

VALUNTA JA RAVINTEIDEN HUUHTOUTUMINEN LAAVIOSUON OJITUS- JA LANNOITUSALUEELTA 1980

RUNOFF AND LEACHING OF NUTRIENTS FROM THE DRAINED AND FERTILIZED BOG LAAVIOSUO IN 1980

Suoekosysteemille tyypillinen ravinnejämmän kasautuminen turpeeseen perustuu keidassuolla yhtäältä sadeveden niukkoihin ravinnemääriin, mutta toisaalta jokseenkin sulkeutuneeseen hydrologiaan ja nopeaan turpeen kasvuun (esim. Pakarinen 1981). Suolta poistuu ravinteita valunnan mukana (Verry 1975, Kauppi 1979a), mutta keitailta ilmeisesti vähemmän kuin hydrologialtaan avoimemmilta aapasoilta. Ojitus avaa hydrologiaa ja lisää siten ravinnepoistumaa. Ombrotrofisella suolla ravinteiden mobilisaation nopeutuminen ojituksen jälkeen lienee hidasta. Sen vaikutusta ravinnepoistumiin ei tunneta. Lannoiteravinteet saattavat huuhtoutua suoraan toimenpiteen jälkeen riippuen menetelmästä, lannoitelajista ja levitysajankohdasta (Pessi 1970, Karsisto & Ravela 1971, Karsisto 1972, 1974).

Tämä tutkimus liittyy sekä lannoitusalueelta tulevien ravinnemäärien selvittämiseen että suon ravinnemääräiden määrittämiseen (Vasander 1981). Tutkimusta ei tosin pystytty aloittamaan välittömästi lannoituksen jälkeen (1978), vaan vasta vuonna 1980, jolloin jo osa huuhtoumasta oli tapahtunut. Tulokset ovat pelkästään vuodelta 1980.

Tutkimuskohteena oli kolme Lammin (EH) Laaviosuon ja Kaurastensuon piiristä rajattua valuma-aluetta (ks. soiden kuvaus Ruuhijärvi & Reinikainen 1981). Kaikille havaintoalueille rakennettiin syksyllä 1979 suorakulmaisella kolmioaukolla varustettu Thompsonin ylisyyksypato mittapadoksi (sijainti ks. Reinikainen & Lindholm 1980). Osa Kaurastensuon vesistä laskee mittapadon 1 kautta Laaviosuon vedet alempana kokoavaan ojaan. Mittapato 2 on Laaviosuon ojikolla lannoiteruutujen välisessä sarkaojassa, joka kerää vain keidasrämeeen vesiä. Padon 3 kautta osa Laaviosuon vesistä laskee Löyttynojan kautta Pääjärveen. Valuma-alueiden (taulukko 1) rajausta suoritettiin karttatulkintana maastotarkastusten jälkeen. Järviä tai peltoja alueella ei ole, havaintoalueilla olevat suot ovat ojitettuja ja osin lannoitettuja, etupäässä keidasrämeeitä. Ympäristön metsät ovat tyypiltään MT-OMT.

Kallioperä alueella on amfiboliittia ja gneissia ja maaperä moreenia tai harjuainesta.

Valuma-alueilla 1 ja 3 oli piirtävä vedenkorkeusmittari. Padon 2 vedenkorkeusvaihtelut kalibroitiin mitta-astialla. Patojen virtaamat laskettiin veden korkeuden mukaan taulukon avulla. Ajoittain niitä tarkistettiin astialla mittaamalla. Vuorokausivalumien laske-
miseksi piirturipapereilta luettiin vedenkorkeus 6 tunnin välein.

Näytteitä ravinneanalyysejä varten otettiin mittapadoilta happopestyihin polyetylenipulloihin huhtikuun alusta lokakuun loppuun, keväällä ja syksyllä n. 5 päivän välein ja kesällä harvemmin. Näytteistä määritettiin mahdollisimman nopeasti pH, johtokyky, typpi ja fosfori. Typpi ja fosfori määritettiin persulfaattihapetusmenetelmällä (Koroleff 1979) Akea-analysaattorilla (Anon. 1978). Ca-, Mg-, Na-, K- ja Fe-määrityksiä varten näytteet suodatettiin Whatman GF/C lasikuitusuodattimen läpi. Näytteiden pH alennettiin 1N suolahapolla ja analysoitiin kuukauden kuluessa Varian Techtron 1000 AAS-laitteella.

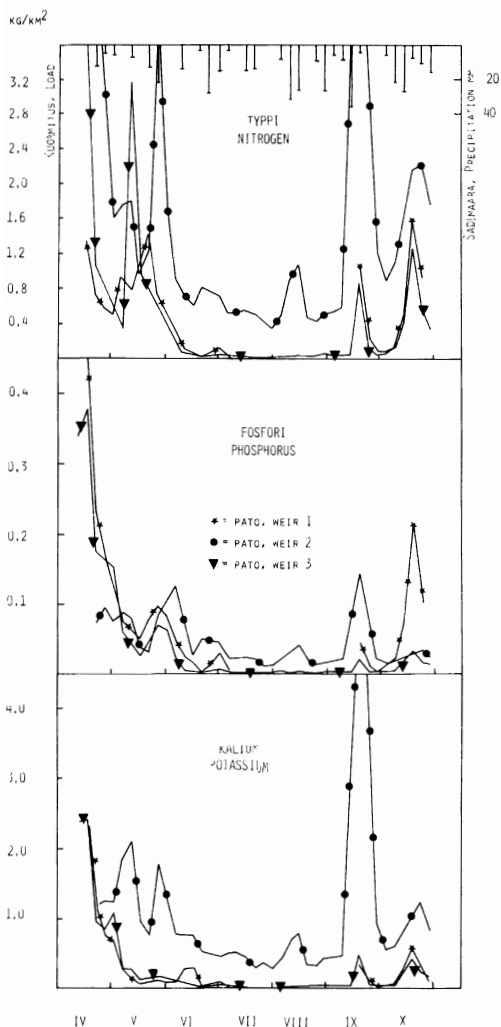
Vuorokautisia kuormituksia laskettaessa eri aineiden konsentraatiot kerrottiin vuorokauden keskimääräisellä valumalla. Näytteen katsottiin edustavan koko näytteenottovälin keskimääräistä konsentraatiota.

Valuma ja veden laatu

Keväällä valumat olivat suuria sulamisvesien ansiosta. Kesäsateiden vaikutus valumiin oli pieni (kuva 1). Mittapato 1 oli kokonaan kuiva heinäkuulta syyskuulle, ja toisillakin padoilla valumat olivat pieniä. Valumavesien totaali N vaihteli 0,45—7,69 mg/l, P 20,9—258,6 µg/l ja K 0,12—2,15 mg/l (taulukko 2). Pitoisuusvaihtelu eri mittapadoilla tietynä näytteenottohetkenä oli pienempi kuin yhden padon kesäkautinen vaihtelu. Huiput osuivat keväisiin ja syksyisiin valumahuippuihin, ja pitoisuudet muuttuivat nopeasti. Laaviosuon ojikon lannoituskoaloilta laskevassa sarkaojassa K-pitoisuus oli koko kesän korkeampi kuin muilla havaintopaikoilla. Fe, Ca, Mg ja P olivat tällä padolla 2 alhaisemmat kuin muilla padoilla.

Ojien kuljettamat ainemäärät

Pitoisuushuippujen osuminen valumavesihuippuihin korosti kuormitusarvoja. Keväällä huhti-toukokuussa huuhtoumat olivat lähes kaikissa tapauksissa yli puolet



Kuva 1. Typpi-, fosfori- ja kaliumkuormitus Laaviosuon padoilla v. 1980 (viiden vrk:n keskiarvo) sekä näytteenottohetkeä edeltäneiden viiden vrk:n yhteenlaskettu sademäärä.

Fig. 1. The loads of nitrogen, phosphorus and potassium in the measuring weirs in Laaviosuo in 1980. Also the summed precipitation of five days before the sampling is presented.

koko kauden huuhtouma-arvoista (taulukko 3, kuva 1). Laaviosuolta pois laskeva oja (pato 3) kuljetti huhtikuussa yli puolet tutkitun ajanjakson ainemääristä. Laaviosuon sarkaojaan (pato 2) ravinteita huuhtoutui tasaisemmin läpi tutkitun ajanjakson. Toisin kuin muilla havaintopaikoilla poistui tällä suopadolla syys- ja lokakuussa yli puolet ainemääristä, paitsi raudasta ja fosforista, joiden osalta kevät- ja syys-huuhtoumat olivat lähes yhtäsuuret. Lannoitetun alueen sarkaojassa N- ja K-kuormitus oli huomattavasti suurempi kuin muilla havaintopaikoilla, patojen 1 ja 3 N-huuhtouma oli 34,7 % ja K-huuhtouma 22,5 % sarkaojan huuhtoumista.

Tulosten tarkastelu

Määritetyt pitoisuudet vastaavat esim. Särkän (1970), Verryn (1975), Kaupin (1979a, b) tai Pasasen ym. (1980) saamia arvoja. Fe-, Ca- ja Mg-pitoisuudet olivat esim. Pasasen ym. (1980) saamiensa arvojen alarajoilla. Useimpien aineiden huuhtouma-arvot olivat Laaviosuolla pienempiä kuin esim. Verryn (1975) saamat arvot samantapaisilta ja -kokoisilta alueilta Pohjois-Amerikasta. P-huuhtoumat olivat hieman suurempia kaikilla padoilla kuin em. tutkimuksessa, samoin sarkaojan N-, K- ja Na-huuhtoumat. N- ja P-kuormitukset vastasivat esim. Kaupin (1979a,b) saamia arvoja vastaavanlaisilta valuma-alueilta. N-arvot sijoittuvat em. tutkimuksen alarajoille, mutta tutkimusjakson keskimääräiset valuma-arvot Laaviosuolla vuonna 1980 olivat pienempiä kuin Kaupin (1979a) tutkimuksessa, mikä selittää pienet huuhtoumat.

Havainnot vahvistavat sitä käsitystä, että kuormitus kasvaa valumahuippujen aikana sekä suuremman ainemäärän että kohonneiden konsentraatioiden vuoksi (ks. Heikurainen ym. 1978).

Taulukko 1. Valuma-alueiden koko (ha) sekä ojitetun ja lannoitetun suon osuus.

Table 1. The total area of watersheds (in hectares) and proportion of drained and fertilized bog.

Valuma-alue Watershed	Pinta-ala Total area ha	Luonnontil. Virgin bog ha	%	Soita ojitettu Bogs drained ha	%	Lannoitettu Fertilized ha	%
1	50,0	35,6	71	14,4	29	0,0	0
2	2,1	0	0	2,1	100	0,8	38,1
3	131,2	67,4	51	36,8	28	27,0	21

Taulukko 2. Ravinnepitoisuuksien, pH:n ja johtokyvyn vaihtelurajat, keskiarvot ja hajonnat. Laaviosuon padoilla kesällä 1980.

Table 2. Variation, means and standard deviations of nutrient concentrations, pH and conductivity in measuring weirs of Laaviosuo in 1980.

Alue Area	pH	johtokyky/g conductivity (at 20°C)	N mg/l	P µg/l	K mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Na mg/l	Fe mg/l	
Pato Weir 1	\bar{x}	4,0—5,15	23,9—57,3	0,45—2,81	73,7—258,6	0,12—2,15	0,75—3,62	0,47—1,1	0,84—1,73	0,30—0,85
	s.d.	4,61 0,30	36,8 3,4	1,11 0,67	136,2 44,5	0,57 0,56	1,98 0,64	0,68 0,14	1,30 0,27	0,43 0,15
Pato Weir 2	\bar{x}	3,00—4,05	50,9—90,8	0,82—4,07	20,9—155,4	0,64—1,26	0,20—1,77	0,08—0,39	0,48—1,81	0,02—0,20
	s.d.	3,86 0,33	66,0 9,7	1,36 0,69	46,8 28,3	0,91 0,16	0,44 0,32	0,14 0,06	0,80 0,29	0,08 0,33
Pato Weir 3	\bar{x}	3,21—4,40	40,2—88,6	0,77—7,69	29,8—232,4	0,30—1,64	0,60—1,90	0,20—0,52	0,45—1,81	0,17—0,52
	s.d.	3,99 0,25	56,9 15,0	1,65 1,69	108,3 57,7	0,72 0,34	1,10 0,35	0,34 0,10	0,94 0,32	0,29 0,11

Taulukko 3. Ravinnekuormitukset (kg/km²) Laaviosuon padoilla 1980.

Table 3. Nutrient yields (kg/km²) from the weirs of the bog Laaviosuo in 1980.

	N	P	K	Ca	Mg	Na	Fe
Pato Weir 1	75,3	10,0	38,2	146,4	48,5	79,8	32,8
Pato Weir 2	307,0	8,9	205,4	93,4	33,1	185,1	15,9
Pato Weir 3	137,5	8,5	54,3	75,6	22,9	47,6	14,7

Huuhoutuma-arvot olivat pieniä verrattuna Laaviosuolle lisättyihin lannoitemääriin (ks. Vasander 1981). Sateen mukana tulee Lammin seudulla enemmän ravinteita vuodessa kuin suolta poistuu ojavesissä (Järvinen & Haapala 1980). Esim. lannoitussarkojen padolta 2 valunnasta mitatut N- ja K-määrät vastasivat 4,8 ja 5,2 %:a valuma-alueelle lannoitteina annetuista. Karsisto (1972) on saanut samanlaisia K-huuhoutuma-arvoja heti lannoituksen jälkeisenä kesänä, kuitenkin kapeammilla saroilla. Sarkaojan P-huuhoutuma oli jopa pie-

nempi kuin Kaurastensuolta Laaviosuolle kivennäismaan kautta laskevan ojan, ja vastasi Verryn (1975) ja Kaupin (1979a) lähes luonnontilaisilta alueilta saamia arvoja. Laaviosuon ojikko lannoitettiin toukuussa 1978, joten seuranta tapahtui kolmantena kesänä lannoituksen jälkeen. Fosforia on ehkä huuhoutunut aikaisemmin enemmän. Yhtä mahdollista, ja N- ja K-arvoihin verrattaessa jopa todennäköistä on, että hidasliukoisista P-lannoitteista (apatiitti ja hienofosfaatti) ei ole koitunut huuhoutuman lisäystä.

Kirjallisuus

- Anon. 1977: Automatic Chemical analysis system. Moniste, 47 s. Datex, Instrumentarium. Helsinki.
- Heikurainen, L., Kenttämies, K. & Laine, J. 1978: Environmental effects of forest drainage. — Suo 29: 49—58.
- Järvinen, O. & Haapala, K. 1980: Sadeveden laatu Suomessa 1971—77. — Vesihallitus. Tiedotus 1981: 1—102.
- Karsisto, K. 1972: Ravinteiden huuhoutumisesta lannoitetuista suometsistä. — Metsäntutkimuslaitos, Pyhäkosken tutkimusaseman tiedonantoja 2 (6): 1—11.
- Karsisto, K. 1974: Ojituksen ja metsänlannoituksen vaikutus vesien saastumiseen. — Metsäntutkimuslaitos, Pyhäkosken tutkimusaseman tiedonantoja 13: 1—33.
- Karsisto, K. & Ravela, H. 1971: Eri ajankohtina annettujen fosfori- ja kalilannoitteiden huuhoutumisesta 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.
- Kauppi, L. 1979a: Effect of drainage basin characteristics on the diffuse load of phosphorus and nitrogen. — Publ. Water Res. Inst. Helsinki 30: 21—41.
- Kauppi, L. 1979b: Phosphorus and nitrogen input from rural population, agriculture and forest fertilization to water courses. — Publ. Water Res. Inst. Helsinki. 34: 35—46.
- Koroleff, F. 1979: Samanaikainen persulfaattihapetus konnaistypen ja -fosforin määrittämiseksi. — Meri 7: 47—49.
- Pakarinen, P. 1981: Ravinteiden pidättyminen kohosoiden hapettomiin turvekerroksiin. (Summary: Anaerobic peat as a nutrient sink in raised bogs.) — Suo 32: 15—19.
- Pasanen, S., Miettinen, J. & Paakkola, J. 1980: Koaloille lisättyjen ravinteiden seuraaminen. — Teoksessa Pasanen, S. (toim.) Lannoituksen vaikutus ojitetun suon metsäekosysteemiin, tutkimusraportti vuodelta 1979: 31—47. Joensuun korkeakoulu. Biologian laitos.
- Pessi, Y. 1970: Väkilannoitteiden ominaisuuksista ravinteiden huuhoutumisen kannalta. (Summary: On the properties of commercial fertilizers from the viewpoint of washing.) — Suo 21: 58—59.
- Reinikainen, A. & Lindholm, T. 1980. Fertilization experiments on the Laaviosuo mire-ecosystem study area. — Lammi Notes 4: 22—27.

Ruuhijärvi, R. & Reinikainen, A. 1981: Luonnontilaisten ja ojitettujen soiden vertaileva ekosysteemanalyysi -projektin tutkimusohjelma. (Summary: Research program of the project "Comparative analysis of virgin and forest-improved mire-ecosystem"). — *Suo* 32: 86—91.

Särkkä, M. 1970: Metsälannoituksen vaikutus vesistöissä. (Summary: On the influence of forest fertilization on water courses.) — *Suo* 21: 67—74.

Vasander, H. 1981: Luonnontilaisen keidasrämeeen sekä lannoitetun ojikon ja muuttuman ravinnevarat. (Summary: Nutrients in an ombrotrophic bog ecosystem in virgin state and after forest-improvements.) — *Suo* 32: 137—140.

Verry, E.S. 1975: Streamflow chemistry and nutrient yields from upland-peatland watersheds in Minnesota. — *Ecology* 56: 1149—1157.

SUMMARY:

RUNOFF AND LEACHING OF NUTRIENTS FROM THE DRAINED AND FERTILIZED BOG LAAVIOSUO IN 1980

The seasonal fluctuation of runoff and nutrient contents and loads of bog waters were studied from April to October in 1980 in the drained and fertilized ombrotrophic bog in Lammi, southern Finland. The nutrient loads were calculated on basis of the observations in three small drainage basins (Table 1). The data included continuous runoff observations and weekly made water quality observations. The concentrations of N, P, K, Ca, Mg, Na and Fe were analysed; pH and conductivity were measured (Table 2).

Nutrient contents varied more in one weir during the

study period than between the weirs at certain sampling time. Concentrations and loads were clearly dependent on the runoff. The monthly loads of N, P and K varied significantly during the observation period. More than half of the observed leaching occurred during April and May.

The losses of K and N were higher from the ditched and fertilized drainage basin than from the virgin area, but P loads were about the same in all the basins. Annual nutrient yields calculated for three ombrotrophic bog watersheds were generally low and quite similar to results in earlier studies.

Harri Vasander

Suo 32, 1981 (4—5): 137—141

LUONNONTILAISEN KEIDASRÄMEEN SEKÄ LANNOITETUN OJIKON JA MUUTTUMAN RAVINNEVARAT

NUTRIENTS IN AN OMBROTROPHIC BOG ECOSYSTEM IN THE VIRGIN STATE AND AFTER FOREST-IMPROVEMENTS

Ombrotrofiset suot saavat ravinteita vain sateen ja ilmvirtausten mukana. Tasetta parantaa se, että keidassuokasvillisuus pysyy tehokkaasti sitomaan kriittisiä kasvinravinteita ja pitämään niitä sisäisessä kierrossa (esim. Damman 1978, Pakarinen 1978). Keidassoiden karuus ei ole estänyt niiden joutumista metsäojituskohteiksi. Ilman vahvaa NPK-lannoitusta (lannoitusohje, ks. Paavilainen 1979) ei kasvunlisäyksiä saada aikaan. On ilmeistä, ettei mptoin kyetä riittävästi lisäämään ravinteiden mobilisaatiota, vaan systeemin metsitymissukessio on toistuvien lannoitusten varassa (esim. Paavilainen 1977). — Tässä tutkimuksessa tarkastellaan keidasrämee-

ekosysteemin ravinnejakaamaa Lammilla (EH) luonnontilassa ja lannoituksen jälkeen kolmen esimerkin valossa. Työ on nähtävä esitutkimuksena ombrotrofian lannoitustaloudellista merkitystä selvittävälle ravinnetasetutkimukselle. Paavilaisen (1980) perusteellinen julkaisu vanhan IR-muuttuman ravinteiden kierrosta tarjoaa laajan referenssiaineiston täpärästi ojituskelpoisen rämeeen turvekangasta lähenevästä kehitysvaiheesta.

Tutkimuskohteet olivat seuraavat: (1) luonnontilainen KeR Kaurastensuolla, (2) ojikon (KeRoj) ojitusta lannoitusvuosi oli 1978 ja lannoitteet olivat apatiitti 400, biotiitti 570 ja nitroform 310 kg/ha ja ravinnesisältö N 117,8, P 54,4, K 30,1, Ca 177,6, Mg 66,3 kg/ha sekä pieni, mutta analysoimaton määrä hivenaineita, (3) muuttuma (KeRmu) oli ojitettu v. 1966 ja saanut lannoituksena v. 1970 suometsä PK:ta 400 ja ureaa 100 kg/ha eli seuraavat ravinneäärät P 28,8, K 54,8, Ca 94,0, ja N 46,3 kg/ha.

Näytteet ravinneanalyysiin kerättiin 18. 10. 1979

Kirjoittajan osoite — *Author's address*
Helsingin yliopiston Lammin biologinen asema,
SF-16900 Lammi

KORJAUKSIA TEEMANUMEROON "EKOSYSTEEMITUTKIMUKSIA ETELÄ-BOREAALISISTA SOISTA" — Suo 32, 1981 (4—5): 85—145.

CORRECTIONS TO THE ISSUE "STUDIES ON THE ECOSYSTEM OF SOUTHERN BOREAL MIRES" — Suo 32, 1981 (4—5): 85—145.

Osin toimittajista riippumattomista syistä on kirjoituksiin päässyt asian ymmärtämistä haittaavia virheitä. Tapahtunutta pahoitellen pyydämme Suo-lehden lukijoita ottamaan huomioon seuraavat oikaisut.

s. 86 ja 87 taite, virkkeet kuuluvat seuraavasti "Lammilla oli jo voitu käynnistää SA:n rahoituksella esitutkimus kaasunvaihtomittausten käytöstä suoekosysteemin tutkimisessa. Sananmukaisesti kokonaisvaltaisen hankkeen saama arviointi osoitti, ettei . . ." (s. 87 vasen palsta, yläriivi poistuu).

s. 88 Taulukko 1, kohde 9 pitää olla Koski (HL) Heinisuo

s. 95 Poistetaan petiitillä painetusta tekstistä sen toinen virke.

s. 98 Kuva 1, MK:n puustobiomassa on 15150 g/m² eikä 1515.0 g/m², joka ilmoitetaan kuvassa.

p. 98 Fig 1, Tree layer biomass of MK should be 15150 g/m² and not 1515.0 g/m² as is erroneously given in the figure.

s. 106 Kuva 3, RhSN:n pohjakerroksen biomassa on 313.4 g/m².

p. 106 Fig. 3, The biomass of ground layer in RhSN site is 313.4 g/m².

s. 108 Kuva 5, rämeisyyden (1) ja nevaisuuden (2) rajan pylväissä pitää olla eri suotyypien kohdalla seuraava:

p. 108 Fig. 5, the limit between bog oligotrophy (1) and wet oligo- or mesotrophy (2) in the pillars is following:

LkN 24 %, LuSN 7 %, TuSN 0 %, SN 0 %, RhSN 8 %, VL 3 %, TR 64 %, NR 45 %, RhNR 7 %, KR 72 %, KgK 10 %, NK 4 %, LuRhK 0 %.

s. 130 oikea palsta, 1. kappale, 3. ja 4. lause pitää olla "Viimeinen nosto tehtiin 4. 10. 1980. Tässä yhteydessä käsitellään vain 8. noston 20. 10. 1979 (= "kasvu-kausi") ja 9. noston 15. 5. 1980 (KR 1. 6.) . . ."

p. 133 Mire site type abbreviation SN is lacking

s. 136 Taulukko 2: johtokyky/g pitää olla johtokyky.

Antti Reinikainen, Tapio Lindholm & Harri Vasander