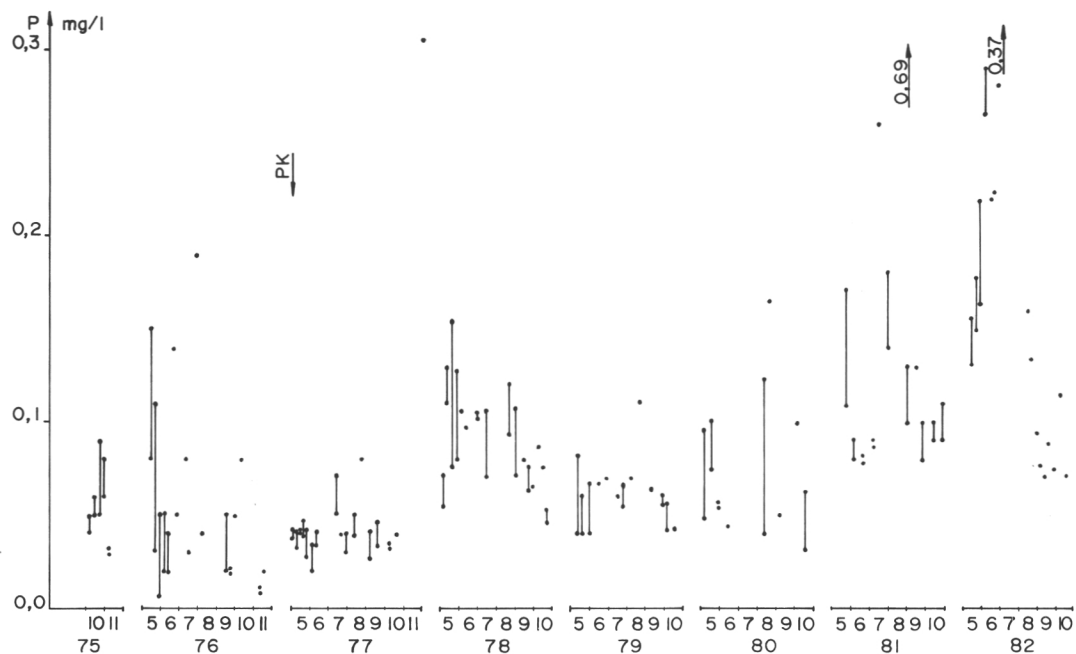
Tässä tutkimuksessa PK-lannoituksella havaittiin olevan pitkäaikainen vaikutus fosforin huuhtoutumiseen siitä riippumatta, käytettiinkö hienofosfaattia vai superfosfaattia sisältävää lannoitetta. Koska Liesnevalla käytettiin lannoitteena hienofosfaattia sisältävää PK-lannosta ja vain 10 % alueen pinta-alasta lannoitettiin, fosforipitoisuuden muutosta on pidettävä voimakkaana. Kivisuolla, jossa fosfori oli helppoliukoisessa superfosfaattimuodossa, lannoituksen vaikutusaika osoittautui yllättävän pitkäksi.

Useasta eri syystä Liesnevan aineistoa ei voi käyttää huuhtoutuneiden lannoitemäärien arviointiin. Vertailualueen puuttumisen ja kalibrointiajan lyhyden vuoksi

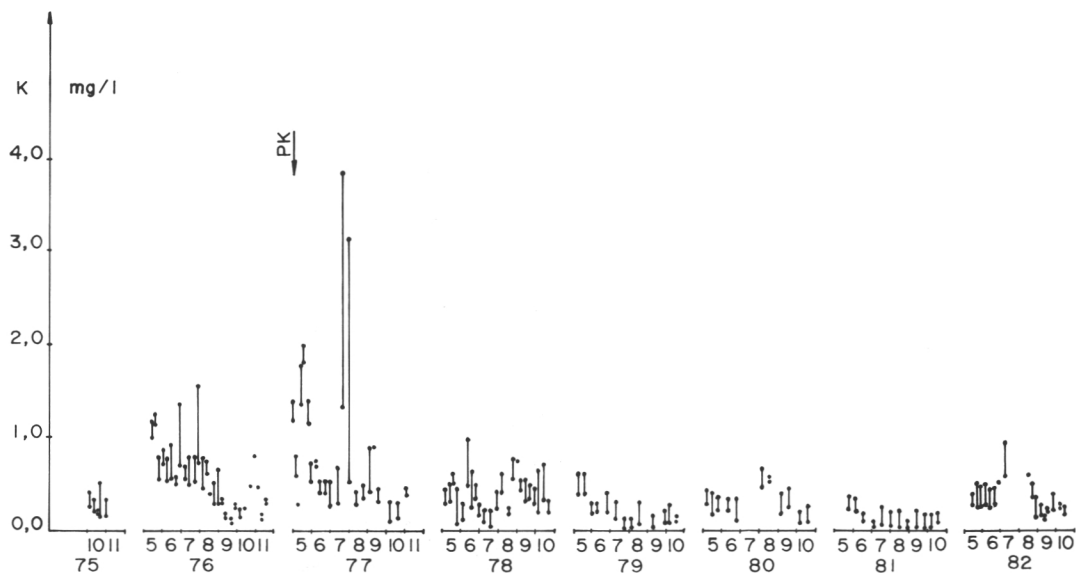
lannoituksen aiheuttamia muutoksia ei voida riittävän luotettavasti erottaa luonnollisesta vaihtelusta. Toisaalta talvivalunta ja kevättulva, joille on ominaista korkeat kaliumipitoisuudet, jäävät havaintojaksojen ulkopuolelle. Aikaisempien Suomessa tehtyjen tutkimusten mukaan (Karsisto 1970, Karsisto ja Ravela 1971, Särkkä 1970) lannoitusta seuraavan vuoden aikana huuhtoutuu 50–200 g/ha lannoitefosforia, mikä vastaa 0.16–0.47 % lannoituksessa annetun fosforin määrästä. Valumavesien fosforipitoisuudet kasvoivat em. tutkimusten mukaan vastaavasti 0.02–0.035 mg/l. Harrimanin (1978) mukaan pitoisuus kasvoi 0.1–0.2 mg/l ja lannoitefosforia huuhtoutui vuodessa keskimäärin 2 kg/ha, mikä 3 1/2 vuoden havaintojakson aikana merkitsee n. 15 % lannoituksessa annettua fosforimäärästä.

Tämän tutkimuksen tulokset näyttävät pitoisuusmuutosten osalta vastaavan paremmin Harrimanin kuin em. Suomessa tehtyjen tutkimusten tuloksia. Ero saat-
taa johtua siitä, että havaintoaineistot ovat viimeksi-
mainituissa tutkimuksissa yksivuotisia. Kun Harrima-
nin Skotlannissa sijaitsevan koalueen vuosisadanta oli
n. 2000 mm ja vuosivalunta n. 1000 mm, ja kun vastaa-
vat luvut Suomen eteläosissa ovat keskimäärin 600 ja
300, on selvää, että vuotuinen PK-lannoituksen aiheut-
tama fosforikuormitus jää Suomessa selvästi pienem-
mäksi.

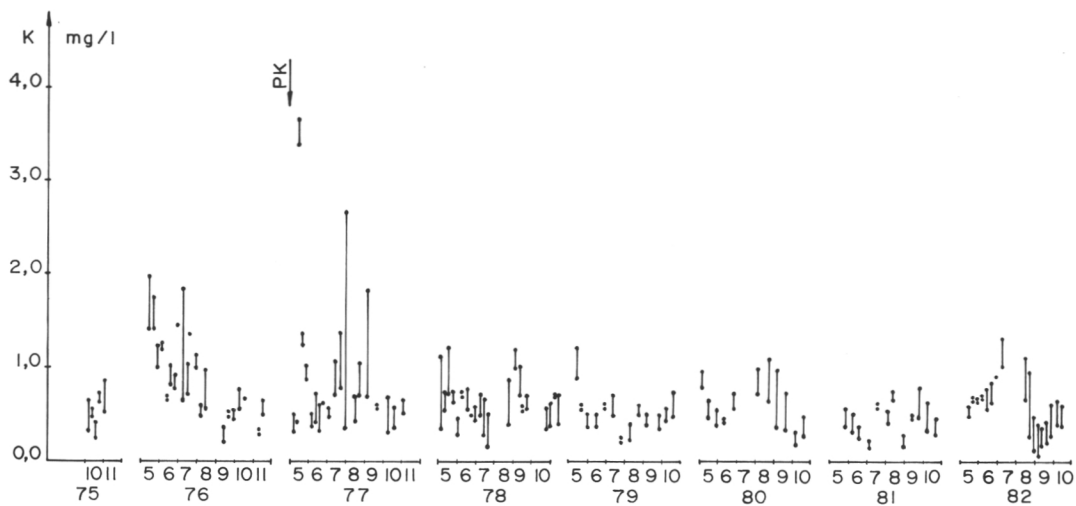
AHTI, E. 1983. Fertilizer-induced leaching of phosphorus and potassium from peatlands drained for forestry. Seloste: Lannoituksen vaikutus fosforin ja kaliumin huuhtoutumiseen ojitetuilta soilta. Commun. Inst. For. Fenn. 111:1–20.



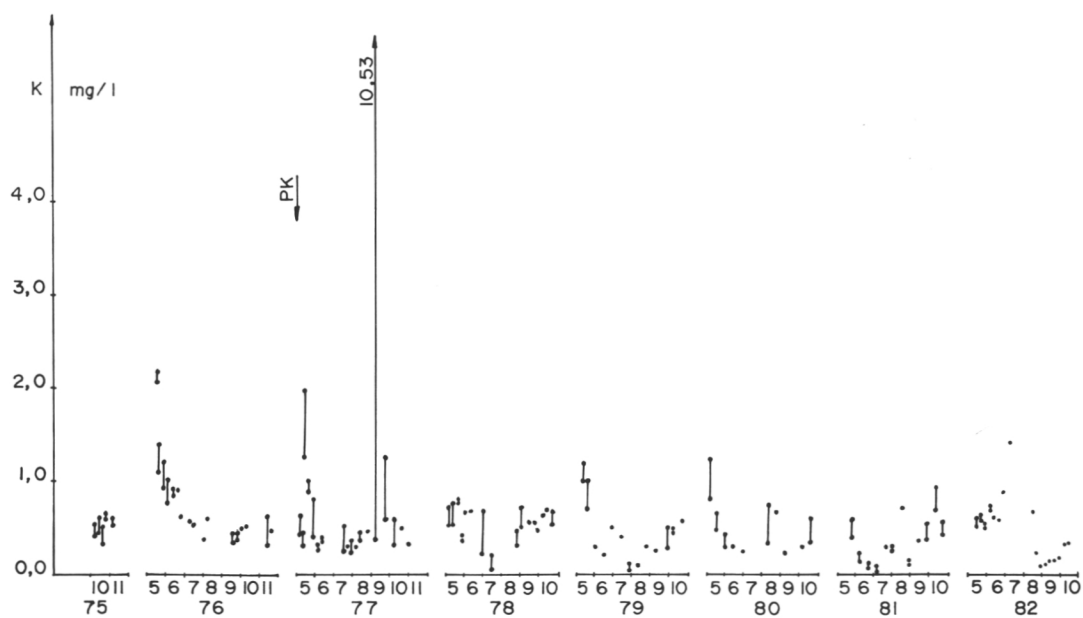
Appendix 3. Phosphorus concentration of ditch water at sampling points 1-2 (spacing 5-10 m). Liesneva 1975-82.
 Liite 3. Valumavesien fosforipitoisuus näytteenottopisteissä 1-2 (sarkaleveys 5-10 m). Liesneva 1975-82.



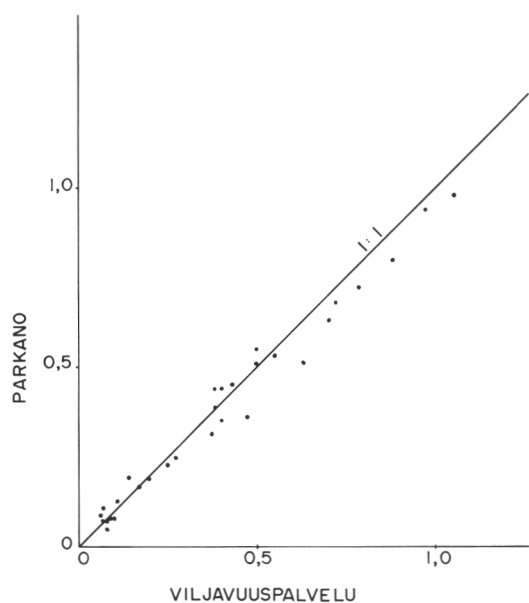
Appendix 4. Potassium concentration of ditch water at sampling points 5-6 (spacing 60-80 m). Liesneva 1975-82.
 Liite 4. Valumavesien kaliumpitoisuus näytteenottopisteissä 5-6 (sarkaleveys 60-80 m). Liesneva 1975-82.



Appendix 5. Potassium concentration of ditch water at sampling points 3-4 (spacing 20-40 m). Liesneva 1975-82.
 Liite 5. Valumavesien kaliumpitoisuus näytteenottopisteissä 3-4 (sarkaleveys 20-40 m). Liesneva 1975-82.

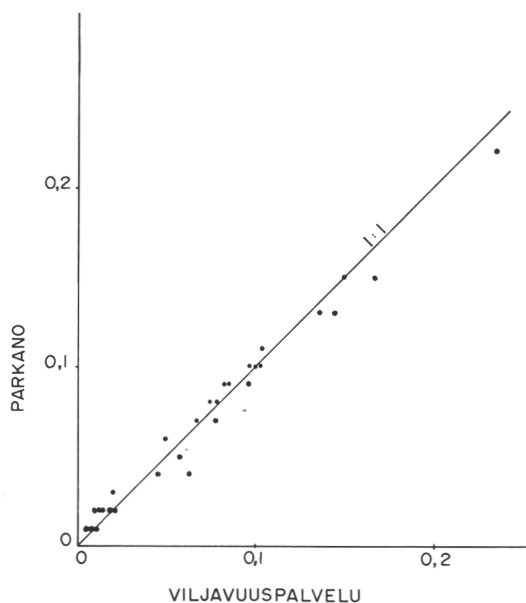


Appendix 6. Potassium concentration of ditch water at sampling points 1-2 (spacing 5-10 m). Liesneva 1975-82.
 Liite 6. Valumavesien kaliumpitoisuus näytteenottopisteissä 1-2 (sarkaleveys 5-10 m). Liesneva 1975-82.



Appendix 7. Interdependence of potassium concentrations determined from the same samples by Parkano research station and the commercial laboratory (Viljavuuspalvelu).

Liite 7. Parkanon tutkimusaseman ja Viljavuuspalvelun samoista vesinäytteistä määrittämien kaliumpitoisuuksien keskinäinen riippuvuus.



Appendix 8. Interdependence of phosphorus concentrations determined from the same samples by Parkano research station and the commercial laboratory (Viljavuuspalvelu).

Liite 8. Parkanon tutkimusaseman ja Viljavuuspalvelun samoista vesinäytteistä määrittämien fosforipitoisuuksien keskinäinen riippuvuus.

ODC 237.4 + 114.26 + 114.58 + 114.444
ISBN 951-40-0610-0
ISSN 0358-9609

AHTI, E. 1983. Fertilizer-induced leaching of phosphorus and potassium from peatlands drained for forestry. *Seloste: Lannoituksen vaikutus fosforin ja kaliumin huuhtoutumiseen ojitetuilta soilta*. Commun. Inst. For. Fenn. 111:1—20.

Seven years of monitoring runoff and water quality revealed long term effects of PK-fertilization on leaching of phosphorus. Raised potassium concentrations were detected only during the first year after fertilization.

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

ODC 237.4 + 114.26 + 114.58 + 114.444
ISBN 951-40-0610-0
ISSN 0358-9609

AHTI, E. 1983. Fertilizer-induced leaching of phosphorus and potassium from peatlands drained for forestry. *Seloste: Lannoituksen vaikutus fosforin ja kaliumin huuhtoutumiseen ojitetuilta soilta*. Commun. Inst. For. Fenn. 111:1—20.

Seven years of monitoring runoff and water quality revealed long term effects of PK-fertilization on leaching of phosphorus. Raised potassium concentrations were detected only during the first year after fertilization.

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

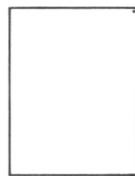
Tilaan kortin kääntöpuolelle merkitsemäni julkaisut (julkaisun numero mainittava).

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

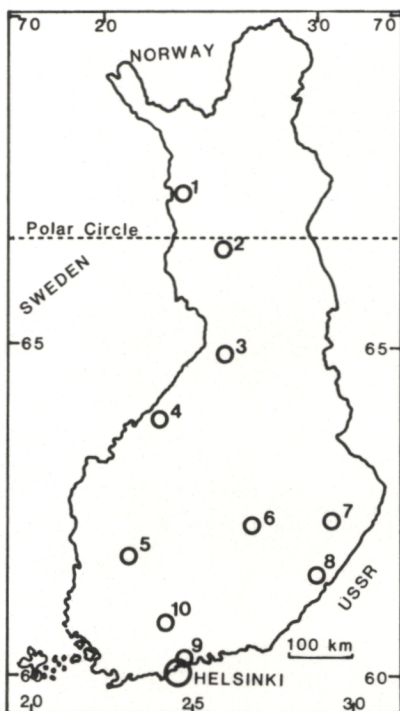


Folia Forestalia _____

Communications Instituti Forestalis Fenniae _____

Huomautuksia

Remarks _____



THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE

DEPARTMENTS (Helsinki)

Administration Office
 Information Office
 Experimental Forest Office
 Dept. of Soil Science
 Dept. of Peatland Forestry
 Dept. of Silviculture
 Dept. of Forest Genetics
 Dept. of Forest Protection
 Dept. of Forest Technology
 Dept. of Forest Inventory and Yield
 Dept. of Forest Economics
 Dept. of Mathematics

RESEARCH STATIONS

- 1 Kolari
- 2 Rovaniemi
- 3 Muhos
- 4 Kannus
- 5 Parkano
- 6 Suonenjoki
- 7 Joensuu
- 8 Punkaharju
- 9 Ruotsinkylä
- 10 Ojajoki

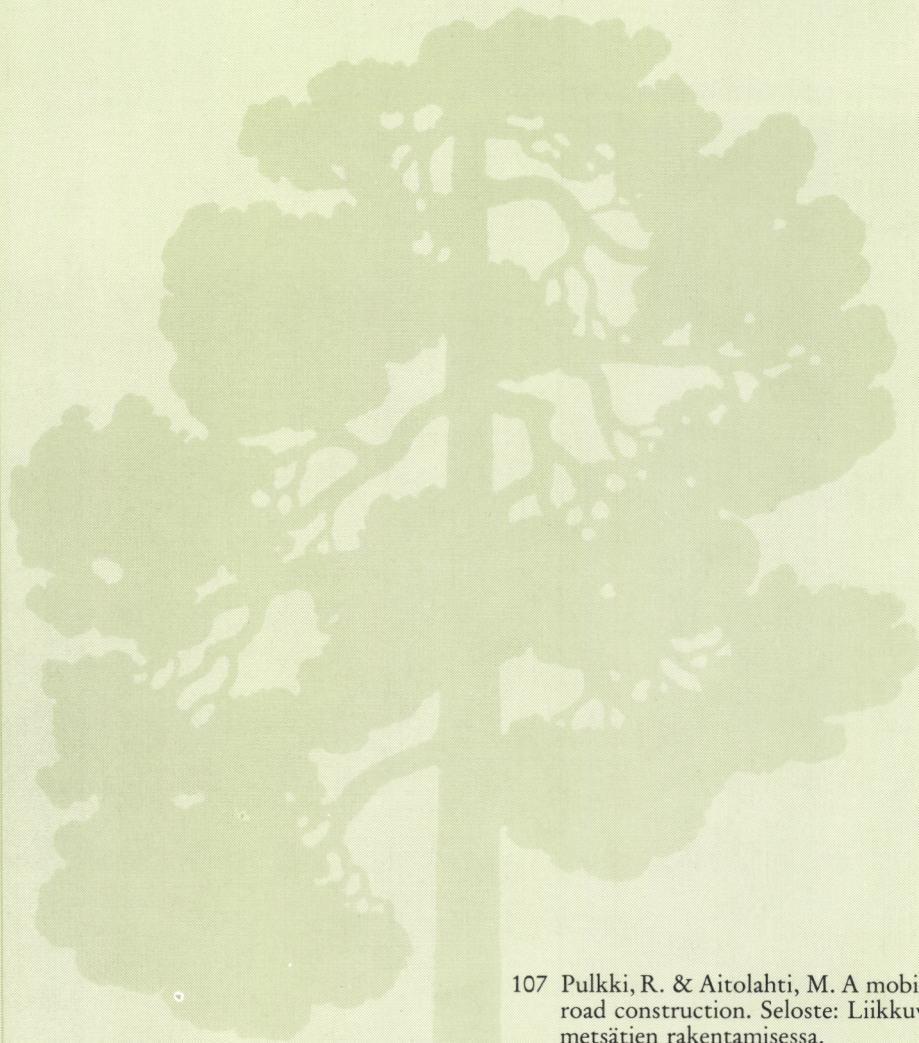
FACTS ABOUT FINLAND

Total land area: 304 642 km² of which 60—70 per cent is forest land

Mean temperature, °C:	Helsinki	Joensuu	Rovaniemi
January	-6,8	-10,2	-11,0
July	17,1	17,1	15,3
annual	4,4	2,9	0,8

Thermal winter (mean temp. <0°C):	20.11.—4.4.	5.11.—10.4.	18.10.—21.4.
--------------------------------------	-------------	-------------	--------------

Most common tree species: *Pinus sylvestris*, *Picea abies*, *Betula pendula*, *Betula pubescens*



- 107 Pulkki, R. & Aitolahti, M. A mobile crusher for forest road construction. Seloste: Liikkuva moreenimurskain metsätien rakentamisessa.
- 108 Laasasenaho, J. Taper curve and volume functions for pine, spruce and birch. Seloste: Männyn, kuusen ja koivun runkokäyrä- ja tilavuusyhtälöt.
- 109 Kaunisto, S. Development of pine plantations on drained bogs as affected by some peat properties, fertilization, soil preparation and liming. Seloste: Männyn istutustaimien kehityksen riippuvuus eräistä turpeen ominaisuuksista sekä lannoituksesta, muokkauksesta ja kalkituksesta ojitetuilla avosoilla.
- 110 Harstela, P. & Tervo, L. 1983. Technology of the production of bare-root seedlings. Seloste: Paljasjuuristen taimien tuotannon teknologia.
- 111 Ahti, E. Fertilizer-induced leaching of phosphorus and potassium from peatlands drained for forestry. Seloste: Lannoituksen vaikutus fosforin ja kaliumin huuhtoutumiseen ojitetuilta soilta.

