

ERKKI AHTI ja KIMMO PAARLAHTI

## RAVINTEIDEN HUUHTOUTUMINEN TALVELLA LANNOITETULTA METSÄOJITUSALUEELTA

Leaching of nutrients from a peatland area after fertilizer application on snow

Ahti, E. & Paarlahti, K. 1988: Ravinteiden huuhtoutuminen talvella lannoitetulta metsäojitusalueelta. (Summary: Leaching of nutrients from a peatland area after fertilizer application on snow.) — Suo 39:19-25. Helsinki. ISSN 0039-5471

Runoff from 16 artificial minibasins was sampled after fertilizer application before snowmelt in March and after it in May. Extremely high concentrations of phosphorus, potassium and ammonium were observed during the snowmelt period in April.

**Key words:** fertilization, leaching, peatland, phosphorus

*E. Ahti and K. Paarlahti, Finnish Forest Research Institute, Department of Peatland Forestry, P.O. Box 18, 01301 Vantaa, Finland*

### JOHDANTO

Suomalaisten tutkimusten mukaan (Särkkä 1970, Karsisto ja Ravela 1971, Heikurainen ym. 1978, Kenttämies 1981) ojitetun suon PK-lannoitus aiheuttaa vuosittain muutaman sadan gramman fosforihuuhtoutuman ja muutaman kilon kaliumhuuhtoutuman hehtaarilta. Vaikutus on fosforin osalta pitkäaikainen (Kenttämies 1981, Ahti 1983). Typpilannoituksen huuhtoutumisvaikutuksista ei ole suomalaista tutkimustietoa.

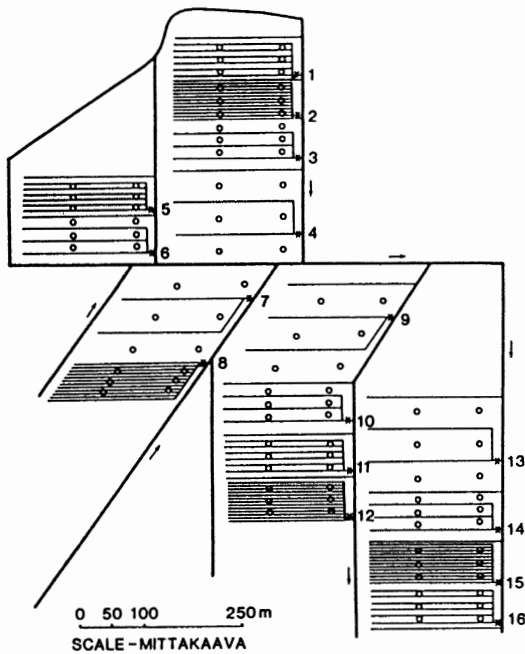
PK-lannoitteen levittäminen lumelle ei Karsiston ja Ravelan (1971) mukaan oleellisesti lisää ravinteiden huuhtoutumista verrattuna levitykseen sulalle maalle.

Tässä kirjoituksessa esitetään ennakkotuloksia urean ja PK-lannoitteen huuhtoutumisvaikutuksista. Erityisesti verrataan keskenään lumelle ja sulalle maalle tapahtuvaa levitystä.

### MENETELMÄT

Tutkimus käynnistettiin kevättalvella 1987 Leivonmäellä sijaitsevalla Kivisuon koealueella, joka käsittää 16 kpl 1,2-2,0 hehtaarin suuruisia valuma-alueita. Valuma-alueet edustavat sarkaleveyden suhteen normaalia tehokkaampaa (sarkaleveys 5-50 m) ja ojasyvyyden suhteen normaalia tehottomampaa ojitusta (ojasyvyys 40-80 cm). Matalat 40 cm:n ojat on viimeksi perattu v. 1976, jonka jälkeen ojat ovat jälleen pahasti umpeutuneet.

Lannoituksessa käytettiin 500 kg/ha suo-PK:ta (P 43,5 kg/ha, K 83 kg/ha) ja 215 kg/ha ureaa (N 100 kg/ha). Valuma-alueet 2, 3, 5 ja 7 lannoitettiin lumelle 9.-13.3.1987 ja alueet 1, 4, 6 ja 8 lumien sulamisen jälkeen 19.-20.5.1987 (Kuva 1). Lannoitetut valuma-alueet ovat karua rämettä, jolla puuston kuutiomäärä on suuruusluokkaa 10 m<sup>3</sup>/ha. Alueet on aikai-



Kuva 1. Kivisuon hydrologisen koekentän kaavio. x = valuntanäytteen ottopiste, o = pohjavesikaivo. Alueet 2, 3, 5 ja 7 lannoitettu 9.–13.3.1987, alueet 1, 4, 6 ja 8 19.–20.5.1987. Alueet 9–16: ei lannoitusta.

Figure 1. Experimental layout at Kivisuo. x = runoff sampling point, o = ground water well. Fertilization: Areas 2, 3, 5, and 7 9.–13.3.1987, areas 1, 4, 6, and 8 19.–20.5.1987. Areas 9–16 not fertilized.

semmin lannoitettu vuonna 1967. Lannoittamatta jätetyt alueet 9–16 ovat lähes puuttomia ja tyypiltään pääosin rahkanevaa. Näitä alueita ei ole aikaisemminkaan lannoitettu.

Koalueella mitattiin valuntaa kaikilta alueilta (1–16) maaliskuun lopulta lähtien, jolloin valuntaa alkoi esiintyä. Tässä kirjoituksessa esitetyt valunta-arvot perustuvat 2–5 kertaa viikossa tehtyihin käsivaraisiin havaintoihin ylisyyksypadoilta.

Lumen vesiarvo arvioitiin 27.3.1987 tilavuusnäytteiden ja punnitusten avulla. Sademäärä mitattiin kahdesta pisteestä 20.5.1987 lähtien. 1.4.–20.5.1987 välisen ajan sademääräarvot perustuvat Ilmatieteen laitoksen läheisten sääasemien sadantahavaintoihin.

Valumavesinäytteitä otettiin padoilta 31.3.1987 lähtien toukokuun loppuun asti kolme kertaa viikossa. Kesäkuun alusta lähtien valumavesinäytteet otettiin kerran viikossa. Lisäksi otettiin täydentäviä näytteitä koko tutkimusjakson ajan merkittävien sateiden jälkeen. Huhti–toukokuussa näytteet haettiin Kivisuolta kerran viikossa ja niistä analysoitiin välittömästi kalium, fosfori ja ammonium. Lumensulamajakson näytteistä analysoitiin lumelle lannoitetuilta alueilta 2, 3, 5 ja 7 myös näytteiden ureapitoisuus.

Kokonaisfosfori ja kalium määritettiin ARL:n 3580 ICP-plasmaemissiospektrofotometrillä.  $\text{NH}_4^+\text{-N}$  ja  $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$  määritettiin spektrofotometrisesti virtausinjektiotekniikalla Tecatorin FIA-analysaattorilla.

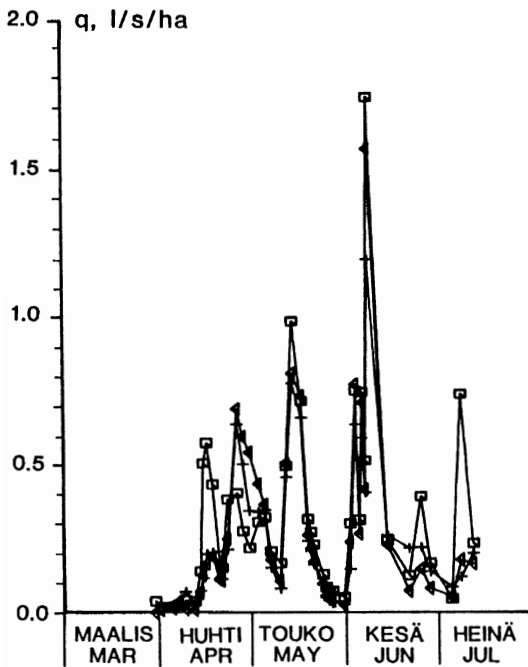
## TULOKSET

### Sää ja valunta

Lumen vesiarvo oli valunnan alkaessa 31.3.1987 noin 100 mm. Lumi suli huhtikuun vähäisten sateiden ja suhteellisen viileän sään johdosta vähitellen, eikä varsinaista kevättulvahuippua syntynyt. Lumi suli lähes kokonaan 1.5.1987 mennessä siten, että puuttomat vertailualueet olivat lumettomia jo huhtikuun puolivälissä eli noin kaksi viikkoa ennen lannoitettuja alueita. Lannoitetuilla alueilla esiintyi erityisesti mätäsapaikoissa 10–30 cm routaa vielä toukokuun alussa.

Kesäkuu ja heinäkuun alku olivat harvinaisen sateisia. Huhti-, touko- ja kesäkuun sekä heinäkuun alkupuoliskon sademäärät olivat 35, 54, 117 ja 47 mm. Lannoitetuilla lohkoilla valunta oli jaksolla 31.3.–20.5. (siis ennen kevätlannoitusta) n. 110 mm ja jaksolla 21.5.–13.7. n. 120 mm. Suuriin valunta-arvoihin vaikuttivat sateiden lisäksi lumen sulaminen ja vesivaraston pieneminen.

Kuvassa 2 on esitetty koalueen valunta käsittelyittäin (talvilannoitus, kevätlannoitus, vertailu) 31.3.–13.7.1987. Kuvasta



Kuva 2. Valunta käsittelyittäin 31.3.–13.7.1987. + = lannoitus 9.–13.3.1987, kolmio = lannoitus 19.–20.5.1987, neliö = ei lannoitusta.

Figure 2. Mean runoff between March 31st and July 13th 1987. + = fertilization 9.–13.3.1987, triangle = fertilization 19.–20.5.1987, square = unfertilized control.

havaitaan, että kesän valuntahuiput olivat kevään valuntahuippuja suurempia, mikä on poikkeuksellista.

### Pitoisuudet

Kuvissa 3, 4 ja 5 on esitetty valumavesien fosfori-, kalium- ja ammoniumtyyppipitoisuudet tutkimusjakson alusta marraskuun 2. päivään asti, jolloin valuntamittaukset lopetettiin patojen jäädyttyä. Kaikissa kuvaajissa näkyy talvilannoituksen aiheuttama pitoisuuden jyrkkä nousu ja myös lasku. Sekä fosfori- (Kuva 3) että kaliumpitoisuuksissa (Kuva 4) näkyy selvä nousu myös kevätlannoituksen jälkeen.

Fosforipitoisuus oli vielä marraskuun alussa kaikkien lannoitettujen lohkojen valumavesissä 0,5–1,0 mg/l, kun se

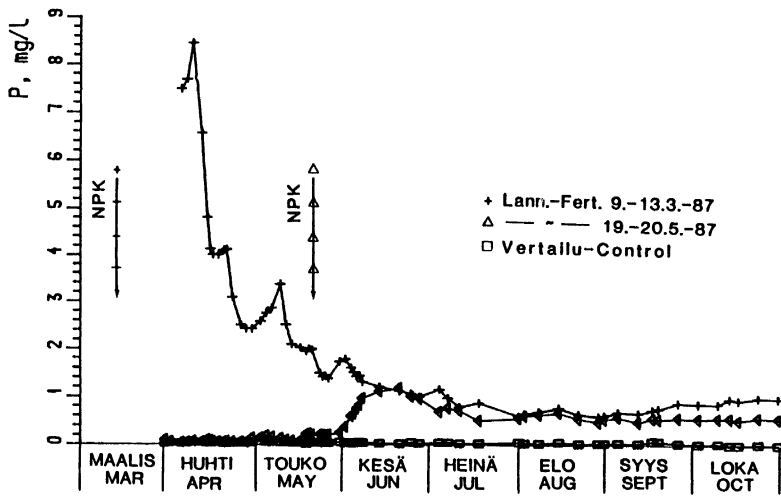
vertailualueella oli vain suuruusluokkaa 0,02 mg/l. Pitoisuudet olivat siis yhä 25–50-kertaisia. Analyysit osoittivat, että 80–90% fosforista huuhtoutui lumien sulamisvaiheessa veteen liuenneena fosfaatina. Kaliumpitoisuus oli marraskuun alussa lannoitetuilla alueilla edelleen 2,5–3,0 mg/l.

Ammoniumtyypin huuhtoutuminen kytkeytyi kuvasta 5 päätellen yksinomaan lumien sulamisjaksoon. Kevätlannoitus ei aiheuttanut ammoniumtyypin huuhtoutumista. Ammoniumtyypin lisäksi talvella lannoitettujen lohkojen näytteissä oli huhtikuun aikana myös huomattavia määriä puhdasta ureaa.

### Huuhtoutuneet ravinnemäärät

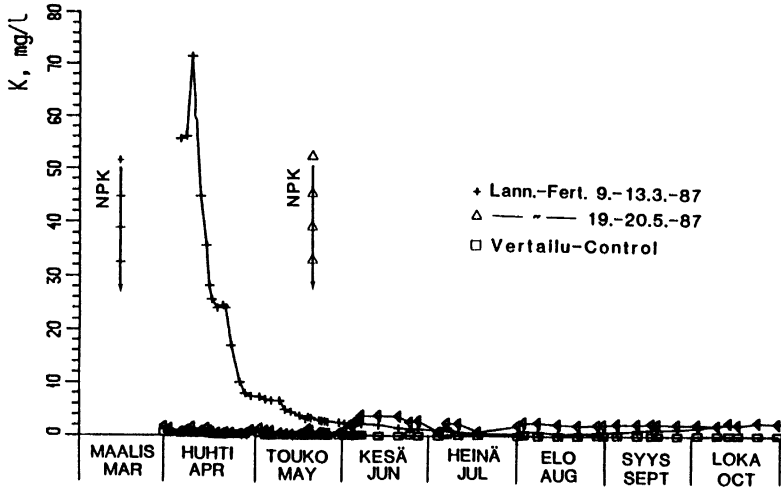
Kokonaishuuhtoutumat on laskettu kuvan 2 valuntojen ja kuvien 3–4 pitoisuuksien avulla. Laskettaessa lannoituksen aiheuttama huuhtoutuman lisäystä, joka periaatteessa saadaan vähentämällä lannoitettujen lohkojen huuhtoutumista vertailualueiden huuhtoutumat, lannoittamattoman vertailualueen pitoisuudet korjattiin kevätlannoitusalueen lannoittamattoman jakson (31.3.–19.5.) pitoisuuksien avulla. Korjaus johtuu siitä, että lannoitettujen alueiden pitoisuudet olivat v. 1967 lannoituksen vuoksi edelleen hieman korkeampia kuin vertailualueiden (Ahti 1983).

Talvilannoitus aiheutti jaksolla 31.3.–13.7. n. 11 kg:n lisäyksen kaliumin huuhtoutumaan ja n. 5 kg:n lisäyksen fosforihuuhtoutumaan hehtaarilta (Taulukko 1). Erityisesti fosforin osalta huuhtoutuma-arvio on aivan toista suuruusluokkaa kuin aiempien tutkimusten pohjalta voitiin ennakoida. Myös Malcolm ja Cuttle (1983) ovat havainneet vastaavaa suuruusluokkaa olevia fosforin ja kaliumin huuhtoutuma-arvoja Skotlannissa. Ammoniumtyypin huuhtoutuminen, josta tätä kirjoitettaessa ei ole määrälaskelmaa, lienee kuvasta 5 päätellen ollut lumien sulamiskautena huhtikuussa samaa suuruusluokkaa kuin fosforin huuhtoutuminen.



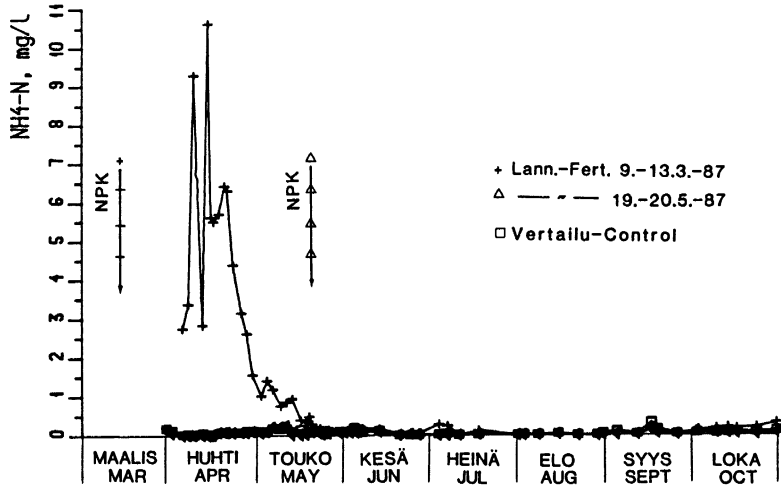
Kuva 3. Valumave-sien fosforipitoisuus 31.3.-2.11.1987.

Figure 3. Concentra-tion of total phospho-rus in runoff water between 31 March and 2 November 1987.



Kuva 4. Valumave-sien kaliumpitoisuus 31.3.-2.11.1987.

Figure 4. Concentra-tion of potassium in runoff water between 31 March and 2 No- vember 1987.



Kuva 5. Valumave-sien ammoniumtyp-pipitoisuus 31.3.-2.11.1987.

Figure 5. Concentra-tion of  $NH_4-N$  in runoff water between 31 March and 2 No- vember 1987.

Taulukko 1. Fosforin ja kaliumin kokonaishuhtoutumat 31.3.–13.7.1987 sekä lannoituksen aiheuttamat huuhtoutuman lisäykset.

Table 1. Total leaching of phosphorus and potassium, and the increases caused by fertilization during the period 31.3.–13.7.1987.

Levitys – Application	Kokonaishuhtouma – Total leaching (kg/ha)		Lisäys – Increase (kg/ha)	
	P	K	P	K
Lumelle – On snow	5.3	12.1	5.0	10.8
Lumettomaan maahan – After snowmelt	1.1	3.9	0.8	2.7

## TULOSTEN TARKASTELU

Tehtäessä johtopäätöksiä kokeen tuloksista on otettava huomioon, että koealue vastaa varsin huonosti käytännön metsänlannoituskohteita. Vertailualue on alkuperäiseltä suotyypiltään rahkanevaa ja vähäpuustoinen, lannoitettu aluekin rahkamättäistä lyhytkortista rämettä, jotka molemmat ovat ojituskelvottomia. Pintaturve on heikosti maatonutua rahkaturvetta, jonka kyky pidättää ioneja on varsin heikko. Lisäksi maa oli enemmän tai vähemmän roudassa koko lumensulamiskauden ajan estäen ravinteiden kulkeutumista syvempiin kerroksiin.

Keskimääräinen sarkaleveys on Kivisuon koealueella huomattavasti normaalia kapeampi. Tästä syystä kuvan 2 valumat samoin kuin taulukon 1 huuhtoutumat olivat todennäköisesti huomattavasti suurempia kuin olisivat olleet normaalilla ojitusalueella.

Tutkimusjakson poikkeukselliset sääolot ovat toisaalta omiaan pienentämään talvi- ja kevätlevityksen eroja. Normaali-vuonna suurin osa Kivisuon valunnasta

tapahtuu lumien sulamisen yhteydessä, ja vastaavasti valunta on kesä–heinäkuussa vähäistä. Normaalin kevätulvan yhteydessä huuhtoutuneet ravinnemäärät ovat todennäköisesti nyt havaittuja suurempia.

Nyt esitetyt alustavat tulokset ovat huuhtoutumien suuruusluokka-arvioita ja saattavat jonkin verran muuttua, kun kaikki kerätty aineisto saadaan analysoiduksi.

Edellä esitetyistä varauksista huolimatta tulokset ovat sellaisia, että lisätutkimukset talvilannoituksen soveltuvuudesta ovat välttämättömiä.

## KIITOKSET

Tutkimuskäynnisty metsähallituksen aloitteesta ja keskeiseltä osaltaan myös sen rahoittamana. Lausumme metsähallitukselle lämpimät kiitoksemme. Kiitämme myös Merja-Leena Koskelaa, Arja Tervahautaa, Maija Jarvaa ja muuta Metsäntutkimuslaitoksen keskuslaboratorion henkilökuntaa, joiden ansiosta alustavien tutkimustulosten näin nopea raportointi oli mahdollista, sekä Metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosaston kenttähenkilökuntaa, erityisesti Heikki Takamaata, joiden ansiosta kenttätöiden onnistuivat vaikeissa olosuhteissa erinomaisesti.

## KIRJALLISUUS

Ahti, E. 1983: Fertilizer-induced leaching of phosphorus and potassium from peatlands drained for forestry. — Commun. Inst. For.

Fenniae 111:1–20.  
Heikurainen, L., Kenttämies, K., & Laine, J. 1978: The environmental effects of forest

- drainage. — Suo 29:49–58.
- Karsisto, K. & 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 times of the year.) — Suo 22:39–46.
- Kenttämies, K. 1981: The effects on water quality of forest drainage and fertilization in peatlands. — Publ. Water Res. Inst., National Board of Waters, 43:24–31.
- Malcolm, D.C. & Cuttle, S.P. 1983: The Application of Fertilizers to Drained Peat. 1. Nutrient Losses in Drainage. — *Forestry* 56:155–174.
- Särkkä, M. 1970: Metsänlannoituksen vaikutus vesistöissä. (Summary: On the influence of forest fertilization in water courses.) — Suo 21:67–74.

## SUMMARY:

### LEACHING OF NUTRIENTS FROM A PEATLAND AREA AFTER FERTILIZER APPLICATION ON SNOW

According to most Finnish studies (Särkkä 1970, Karsisto and Ravela 1971, Heikurainen et al. 1978, Kenttämies 1981), 0.1–0.2 kg/ha of phosphorus and 1–3 kg/ha of potassium are leached from peatlands after applying ca. 45 kg/ha of phosphorus and ca. 85 kg/ha of potassium. Long-term effects of PK-fertilization on the leaching of phosphorus have been reported (Kenttämies 1981, Ahti 1983). Not much has been published on the effects of nitrogen fertilization.

In this paper, preliminary data on leaching of phosphorus, potassium, and ammonium during the first growing season after fertilization are reported. 500 kg/ha of a commercial PK-fertilizer (P 43.5 kg/ha, K 83 kg/ha) and 215 kg/ha of urea (N 100 kg/ha) were applied. Special interest is given to the effect of the timing of the fertilizer application, i.e. either before or after snowmelt.

In 1987, runoff from 16 artificial minibasins was measured and sampled after fertilizer spreading on snow and after snowmelt (Fig. 1). From the beginning of April until the end of May, sampling was performed three times weekly, and from the beginning of June, once weekly. Additional samples were taken after substantial summer rains.

At the beginning of April, the water equivalent of snow was about 100 mm.

Because of little precipitation and cool weather, no actual spring flood was associated with snowmelt. After 35, 54, 117, and 47 mm of precipitation in April, May, June, and the first half of July, respectively, runoff totals of 110 mm in the period 31.3.–20.5.1987 and 120 mm in the period 20.5.–13.7.1987 were observed. Higher runoff peaks were observed during the latter period (Fig. 2).

In Figures 3, 4, and 5, the concentrations of total phosphorus, potassium, and  $\text{NH}_4\text{-N}$  in runoff water are presented. Very high concentrations were observed during the snowmelt. The effect of the fertilization performed after snowmelt is smaller, but the concentrations of phosphorus and potassium are still higher than has been earlier reported. Practically no ammonium was leached after the snowmelt period.

At the beginning of November, the phosphorus concentrations in the samples from the fertilized basins were still between 0.5 and 1.0 mg/l, and for potassium, between 2.5 and 3.0 mg/l.

Total leaching of phosphorus and potassium for the period 31.3.–13.7.1987 (Table 1) were estimated on the basis of discharge and concentration data (Figs. 2, 3, and 4). Winter fertilization increased the total leaching of phosphorus and potassium by 5 and 11 kg/ha, respectively. A

similar order of magnitude has been reported for Scottish peatlands by Malcolm and Cuttle (1983).

The ditch spacing of the Kivisuo experiment is smaller than normal, which results in a higher discharge than normal.

Therefore, the observed increases in total leaching are probably too high to be generalized to the total area of winter fertilization in Finland. On the other hand, discharge during snowmelt is normally much higher than in 1987.

Received 12.XII.1987

Approved 12.I.1988

UUTISIA:

## UUSI SUOTOHTORI

Helsingin yliopistossa tarkastettiin 4.9. 1987 MML Erkki Ahdin väitöskirja "Water balance of drained peatlands on the basis of water table simulation during the snowless period. Seloste: Ojitettujen soiden vesitaseen arvioiminen lumettomana aikana pohjavesipinnan simulointimallin avulla". (Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 141:1-64).

Tohtori Erkki Ahti on syntynyt 5.11.1945 Helsingissä, tullut ylioppilaaksi Lauttasaaren yhteiskoulusta 1964, valmistunut metsänhoitajaksi 1969, suorittanut MMK-tutkinon 1971 ja MML-tutkinon 1977. Hän on toiminut Metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosaston työsuhteisena tutkijana vuodesta 1969, vt. vanhempana tutkijana 1985-1987 sekä määrätty suontutkimusosaston erikoistutkijan toimeen 1.12.1987 alkaen.

Väitöskirjatutkimuksen tavoitteena on ollut selvittää metsäojituksen vaikutuksia

valunnan ja haihdunnan suhteeseen ja toisaalta veden varastoitumiseen turpeeseen. Tutkimuksessa voitiin todeta ojituksen suurentavan merkittävien kesäsateiden aiheuttamia valuntahuippuja. Erityisesti sarkaleveys näytti olevan tähän muutokseen kytkeytyvä ojitustehon tunnus. Ojasyvyydellä ei sitä vastoin ollut valuntahuippuihin oleellista vaikutusta. Tutkimuksen perusteella voidaan päätellä, ettei ojanperkauksella tule olemaan suurta vaikutusta kesäsateiden aiheuttamiin ylivalumiin. Sen sijaan täydennysojituksella, jolla kavenneetaan sarkaleveyttä, voisi tässä mielessä olla vaikutusta.

Tohtori Erkki Ahti on osallistunut Suoseuran toimintaan aktiivisesti. Vuosina 1974-1979 hän oli seuran sihteeri. Hän on toiminut Suoseuran kokouksissa esitelmöitsijänä ja Suo-lehdessä on julkaistu useita hänen tutkimuksiaan ja artikkeleitaan.