

METSÄOJITUKSEN HYDROLOGISET SEURAUSSVAIKUTUKSET

LEO HEIKURAINEN ja SAMULI JOENSUU

SUMMARY:

THE HYDROLOGICAL EFFECTS OF FOREST DRAINAGE

Saapunut toimitukselle 1980-12-20

Tähän mennessä julkaistujen tutkimustulosten perusteella on oheisessa kirjallisuuskatsauksessa tarkasteltu suomaiden hydrologian pääpiirteitä ja metsäojituksen vaikutusta sekä itse suon että ympäristön hydrologiaan. Valtaosa referoiduista tutkimuksista on tehty 1970-luvulla, mutta jo 1930-luvulla on asiaa julkaistu varteen otettavaa tietoa.

Eriyisesti viime aikoina ”kosteikkoja ihailevan ornitologiaekologian” toistama ja korostama soiden hydrologinen rooli näyttää loppujen lopuksi verrattain vaatimattomalta. Soilla ei juurikaan ole esim. ympäristön hydrologisia vaihteluja tasoittavaa vaikutusta. Myöskään pohjavesivarastoina niiden merkitystä ei ole syytä yliarvioida.

Metsäojituksen vaikutus hydrologiaan on mielenkiintoinen, onhan metsänkasvatusta varten ojitettu pinta-ala jo yli 5 milj. ha. Ojituksen vaikutuksesta suon hydrologia samoin kuin suon vaikutus ympäristön hydrologiaankin muuttuu. Muuttuvien osatekijöiden vaikutukset ovat varsin komplisoituja, ja lisäksi ne ovat ajan myötä ja useimmiten juuri kehittyvän puuston myötä muuttuvia. Useimmiten metsäojitus johtaa hydrologisten vaihteluiden pienentymiseen ja siten edullisiin muutoksiin. Poikkeuksellisen voimakkaiden rankkasateiden aiheuttamaa tulvaa metsäojitus kuitenkin saattaa jopa lisätä.

Suolueilta purkautuvien vesien laatuun metsäojituksella on aluksi haitallinen vaikutus. Kiintoaineksen huuhtoutuminen ja humusaineiden kulkeutuminen alapuolisiin vesistöihin saattaa olla vesien ekologialle turmiollinen. Vanhoilta ojitusalueilta tulevat vedet voivat olla jopa puhtaampia kuin ennen ojitusta. Hakuut ja ojien perkaus aiheuttavat kuitenkin jälleen vesien laadun huonontumista.

Viimeaikainen tutkimus- ja kehitystyö on alkanut etsiä menetelmiä, joilla ojituksen hydrologisia haittavaikutuksia voitaisiin pienentää ja tavoitteeksi ojitusalueiden hoidossa ollaan hyväksymässä aktiivinen vesiolojen parantaminen.

I JOHDANTO

Metsäojituksen hydrologiset seurausvaikutukset ovat 1970-luvulla olleet vilkkaan keskustelun kohteena ja kärkevänkin polemiikin aiheena. Usein asiasta on puhuttu ja kirjoitettu tavalla, joka kielii tietojen puutteesta. Helsingin yliopiston suometsätieteen laitoksen

seminaariharjoituksissa talvella 1980 näitä kysymyksiä käsiteltiin varsin perusteellisesti. Koska näiden seminaariesitelmien julkistamiseen näyttäisi olevan laajempaakin mielenkiintoa, olen koonnut esitelmät käsillä olevaksi julkaisuksi.

Esitelmien lyhentämisessä ja yhteen nivomisessa on minua auttanut laitoksen assistentti Samuli Joensuu siinä määrin mittavasti, että hänelle eittämättä kuuluu osavastuu — ja mahdollinen ansio — julkaisusta. Seminaariesi-

telmien pitäjät, joille lausun parhaat kiitokseni, on mainittu pääotsakkeiden jälkeen. Käsikirjoitukseen ovat tutustuneet MMT Juhani Päivinen ja MMK Jukka Laine. He ovat tehneet joukon varteenotettuja huomautuksia.

II SOIDEN HYDROLOGIA

(Erkki Turtinen)

1. YLEISTÄ

11. Hydrologisia perussuureita

Hydrologia on luonnontiede, joka tutkii maapallon vesiä, niiden esiintymistä, kierto- liikettä ja jakautumista, vesien kemiallisia ja fysikaalisia ominaisuuksia sekä niiden vuoro- vaikutusta fysikaalisen ja biologisen ympäristön kanssa, mukaanluettuna ihmisen toiminnan vaikutus vesiin.

Sadanta on hydrologian tärkein perussuure. Sateen synnyn edellytyksenä on ilmassa jäähtymisen vesihöyryn kylläystilaa vastaavaan lämpötilaan eli kastepisteeseen. Tällöin vesihöyry tiivistyy ilmakehässä olevien tiivistymisydinten ympärille ja tulee sateena maahan.

Sadanta voidaan jakaa vuosisadantaan ja kasvukauden sadantaan. Meillä sadantatiedot ilmoitetaan valtakunnallisesti kolmenkymmenen vuoden jaksoina korjattuina arvoina. Keskimääräinen vuosisadanta vaihtelee 500–700 mm:iin (KOLKKI 1965).

Haihdunta on energiaa kuluttava tapahtuma. Energia saadaan auringon säteilystä. Haihdunnalle on ominaista: 1) Haihduttavan pinnan täytyy saada jostakin lämpöenergiaa. 2) Jokin ilmaa sekoittava tekijä siirtää haihtuneen vesihöyryn maanpinnan läheisyydestä. Maanpinnasta ja kasveista tapahtuva haihtuminen eli evapotranspiraatio koostuu lumetomana aikana kolmesta osasta: 1) kasvin pinnalle pidättyneen sadannan eli interseptioveden haihtuminen, 2) haihtuminen paljaasta maanpinnasta, 3) kasvien elintoimintoihin liittyvä ilmarakojen kautta tapahtuva haihtuminen eli transpiraatio. Keskimääräinen vuosihaihdunta on Suomessa 100–350 mm. Lumen pinnalta tapahtuva haihdunta on 20–50 mm. Täten vuosihaihdunnasta valtaosa on kasvukauden haihduntaa.

Valunta syntyy alueelle sataneesta vedestä ja alueella olevan lumen sulamisesta. Se on karkeasti ottaen sadannan ja haihdunnan erotus (HEIKURAINEN 1971 c). Maaperä ja pinnanmuodot säätelevät sadannan ja sulannan joutumista valunnaksi. Valunta muodostuu kolmesta osasta; maanpäällisestä valunnasta, pintakerrosvalunnasta ja pohjavesivalunnasta. Näiden suhteet vaihtelevat vuodenaikojen mukaan. Lumen sulamisaikana keväällä maanpäällisen valunnan ja pintakerrosvalunnan osuus on suuri. Normaaliseisena kesänä valunta on pääasiassa pohjavesivaluntaa. Vuosivalunta on Suomessa keskimäärin 200–400 mm.

Sadannan, valunnan ja haihdunnan perusteella voidaan esittää vesitaseyhtälö tietyllä ajanjaksolla:

$$P = Q + E + dS, \text{ missä}$$

P = sadanta

Q = valunta

E = haihdunta

dS = vesivaraston muutos ko. ajanjaksona

12. Vesipitoisuuden ilmaiseminen

Maan vesipitoisuus ilmaistaan tavallisesti prosentteina joko kuivapainosta, tuorepainosta tai tilavuudesta. Vesipitoisuuden ilmoittaminen kuivapainosta on täsmällinen. Turvemaidella vesipitoisuus on hyvin suuri, koska turve on hyvin keveä maalaji. Luonnontilaisessa turpeessa vettä saattaa olla jopa 800–1200 % kuivapainosta. Vesipitoisuuden ilmaiseminen tuorepainosta on epätarkka menetelmä sikäli, että kosteuspitoisuuden muuttuessa myös vertailusuure muuttuu. Suositeltava tapa on ilmaista vesipitoisuus prosentteina tilavuudesta. Ongelmana on turvenäytteen tilavuuden tarkka määrittäminen (HEIKURAINEN 1971 c).

13. Maavedet ja niiden energiasuhteet

Maavedet voidaan jakaa vapaisiin ja sitoutuneisiin vesiin. Vapaa vesi liikkuu maan vetovoiman vaikutuksesta. Pintakerroksesta alaspäin liikkuva vapaa vesi on vajovettä. Sen esiintyminen maassa on lyhytaikainen ilmiö sateen jälkeen. Jos vajovettä on niin runsaasti, että sitä liikkuu tai on paikoillaan maan pinnalla, voidaan puhua pintavedestä. Vapaista vesistä tärkein on pohjavesi. Se on yleensä jatkuksessa liikkeessä.

Sitoutuneet vedet voidaan luokitella fysikaalisesti ja kemiallisesti sitoutuneisiin vesiin. Edellinen ryhmä voidaan jakaa kapillaariveteen, onteloveteen ja kolloidisesti sitoutuneeseen veteen (= hygroskooppinen kosteus). Kemiallisesti sitoutunutta vettä on monissa orgaanisissa maalajeissa.

Maaveden jännityksellä tarkoitetaan kaikkia niitä voimia, jotka pidättävät vettä maahiukkasiin, lukuunottamatta osmoosia. Voidaan puhua myös maaveden vapaan energian vajauksesta. Puhtaan vapaan veden energia on nolla. Maaveden jännitys ja osmoottinen paine pyrkivät pienentämään sitä. Täten maaveden vapaan energian vajaus = osmoottinen paine + maaveden jännitys.

Maaveden jännitys voidaan ilmaista paineen yksiköillä (bar) tai ns. pF-luvulla. Tämä on vesipatsaan korkeutena (cm) ilmaistun vapaan energian vajauksen kymmenjärjestelmäinen logaritmi. Tätä selventää seuraava asetelma:

paine (ba)	vesipatsaan korkeus (cm)	pF-arvo
0.01	10	1
0.1	100	2
1.0	1000	3
10.0	10 000	4

Yleisesti on määritelty pF-arvoja tietyille maan vesipitoisuuden rajakohdille. Tavallimmat tällaiset rajakohdat ja niitä ilmaisevat pF-arvot ovat (esim. HEIKURAINEN 1971 c):

kyllästyskosteus	pF 0
kenttäkapasiteetti	pF 1,6–2,0
vähenevän kasvun raja	pF 3,0
lakastumisraja	pF 4,0–4,5
hyödytön vesi	pF 4,5–

Kyllästyskosteudessa maan koko huokostila on veden täyttämä. Kenttäkapasiteetti vastaa maan vesipitoisuutta sen jälkeen, kun vapaa vesi on valunut maasta pois. Vähenevän kasvun rajalla vedensaanti muodostuu kasvien kasvun minimitekijäksi. Lakastumisraja on pienin vesipitoisuus, missä kasvit pystyvät ottamaan juurillaan vettä maasta. Kenttäkapasiteetin ja lakastumisrajan erotusta kutsutaan hyötykapasiteetiksi. Mitä suurempi maan hyötykapasiteetti on, sitä paremmin se pystyy varastoimaan vettä ja sitä paremmin siinä kasvavat kasvit kestävät poutakausia. Lisäksi haihtuminen on sitä vähemmän riippuvaista sateiden tasaisuudesta.

2. TURPEEN VESIOLOT

21. Turpeen sisältämät vesimäärät

Turvemaiden vesipitoisuudet ovat huomattavan korkeat verrattuna mineraalimaihin. Tämä johtuu turpeen pienestä tilavuuspainosta (BOELTER 1968). Turpeen sisältämä vesimäärä riippuu maaveden jännityksestä esim. seuraavasti (PÄIVÄNEN 1973):

pF-arvo	vettä turpeessa (% tilavuudesta)
0	82–95
2	25–72
3	17–44
4,2	10–21

Maaveden jännitys ja pohjavesipinnan korkeus ovat keskenään vuorosuhteessa. Pintaturpeen vesipitoisuus on sitä suurempi, mitä lähempänä maanpintaa pohjavesi on (HEIKURAINEN 1964).

Hydrologisesti aktiivinen kerros suon pinnassa on muutamia kymmeniä senttimetrejä. Kerroksen alapuolella vesi on saattanut seisoa paikoillaan satoja vuosia. Biologisesti aktiivisessa juuristovyöhykkeessäkin liiallinen vesi saattaa aiheuttaa niin heikon tuuletuksen, että hapen saanti ja hiilidioksidin poistuminen saattavat muodostua kasvua rajoittaviksi tekijöiksi. Tarpeellinen ilmatila on vähintään 10 % turpeen tilavuudesta (PÄIVÄNEN 1973).

Pohjaveteen varastoitunut vesimäärä riippuu lähinnä pohjaveden korkeudesta. Huokosvesimäärä pohjavesipinnan ja maanpinnan välissä riippuu aikaisemmista sateista ja

haihtumismäärästä. Suolla, missä pohjavesi on lähellä pintaa, huokosveden vaihtelut ovat ilmeisen pieniä. Tällöin voidaan olettaa, että vesivaraston muutos turpeessa on verrannollinen vedenkorkeuden muutokseen (BOELTER 1968).

22. Turpeen vedenpidätyskyky

Turvemaat pidättävät vettä erittäin voimakkaasti. Vedenpidätyskykyä (Water retention) kuvataan usein ns. sorptiokäyrillä. Kyllästyskosteudessa maatumaton rahkaturve pidättää vettä enemmän kuin maatuneet turpeet. Maaveden jännityksen lisääntyessä rahkaturpeen pidätyskyky heikkenee. Kyllästyskosteudessa kaikki turpeet pystyvät pidättämään yli 80 % vettä tilavuudestaan. Esim. rahkaturve pystyy pidättämään vettä 95–99 % ja saraturve 80–90 % (PÄIVÄNEN 1973).

Kokonaishuokostilavuus vähenee maatumisasteen kohotessa. Turpeella huokostilavuus on kuitenkin aina suuri, sillä turpeen todellinen tilavuuspaino on 0,04–0,20 g/cm³. Erittäin heikosti maatuneessa turpeessa kokonaishuokostila on n. 97 % ja pitkällekin maatuneessa turpeessa n. 85 % tilavuudesta (BOELTER 1964). Huokoskojakauma on vedenpidätyskyvyn kannalta tärkeämpi kuin kokonaishuokostila. Alhaisilla maaveden jännityksen arvoilla ja turpeen ollessa täysin maatumatonta Palustria-ryhmän rahkasammalten on todettu pidättävän voimakkaammin vettä kuin *S. fuscum* ja *S. recurvum*. Täten myös kasvijännöskoostumuksella on merkitystä veden pidättymiseen (esim. PÄIVÄNEN 1973).

23. Turpeen vedenläpäisevyys

Turpeen vedenläpäisevyys (hydraulic conductivity) on heikko. Veden liikkeet turpeessa ovat hitaita ja tapahtuvat pääasiassa suurimpien huokosten muodostamia onkaloita pitkin. Suurin osa vedestä on pienissä huokosissa, jotka pidättävät vettä suhteellisen lujasti. Darcyn laki kuvaa veden läpäisevyyttä maassa:

$$k = \frac{Q}{S (\Delta h / \Delta l)} \quad (\text{m/s, cm/s}), \text{ missä}$$

k = vedenläpäisevyys (Darcyn kerroin)

Q = maanäytteen aikayksikössä läpäissyt vesimäärä

S = maanäytteen pinta-ala

$\Delta h / \Delta l$ = hydraulinen gradientti
(Δh = korkeusero veden kulkemalla matkalla Δl)

Vedenläpäisevyys (k) riippuu maan huokoisuudesta, rakeisuudesta ja humuspitoisuudesta (BOELTER 1968). PÄIVÄNEN (1973) on saanut turpeen vedenläpäisevyyden kvantitatiiviseksi vaihtelualueeksi $2,0 \times 10^{-6}$ – $1,1 \times 10^{-2}$ cm/s. Maatuneisuuden kasvaessa vedenläpäisevyys pienenee jyrkästi. Vedenläpäisevyys on pienintä rahkavaltaisissa ja suurinta puuvaltaisissa turpeissa. Havaintosyvyyden kasvaessa vedenläpäisevyys pienenee jyrkästi. Pintaturpeessa olevat juuret ja niiden aiheuttama liike sekä makrohuokokset ja -tiehyet muodostavat vedelle kulkuteitä. Turpeen kolloidisuus lisääntyy syvemmälle mentäessä, mikä pienentää veden liikkuvuutta (SARASTO 1963).

3. HAIHDUNTA SUOLTA

Avosoilla haihdunta lähenee paljaan vesipinnan haihduntaa (VIRTA 1962). Haihtuminen suon pinnalta voi olla jopa 10–30 % suurempi kuin vesipinnasta (WÄRE 1947, VIRTA 1962). Syynä tähän on suonpinnan moninaisten mikroepätasaisuuksien runsaus.

Ilmastotekijöiden lisäksi haihduntaan vaikuttaa kasvillisuuden laatu. Suurin haihtuminen on havaittu kesäkuussa (VIRTA 1962). Tällöin kasvillisuuden kehittyminen on voimakkainta. Kasvillisuuden vaikutus on suurin kesinä, jolloin haihtuminen on runsasta. Myös pohjaveden syvyys vaikuttaa haihtumiseen. Mitä korkeammalla se on, sitä suurempi on haihdunta.

Turpeen vesipitoisuuden ollessa suuri haihdunta kasvaa suhteessa tulevaan säteilyyn. Haihtumisen jatkuessa vesipitoisuus pienenee. Tietyn rajakohdan alapuolella myös haihdunta alkaa pienetä. Veden kapillaarinen nousukorkeus ja -nopeus suhteessa haihduntanopeuteen vaikuttavat ratkaisevasti ko. rajakohtaan. Veden kapillaarinen nousu on jonkin verran hitaampaa kuin haihdunta. Yöllä tämä ero korvautuu.

VIRRAN (1966) mukaan ilmastotekijät ja

veden syvyys ovat tärkeimmät tekijät avosoilla tapahtuvassa haihdunnassa. Veden syvyys vaikuttaa enemmän kuin kasvillisuustyyppi. HEIKURAINEN (1963), PAAVILAINEN & VIRRANKOSKI (1967), JUUSELA ym. (1969) ja AHTI (1977) ovat päätyneet vastaaviin tuloksiin.

4. VALUNTA SUOLTA

Pintavalunta on suuri sellaisessa maaperässä, jossa pinnan lähellä on läpäisemätön kerros, joka estää veden suotautumisen alaspäin. Turpeessa valunta on suurinta parhaiten vettä läpäisevässä pintakerroksessa. Valunta saattaa riippua myös aikaisemmista sateista ja haihtumismäärästä, koska turpeen hydrologiset ominaisuudet riippuvat siitä, kuinka kauan se on ollut veden kyllästämää.

Soiden vedet purkautuvat usein melko välittömästi pintavesiuomiin ilman lähteitä tai suotautumiskenttiä. Pohjavesivalunta riippuu turpeen vedenläpäisevyydestä pohjavesipinnan tasolla. Ns. orsivesisoiden pohjavesivalunta on melko vähäistä, koska orsivesi ei ole yhteydessä varsinaiseen pohjaveteen. Ns. pohjavesisoiden pohjavesivalunta riippuu ympäröivien maiden pohjavesivalunnasta. Yleensä soiden pohjavesivalunta on erittäin pieni (EGGELSMAN 1960).

5. SUON HYDROLOGINEN ROOLI

Suon merkityksestä yli- ja alivalumien tasaajana on esitetty kaksi vastakkaista teoriaa. Aleksander von Humboldtin 1800-luvun alussa esittämän ns. pesusieniteorian mukaan suolla on yli- ja alivalumien huippuja tasaava vaikutus. Tämän mukaan sadekausien- ja lumensulamisedet varastoituvat keväällä turpeeseen ja valuvat vähitellen pois kesän aikana. Talveen mennessä varastot ovat tyhjt seuraavaa kevättä tai sadekautta varten. Pesusieniteoria tuskin kuitenkaan

pitää paikkansa normaaleissa suo-olosuhteissa. Maatumaton turve olisi hyvä vedenvarastoija suuren huokostilan takia, mutta se luovuttaa veden nopeasti. Maatunut turve pidättää vettä tiukemmin itsessään, mutta sen varastotila on yleensä täynnä. Kun maan huokostila on täynnä, lisävesi aiheuttaa maanpäällistä- ja pintakerrosvaluntaa. Toisaalta voitaisiin olettaa, että jos huokostila on tyhjänä, vedenkorkeuden äkkiä voimakkaasti noustessa turveosaset eivät ehtisi pidättää vettä lyhyenä kyllästymisaikana. Laboratorio-koeksissa on todettu turpeen kyllästymisen vievän aikaa 1–4 vrk. Tätä oletusta ei tue kuitenkaan kenttähavainto (VIRTA 1962), jonka mukaan valumissa ei havaittu mitään olennaista muutosta vedenkorkeuden ollessa noussussa.

Ns. pesuvatiteorian mukaan suo on melkein aina täynnä vettä. Sinne tuleva lisävesi "läikky" yli ja suolla on valumahuippuja korostava vaikutus. Tätä tukevia tuloksia on saatu lähinnä kohosoilta. BADENin ja EGGELSMANin (1963) pohjois-saksalaisilta keidassoilta esittämien tulosten mukaan valunnan vaihtelut ja vesivaraston muutos noudattavat sadannan vaihteluita. Runsaan sateen ja valunnan alkamisen välinen aika oli muutamia tunteja. Valunta oli aluksi runsasta ja tasoittui nopeasti. Valunnan huippu oli lyhytaikainen. Amerikkalaisen tutkimuksen mukaan (BAY 1969) kohosoilla on todettu, että suurin osa valunnasta (2/3) tapahtuu huhti- toukokuussa. Kesäaikana valunta on vähäistä, vaikka sademäärä on suuri.

Näiden tulosten perusteella suot eivät varastoi vettä pitkäksi ajaksi eivätkä säännöstele valuntaa. Lyhytaikaista veden varastoitumista suohon tapahtuu. Tämän vuoksi valunnan huiput ovat melko matalia ja kesäylivalumat selvästi pienempiä kuin kevätylivalumat. Suolta tapahtuva voimakas haihdunta alentaa kesäkauden pohjavesipintaa ja saa aikaan varastoitumistilaa kesäsateiden vesimäärille. Alivalumat ovat selvässä yhteydessä pohjavesipinnan alhaisuuteen. Soiden lähes tasainen topografia aiheuttaa jonkin verran valunnan viivästymistä.

III OJITUS JA HYDROLOGIA

(Juha Hiltunen)

1. JOHDANTO

11. Yleistä

Vesitalouden oikea järjestely on kasvi- tuotannon perusedellytys määrillä mailla. Meillä on kuivatettu soita tähän mennessä noin 5.3 milj. ha. Suo voidaan ainakin teoriassa muuttaa vesitaloudeltaan optimaaliseksi kasvupaikaksi ojituksella.

Ojituksen vaikutukset suon vesioloihin ilmenevät osittain jo ojituksen tavoitteista. Yleisten johtopäätösten teko edellyttää usein ojitusta seuraavien vuosikymmenten hydrologisten muutosten seuranta. Ympäristön vesiolojen mahdolliset muutokset voidaan selvittää tutkimalla ojitusalueita ympäröivien kangasmaiden vesioloja ja kasvillisuutta.

12. Ojituksen tavoite

Ojituksen tavoitteena on parhaan kasvun antava ritsosfääri eli juuriston käyttämän pintamaakerroksen vesipitoisuus. Optimikosteus saavutetaan pF-arvolla 2.0–2.5. Eri ksveilla on erilainen kyky ottaa vettä mm. solurakenteesta ja hapen tarpeesta riippuen. Metsäpuilla pF-optimi lienee kasvukauden aikana 2.2. Tietyn pF-optimin säilyttäminen kasvukauden aikana on vaikeaa mm. kuivien kausien ja sarkaleveyden vaikutuksen vuoksi (HEIKURAINEN 1979). Turvelajilla on huomattava vaikutus pF-optimin mukaiseen vesipitoisuuteen. HEIKURAINEN (1967) mukaan esim. sararahkaturpeen (CS-t) optimivesipitoisuus on 40 % tilavuudesta ja metsäsaraturpeen (LC-t) vastaavasti 47 %.

Pintamaakerroksen vesipitoisuuden ja pohjavesipinnan välillä on kiinteä riippuvuusuhde. Pohjavesipinnan syvyyden eli kuivatussyvyyden mukaan voidaan määrittää ojituksen tavoite tiettyinä kuivatustasoina (-standardina). Turvemaidemme kuivatustasoina on esitetty 50–80 cm olosuhteista riippuen. Käytännön metsäojituksessa on tyydytty usein 30–40 cm:n kuivatussyvyyteen, jolloin saadaan vielä tyydyttävä puuston kasvu. Ilmasto, turvelaji, puusto, sarkaleveys ja ojitusvaikutukset vaikuttavat kuivatustasoiin. Yleisesti voidaan sanoa, että ”haluttu” kuiva-

tusvyvyys on pienempi kuin mitä biologinen optimikuivatus vaatisi (HEIKURAINEN 1971 c). On myös syytä erottaa ekonomisesti edullisin kuivatus biologisesti edullisimmasta. Edellinen on aina vähemmän intensiivinen kuin jähkimäinen (KELTAKANGAS 1971). Optimikuivatus saadaan teoreettisesti siten, että määritetään ensin pF:n funktiona kasvun optimikäyrä sekä optimikasvua vastaava vesipitoisuus. Tämän jälkeen määritetään optimivesipitoisuutta vastaava kuivatustasoin. Lopuksi valitaan kuivatustasoin mukainen ojitusvaikutus ja sarkaleveys (HEIKURAINEN ym. 1964).

13. Ojituksen tekninen toteutus

Teoreettisesti voidaan vesitalouden järjestelyssä saavuttaa tietty kuivatussyvyys lukuisalla määrällä erilaisia ojitus- ja sarkaleveyskombinaatioita. Tällöin oletetaan, että syvällä ja harvalla ojastolla saavutetaan sama tulos kuin matalalla ja tiheällä ojastolla (MESHECHOK 1960). Käytännössä kuivatustekniset ja taloudelliset näkökohdat rajoittavat kombinaatioiden määrää.

Metsäojituksessa käytetään maassamme nykyisin 60–90 cm:n ojitusvaikutusta. Se on pienentynyt alkuaikojen 120–140 cm:n syvyydestä. Tutkimusten mukaan ojan syventämisellä tietyn rajan jälkeen ei ole merkittävää vaikutusta kuivatussyvyyteen. Tärkeimmät ojitusvaikutuksen valintaan vaikuttavat tekijät ovat turvekerroksen paksuus, turpeen maatuneisuus ja pohjamaan laatu (HEIKURAINEN 1971 c). Vanhoilla ojitusalueilla on ojan syvyys kuitenkin todettu erittäin tärkeäksi puuston viihtymiselle (HEIKURAINEN 1980 b).

Sarkaleveydessä erotetaan käsitteet geometrisen ja efektiivisen sarkaleveys sekä biologisesti ja taloudellisesti edullisin sarkaleveys. Geometrisen sarkaleveys on meillä todettu merkittävämmäksi kuin efektiivinen, koska kaltevuus on soillamme yleensä pientä. HEIKURAINEN (1967) mukaan ojitusvaikutuksen pysyessä vakiona (75 cm) biologisesti optimaalinen kuivatussyvyys saavutetaan esim. heikosti maatuneella sararahkaturpeella 8 m:n ja kohtalaisesti maatuneella metsäsara-

turpeella 15 m:n sarkaleveydellä.

Taloudellisesti edullisin sarkaleveys on aina suurempi kuin biologisesti edullisin. Mikäli tuotot ovat pieniä karusta kasvupaikasta tai alhaisista puunhinnoista johtuen, on taloudellinen optimi leveillä saroilla. Myös alueellinen sijainti, suon kaltevuus ja puuston määrä muuttavat taloudellista optimia (KELTAKANGAS 1971). Erityisesti ilmastoerojen vuoksi eri maissa on päädytty erilaisiin sarkaleveyksiin. Merisen ilmaston alueella, esim. Brittein saarilla sarkaleveys on 7–12 m, Suomessa 25–60 m ja mantereisen ilmaston alueella Neuvostoliitossa 60–100 m (HEIKURAINEN 1967).

2. OJITUKSEN VAIKUTUS SUON HYDROLOGIAAN

21. Vaikutus pohjavesipintaan

Ojitus laskee suon pohjavesipintaa. Pohjavesipinnan syvyyden muuttumista ei näytä selittävän niinkään kuivatussyvyydestä vaan turvekerroksen omat ominaisuudet: rakenne, maatuneisuus ja huokostila. Näitä turpeen ominaisuuksia ilmentää käsite pohjavesikerroin (HEIKURAINEN 1971 c). Pohjavesikerroin on suhdeluku, joka ilmaisee pohjavesipinnan syvyyden muutoksen ja muutoksen aiheuttaneen vesimäärän suhteen. Pohjavesikerroin riippuu turpeen ominaisuuksista ja pohjaveden syvyydestä (PÄIVÄNEN 1964). Mitä suurempi pohjavesikerroin on, sitä suurempia ovat pohjavesipinnan vaihtelut. Sadannan ja valunnan tapauksissa kerroin on samaa suuruusluokkaa. Valunta aiheuttaa pohjavesipinnan laskua vain pintakerroksissa. Haihdunta aiheuttaa pohjavesipinnan vuorokautista vaihtelua (HEIKURAINEN 1963).

Ojitusvaikutuksen aikana ja ehkä muutaman viikon tai kuukauden kuluessa ojitusvaikutuksesta suon pohjavesipinta laskee 20–30 cm. Tämä vastaa noin 50 mm:n vesimäärää eli 500 m³/ha. Pelkällä ojituksella pohjavesipintaa ei saada lasketuksi kovin syvälle saran keskellä, koska veden liike on turpeen sisällä hidasta (HEIKURAINEN 1971 d). HUIKARI ym. (1966) ovat havainneet tutkimuksissaan rimpisellä rahkanevalla, että sarkaleveys vaikuttaa voimakkaammin pohjavesipinnan syvyyteen. Sarkaleveyden, ojitusvaikutuksen ja säävaihte-

luiden avulla voitiin pohjavesipinnan vaihtelusta selittää 96–99 %.

Pohjavesipinta oli sitä alempana, mitä kapeampi sarka oli. Samoin pohjavesipinnan syvyyden vaihtelut olivat sitä suppeammissa rajoissa, mitä kapeampaa sarkaa käytettiin.

Pohjavesipinnan syvyyden kesto eli pohjaveden kesto on prosenttilukusarja, joka ilmaisee kuinka pitkän ajan vesipinta on pysytellyt tietyn rajan alapuolella tai yleisemmin tietyissä rajoissa (HEIKURAINEN 1971 a). HUIKARI (1957) on todennut tutkimuksissaan, että pohjaveden kesto on 0–10 cm:n turvekerroksessa ollut kasvukauden aikana leveillä saroilla suurin ja pienin kapeilla saroilla. Etenkin puustoisilla saroilla pohjaveden kesto suurenee sarkavälin kasvaessa. KYTÖVUORI (1979) mukaan pohjavesipinta saran keskellä ja reunoilla vaihteli heti ojituksen jälkeen 10 cm:n rajoissa. Pohjavesipinnan poikkileikkausprofiili oli saralla vähemmän kupera kuivina kuin märkinä jaksoina.

22. Vaikutus haihduntaan

Ojituksen vaikutuksesta sekä kasvien haihdunta että vapaasta vesipinnasta tapahtuva haihdunta pienenevät. Evaporaatio vähenee heti pohjavesipinnan laskiessa ja väheneminen jatkuu myöhemminkin, koska kehittyvä puusto vähentää evaporaation tarvitsemää energiaa. Transpiraatio lisääntyy myöhemmin puuston kehittyessä. Evapotranspiraatio vähenee heti ojituksen jälkeen, mutta se saavuttaa ennen ojitusta olleen tason vuosien kuluessa (HEIKURAINEN 1972).

Suon pintakerrosten kuivuminen etenkin avosoilla ehkäisee tahokkaasti evaporaatiota. Transpiraatio on suokasvien kuivumisen vuoksi vähäistä. Täten kokonaishaihdunta ilman elinvoimaista puustoa, siis esim. nuorilla ojitusalueilla, on kuivana kautena vähäistä (KYTÖVUORI 1979).

23. Vaikutus valuntaan

Metsäojitus lisää vuotuista valuntaa noin 30 %. Suhteellinen lisäys on suurin talven ja kesän alivalumien aikaan. Vaikka vuotuinen valunta suurenee, maksimivalunta pienenee ojituksen vaikutuksesta. Ojitus lisää valuntaa ensimmäisinä vuosina (0–10 v), mutta van-

hoilla ojitusalueilla (20–50 v) valunta pienee (HEIKURAINEN 1972).

Ojitusta seuraavina vuosina pohjavesipinnan aleneminen pienentää voimakkaasti haihduntaa, jolloin valunta vastaavasti suurenee. Toisaalta suohon on syntynyt varastoitumistilaa pohjavesipinnan laskiessa. Tämä josain määrin hidastaa vesien purkautumista. Mitä tiheämpi ojasto on, sitä vähäisemmäksi jää varastoitumistilan valuntaa hidastava vaikutus (HEIKURAINEN 1971 d). AHTI (1977) toteaa, että mitä pienempi on ojaväli, sitä lyhyempi on keskimääräinen valuntaetäisyys ojaan eli ojituksen valuntaa kiihdyttävä vaikutus kasvaa saran kaventuessa.

Valunta pienee erittäin jyrkästi pohjavesipinnan laskiessa. Lisäksi eri levyisillä saroilla ojitus vaikuttaa maassa oleviin vesiin eri tavalla. Pohjavesipinnan ollessa 0–10 cm:n syvyydessä valunta suurenee lineaarisesti sarkaleveyden muuttuessa 80:stä 12 m:iin. Pohjavesipinnan ollessa 30–40 cm:n syvyydessä, vasta 10–20 m:n sarkaleveys lisää valuntaa. Pohjavesipinnan ollessa yli 50 cm:n syvyydellä ei valuma-aluevyydellä ilmeisesti ole vaikutusta valuntaan lainkaan (HUIKARI 1959). Myös ojasyyvyyden kasvaessa valunta suurenee ojitusalueilla (HUIKARI ym. 1966).

Sadejaksojen valunta on ojitetuilla alueilla pienempi ja poutajaksojen vastaavasti suurempi kuin ojittamattomilla. Hydrologisia vaihteluita tasoittavan vaikutuksen katsotaan johtuvan vedenvarastoitumiskyvyn lisääntymisestä, valuntakynnyksen alenemisesta ja myöhemmin puuston lisääntyvistä pidän-

nästä ja haihdunnasta. Toisaalta, jos lisääntynyt varastoitumistila täyttyy, valuntaa tasoittava vaikutus menetetään (KYTÖVUORI 1979). Näin voi tapahtua etenkin syysstateiden aikana.

24. Vaikutus ympäröivien alueiden vesioloihin

Ojituksella ei maassamme ole missään oloissa havaittu olleen haitallisia vaikutuksia soita ympäröivien kangasmaiden vesitalouteen eikä puuston kasvuun. Useat tutkimukset osoittavat, että pohjavesivalunta soilta on hyvin pientä, eikä ojitus yleensä vaikuta siihen millään tavalla. Ojitus alentaa soilla pohjavesipintaa 20–30 cm, eikä tämän suuruinen muutos aiheuttane muutoksia ympäristön pohjavesisuhteisiin (HEIKURAINEN 1972).

Kangasmaiksi luokitetuilla alueilla ei ojituksen havaittu LAINEEN ja SEPPÄLÄN (1977) mukaan aiheuttaneen puuston sädekasvun pientymistä. Ojien läheisyydessä sädekasvu jopa lisääntyi lievästi. Sitä vastoin mantereisen ilmaston alueella Ukrainassa ja Valko-Venäjällä syvillä ojilla tehdyissä kuivatuksissa on havaittu ojituksen aiheuttaneen ympäröivien kangasmaiden pohjavesipinnan laskua verrattain kaukana ojitusalueelta. Ympäröivien kangasmaiden kuivuminen ojituksen vaikutuksesta näillä alueilla johtui lähinnä makroilmastosta, suuresta ojasyyvyydestä, läpäisevistä maalajeista ja alueen alkuperäisestä vesitaloudesta. Suomen ilmasto-oloissa tällaista ei ole havaittu.

IV OJITUKSEN VAIKUTUS PURKAUTUVIEN VESIMÄÄRIEN MÄÄRÄÄN JA LAATUUN

(Jouni Kotiranta)

1. JOHDANTO

Metsäojituksella on sanottu olevan huomattava vaikutus vesistöihin. Viime vuosien tulvat etenkin Pohjanmaalla ajoittuvat vilkkaimpaan metsäojituskauteen ja sen jälkeiseen aikaan. Tästä syystä ojituksen vaikutus ylivirtaamiin on saanut yleistä huomiota osakseen. Ali- ja keskivirtaamien trendi kiin-

nostaa lähinnä voimatalouden, virkistyskäytön ja kalatalouden edustajia.

Ympäristönsuojelun kannalta vesien laatu on tärkeä. Yleisesti on esitetty, että soilta valuva vesi olisi ojituksen seurauksena muuttunut humuspitoisemmaksi. Vaikka uudisojituksen vilkkain aika oli runsas kymmenen vuotta sitten, on edelleen kiinnitettävä huomiota ojituksen haittavaikutuksiin. Ojat on

perattava noin 20 vuoden välein. Perkauksen vesistövaikutukset ovat samantapaisia kuin uudisojituksen. Päätehakuun jälkeen tehtävä uudelleen ojitus perkauksineen ja täydennysojituksineen vastaa uudisojitusta.

2. OJITUKSEN VÄLITTÖMÄT VAIKUTUKSET

21. Vesivaraston muutos

Jo ojitusta suoritettaessa suolta valuu runsaasti pintavesiä. Ojien valmistuttua niihin valuu vettä 20–30 cm:n vahvuisesta pintaturpeesta. HEIKURAINEN ym. (1978) tutkimuksessa, jossa ojitus tapahtui kesäkuussa, todettiin vesivaraston purkautuneen suurimmaksi osaksi kahden ojitusta seuranneen kuukauden aikana. KYTÖVUOREN (1979) tutkimuksessa ilmeni, että märkänä kesänä vesivaraston purkautuminen siirtyi ojituskesää seuraavaan talveen ja osittain kevääseen. Mitä tehokkaampi ojitus on, sitä suuremmaksi vesivarastotila muodostuu. Tehokas ojitus lisää myös valuntaa.

Sekä luonnontilaisella että ojitetulla suolla pohjaveden pintahan taas riippuu sateista. Ojituksen jälkeinen pohjaveden pinnan lasku on sitä suurempi, mitä ylempänä se alunperin on ollut (HEIKURAINEN 1971 a). Huolimatta siitä, että vesivaraston muutoksen suuruus riippuu useista tekijöistä, voidaan vesimäärän suuruusluokka laskea esim. pohjavesikertoimen avulla. Esim. jos kuivatuksen vaikutukseksi oletettaisiin 25 cm:n pohjavesipinnan aleneminen esim. 10 cm:stä 35 cm:iin olisi vesivaraston muutos n. 50 mm eli n. 500 m³/ha (vrt. HEIKURAINEN 1980).

MUSTONEN ja SEUNA (1971) ovat tehneet valumahavaintoja alueelta, joka otettiin tutkimuskäyttöön 45 vuotta sitten. Heidän havaintojensa mukaan ojitus lisäsi keskivalumaa 65 % neljänä ensimmäisenä vuotena. Metsäisen suon ojittaminen ei lisännyt niin paljon vuosivaluntaa kuin avosuon ojitus. Ojituksen todettiin lisänneen valuntaa myös talvella. Tutkimusalueella ojien pohjat ylsivät usein sora- tai hiekkakerrokseen. Karkeajakoinen mineraalimaa toimii salaojituksen tavoin ja johtaa vettä turpeesta ojiin.

22. Huuhtoutuminen

HEIKURAINEN ym. (1978) mukaan vesien mukana huuhtoutuva orgaaninen aines lisääntyy merkittävästi ojituksen aikana ja jonkin aikaa sen jälkeen. Orgaanisen aineen määrä laskee kuitenkin nopeasti. Kahden kuukauden kuluttua vesi on humuspitoisuudeltaan samanlaista kuin ennen ojitusta. Sen sijaan lähinnä ojaeroosiosta johtuva kiintoainehuuhtouma jatkuu pitempään keskittyen ylivirtaamakausiin. Kiintoainekuormituksen osalta voidaan todeta, että ojien kaivua seuranneiden parin kuukauden aikana suolta valuva vesi puhdistuu huomattavasti. Kaivun aikainen n. kilon suuruinen kuormitus hehtaaria kohti laskee kymmenessä viikossa 8–70 grammaan. Määrä riippuu sademäärästä.

KYTÖVUORI (1979) selostaa osaksi samaa tutkimusta kuin edellä ja toteaa että huuhtoutuminen oli myös suurinta kaivun aikana ja välittömästi sen jälkeen. Orgaanista ainesta huuhtoutui eniten valunnan ollessa suurimmillaan sateiden jälkeen. Kaivun aikana kiintoainekonsentraatioksi mitattiin 100–200 mg/l. Sarkaojien aukaisulla oli selvä vaikutus pitoisuuksiin. Myöhemmin samana kesänä vesilitrassa oli kiintoainetta 2–20 mg. Tämäkin ylitti selvästi ojitusta edeltäneen kesän kiintoainemäärän. Huuhtoutuneen kiintoaineen absoluuttinen määrä oli kaivun aikana 1–4 kg/vrk hehtaarialta ja myöhemmin samana kesänä noin 100 g/ha vuorokaudessa.

3. PITKÄAIKAISET VAIKUTUKSET

31. Pidännän lisääntyminen

Osa vapaasta sadannasta pidätty metsikössä puiden latvuksiin ja haihtuu sieltä ilmaan tai imeytyy lehtiin ja neulasiin. Tästä osasta käytetään nimitystä puustopidäntä. HEIKURAINEN ja PÄIVÄNEN (1970) ovat tutkineet hakkuiden vaikutusta suon vesioloihin. Poistettaessa kuutiomäärästä 20 %, maahan tuleva sadanta lisääntyy 7 %. Harvennettaessa 40 ja 60 % vastaava maahan tuleva sadannan lisäys oli 8 ja 12 %. Avohakkuu lisäsi maahan tulevaa sadantaa 29 %. PÄIVÄSEN (1966) mukaan mäntytaimikko pidättää sateesta 15 %. Varttuneissa koivikoissa pidäntä oli 23 %,

männiköissä 29 % ja kuusikoissa 38 %. Yllä olevista tuloksista voidaan päätellä, että puuston elpyminen ojituksen johdosta vaikuttaa edullisesti maan vesioloihin.

32. Valuman muutokset

MUSTONEN ja SEUNA (1971) ovat laske-neet ojituksen lisänneen ensimmäisten yhdek-sän vuoden valumaa keskimäärin 43 % luon-nontilaisesta. Haihdunnan pieneneminen on tärkein valuman kasvun selittäjä. Haihdun-nan oletetaan kasvavan taimikon kasvun myötä. Tarkasteltaessa vuosivalunnan lisäyk-sen jakaantumista eri kuukausina, valunnan todetaan lisääntyneen kaikkina kuukausina. Alivalumakuukausien keskivaluman suuri lisäys on huomionarvoinen.

Kevätylivaluma kasvoi em. tutkimuksessa ojituksen johdosta keskimäärin 31 % ja kesä-ylivaluma peräti 131 %. Alivalumat kasvoivat voimakkaasti sekä talvella että kesällä. Tämä johtuu pääosin siitä, että ojat tekevät virtauksen mahdolliseksi kaikkina vuodenaikoina. HEIKURAISEN ym. (1978) mukaan kuivina kausina valunta jatkuu ojitetuilta alueilta pitempään kuin luonnontilaisilta. Vaihte-luiden tasaantuminen johtuu lähinnä siitä, että ojitus alentaa valuntakynnystä ja lisää suon vedenvarastoimiskykyä, sekä lisäksi suon metsittyminen ja puiden rehevöityminen lisäävät pidäntä. HEIKURAISEN (1976) mukaan ojitetulla suolla valunta jatkui kui-vana kesäkaudenakin kohtalaisena. Luonnon-

tilaiselta suolta valunta loppui tänä aikana kokonaan. Heikko sade sai aikaan valunnan uudelleen luonnontilaisella suolla ja ojite-tullakin alueella vaikutus näkyi. Kova sade lisäsi ojitetun suon valunnan noin kaksin-kertaiseksi. Luonnontilaisella suolla lisäys oli vielä suurempi ja valuma oli korkeimmillaan n. 1.5 -kertainen ojitettuun suohon verrat-tuna. Sateen loputtua valunta väheni ojitta-mattomalla suolla jyrkästi. Ojitetun suon valunta laski selvästi loivemmin. MULTA-MÄEN (1962) havainnot kahdelta vertailu-alueelta viittaavat samantapaisiin eroihin oji-tetun ja ojittamattoman suon välillä.

33. Veden laadun muutokset

FERDA (1979) on tutkinut ojituksen vaiku-tusta veden laatuun ja todennut, että ojitus parantaa aikaa myöten suolta purkautuvien vesien laatua. Veden happamuus pienenee. Tutkimuksessa veden pH-arvo nousi 3.5:stä 3.9:ään. Huuhtoutuneiden natrium-, ka-lium-, rauta-, sulfaatti- ja kloridi-ionien määrään ojituksen ei havaittu vaikuttavan oleellisesti. Tärkeiden kasvinravinteiden, ammoniumtyypen ja fosfaatin pitoisuudet laskivat merkittävästi. HEIKURAISEN ym. (1978) mukaan taas ojituksella ei ole vai-kutusta pitkän ajan kuluessa kokonaistypen määrään. Kaikkien ravinteiden huuhtoutumi-nen on erityisen vähäistä ojan pohjan ollessa kivennäismaata.

V METSÄOJITUKSEN VAIKUTUS TULVIIN

(Kari Mäkitalo)

1. YLEISTÄ

Ylivaluma eli tietyn ajan kuluessa esiintyvä suurin vuorokauden keskivaluma riippuu sadannasta ja sulannasta sekä näiden pidätty-misestä alueelle. Myös valuma-alueen hydrauliset ominaisuudet vaikuttavat (MUS-TONEN 1973).

Valuma-alueen hydraulisista ominaisuuksista riippuu, kuinka nopeasti ja miten

samanaikaisesti sadannan pidättymätön osa valuu tarkastelukohtaan. Järvisyys ja tulva-altaat pienentävät merkittävästi ylivalumaa. Valuma-alueen kasvaessa sateen aiheuttama ylivaluma pienenee.

Lumen sulamisesta aiheutuvan ylivaluman suuruuteen ei valuma-alueen alalla ole yhtä suurta vaikutusta. Tähän on syynä lumen sulamisen vuorokausirytmii. Myös valuma-alueen muoto vaikuttaa ylivalumien suu-

ruuteen. Ylivaluma on suurin leveän viuhkan muotoisella alueella. Se on pienin pitkällä ja kapealla valuma-alueella. Maanpinnan ja vesiuoman kaltevuus ja valuma-alueen uomien runsas lukumäärä suurentavat yleensä ylivalumaa (MUSTONEN 1973).

Ylivalumien suuruus voidaan määrittää vedenkorkeushavaintojen ja purkautumiskäyri-en avulla. Kevätylivirtaama voidaan selvittää myös kartografisesti valuma-alueen ominai-suuksien ja tunnettujen ilmastollisten suu-reiden avulla. Tällaisia menetelmiä ovat mm. erilaiset kaavat ja nomogrammit (MUS-TONEN 1973). Pienillä ja keskisuurilla valuma-alueilla voidaan käyttää MUSTOSEN (1973) nomogrammia. Tämä soveltuu vähäjärvisille alueille. Lumen vesiarvo maaliskuun puolessa välissä, pellon osuus alasta ja maanpinnan keskikaltevuus ovat siinä muuttujina. Pellon osuus ja maanpinnan kaltevuus voidaan mää-rittää peruskartan avulla.

Suurilla valuma-alueilla, joilla on myös järviä, on syytä käyttää Kaiteran laatimaa nomogrammia (HEIKURAINEN 1973). Täs-sä ovat muuttujina lumen vesiarvon lisäksi valuma-alueen pinta-ala ja maaston keski-kaltevuus.

2. KEVÄTYLIVALUMAT

21. Lumen vesiarvot sekä sulaminen

Lumen vesiarvo määrää yhdessä lumen sulamisnopeuden sekä alueen vedenvaras-toimiskyvyn kanssa kevätylivaluman suu-ruuden. Lumen sulamisesta aiheutuva yli-valuma on tavallisesti suurempi kuin vesi-sateen aiheuttama ylivaluma.

Tarkasteltaessa ojituksen vaikutusta kevä-t-ylivalumiin on tärkeä tietää lumen vesiarvon lisäksi myös vesiarvon vaihtelu erilaisilla maastotyypeillä. Lumen vesiarvot määrite-tään tavallisesti ns. linjamittauksen avulla. Vesiarvot saadaan linjan mittauspisteissä mitattujen lumipeitteen syvyysarvojen ja lumen tiheysarvojen tulona (MUSTONEN 1973). Lumen sulamisvalumien kannalta on tärkeä tietää lumen vesiarvon maksimi. Tämä ajoittuu keskimäärin maalisi huhtikuun vaihteeseen (MUSTONEN 1965). Pohjois-Suo-messa maksimi sattuu noin paria viikkoa myöhäisemmäksi kuin Etelä-Suomessa.

SEPPÄNEN (1961) ja MUSTONEN (1965) ovat tutkineet lumen vesiarvoja erilaisilla maastotyypeillä. MUSTOSEN mukaan maaliskuun 15. päivän lumen vesiarvo on suurin vähäpuustoisessa tai nuoressa metsässä. Runsaspuustoisessa metsässä vesiarvo on n. 30 % pienempi kuin vähäpuustoisessa. Lumen syvyys on pienin runsaspuustoisissa ja suurin vähäpuustoisissa metsissä. Pelloilla ja avo-soilla lumen syvyys on lähes sama kuin run-saspuustoisissa metsissä. Lumen tiheys on kuitenkin pellolla ja avosuolla n. 5 % suurem-pi kuin metsässä. Täten aukealla lumen vesi-arvo on korkeampi. Lumen korkein vesiarvo on vähäpuustoisissa metsissä.

YLI-VÄKKURIN (1960) mukaan lumipeitteen paksuus on sulamisen alkuvaiheessa eri-lainen erilaisissa metsiköissä.

Lumi sulaa keväällä MUSTOSEN (1965) mukaan noin kuukauden kuluessa. Varsinaisen sulamiskauden katsotaan alkavan vasta silloin, kun lämpötila ei yölläkään laske nollan alapuolelle. Lumen sulaessa sen vesi-arvo pienenee. Vesiarvon maksimivähene-minen vastaa hydrologisessa mielessä karkeasti sadannan rankkuutta (MUSTONEN 1973). Lumen vesiarvon väheneminen ei riipu sijain-nista eikä maastotyyppistä. Maksimivähene-minen eri vuosina poikkeaa huomattavasti keskiarvosta. Lumen vesiarvon yhden vuoro-kauden maksimiväheneminen saattaa vastata lähes vuoden suurinta vuorokauden sadan-taa. Etelä-Suomessa on keskimääräiseksi sadannan vuorokausimaksimiksi mitattu 30 mm neljän vuoden keskiarvona. Maaston vaihteleva topografia pienentää vesiarvon maksimivähene-mistä pidentämällä lumen sulamisaikaa.

METSÄNHEIMON (1936) ja YLI-VÄK-KURIN (1960) mukaan lumi sulaa metsistä myöhemmin kuin aukeilta. Lumen sulaminen vaihtelee metsiköittäin. Havupuutaimistoista ja nuorista metsiköistä yhtenäisen lumipeite häviää myöhemmin kuin varttuneista metsi-köistä. Kuusikoissa ilmenee varhain pälvysyyt-tä. Lopullinen lumipeitteen häviäminen on kuitenkin hitaampaa kuin männiköissä ja koi-vikoissa. Kuusialikasvos viivästyttää koivi-koissa lumen sulamista huomattavasti puhtai-siin koivumetsiin verrattuna. Länsi-Suomessa lumi sulaa metsistä keskimäärin 17–20 päivää myöhemmin kuin aukeilta. Keski-, Itä- ja Pohjois-Suomessa viive on keskimäärin 12–13 päivää.

22. Vedenvarastoimiskyky lumen sulamisen aikaan

Lumen syvyyden ja vesiaron lisäksi myös routaantumissyvyys sekä pohjavesiolot vaikuttavat suon kevätylivalumaan (HEIKURAINEN 1976). Edellä mainittujen tekijöiden välillä voidaan havaita selviä yhteyksiä. Pohjavesipinta nousee lumikerroksen ohentuessa lämpimällä säällä. Ilmiö on todettu paksussakin lumipeitteessä ja maan ollessa roudassa. Sulamisevesi tunkeutuu lumi- ja routakerroksen läpi (HEIKURAINEN 1976). Kun suon routakerros paksunee pohjavesipinta alenee ja päinvastoin. Tällöin voitaisiin olettaa myös vedenvarastoimiskyvyn vastavasti muuttuvan. Useat tutkimukset ovat kuitenkin osoittaneet, että vettä nousee pohjavedestä routakerrokseen. Tämän termisen vesivirtauksen johdosta pohjavesipinnan korkeus ei talvella kuvaa vedenvarastoimiskykyä samalla tavalla kuin kesällä. Suon routaantunut pintakerros on lähes veden kyllästämä, vaikka pohjavesipinta olisi syvällä. Täten routaantuneen pintakerroksen vedenvarastoimiskyky on pienempi kuin pohjavesisyvyyden perusteella olisi laskettavissa (HEIKURAINEN 1980 a). Routakerroksen ja pohjavesipinnan väliin jäävän kerroksen vedenvarastoimiskyky ei liene ojitetuilla soilla kuitenkaan aivan pieni. Ojittamattomilla soilla tätä kerrosta ei pohjavesipinnan korkeuden vuoksi ole ilmeisesti lainkaan.

Vedenvarastoimistilaa syntyy soilla siis talvellakin. Tämä johtuu siitä, että pohjavesivalunta alentaa pohjavesipinnan tasoa (HEIKURAINEN 1980 a). HEIKURAINEN mukaan vedenvarastoimistilaa syntyy lähinnä ojitetuilla alueilla. METSÄNHEIMON (1936) saamat tulokset tukevat tätä käsitystä Pohjois-Suomen osalta. Hänen mukaansa metsäojat vähentävät syksyllä ja talvella veden varastoitumista. Luonnontilaisilla soilla vedet varastoituvat talveksi aiheuttaen keväällä pintavaluntaa ja tulvia.

MUSTOSEN ja SEUNAN (1971) mukaan luonnontilaisten soiden pinnalle muodostuviin tulvajärviin varastoituu runsaasti vettä. Nämä pienentävät järvaltaan tavoin ylivalumia. Ojitus poistaa tämän varastotilan lisäten näin ylivalumaa. VEHVILÄINEN (1979) on tutkinut ojituksen vaikutusta kevätylivottaamiin kehittämänsä regressiomallin avulla. Keski- ja Etelä-Suomen kevätylivottaamat olivat 10–15 % pienempiä ja Pohjois-Suomen

alueiden 5–10 % suurempia kuin mallilla lasketuttujen ojittamattomien alueiden kevätylivottaamat. Eteläisten alueiden kevätylivotumien pienuus voi VEHVILÄISEN mukaan johtua puuston runsaudesta. Puusto pidentää sulamiskautta ja parantaa maaperän suodatuskykyä. Pohjoiset tutkimusalueet koostuivat aapasoista. Näille on tyypillistä ympäristöstä valuvat vedet ja säännölliset kevättulvat. Aapasuon ojituksen jälkeen tulvajärviä ei synny ja sulamisvedet purkautuvat suoraan vesistöön. Tämä saattaa aiheuttaa vesistön kevätylivotumien kasvua (VEHVILÄINEN 1979). Toisaalta on todettava, että rimpisiä aapasoita on ojitettu varsin vähän.

23. Kesä- ja syysvalumat

Kesä- ja syysvalumalla tarkoitetaan valumaa lumen sulamisen päättymisen ja loka-kuun lopun välisenä aikana. Näiden osuus vuosivalunnasta on keskimäärin 30–40 % eli 80–100 mm. Kesävaluma riippuu sadannasta ja potentiaalisesta haihdunnasta (MUSTONEN 1973).

Kuten jo kevätylivotumien yhteydessä mainittiin, vedenvarastoimiskyky on ojitetulla soilla suurempi kuin ojittamattomalla. HEIKURAINEN (1976) mukaan pohjavesipinta on kesällä ojitetulla soilla keskimäärin 45 cm:n syvyydessä. Tämä vastaa noin 94 mm:n vedenvarastoimiskykyä. Luonnontilaisella soilla pohjavesipinta harvoin laskee alle 15 cm:n syvyyden. Tämä vastaa noin 66 mm:n vedenvarastoimiskykyä. HEIKURAINEN (1980 b) mukaan vanhoilla ojitusalueilla, joiden puusto on melko hyvin kehittynyttä, ojituksen aiheuttama vedenvarastoimiskyvyn lisäys on 30–40 mm luonnontilaisiin alueisiin verrattuna. Nuorilla ojitusalueilla vastaava lisäys on 10–30 mm. Ero nuorien ja vanhojen ojitusalueiden välillä ei riipu yksinomaan pohjavesipinnan korkeudesta, sillä ojituksen seurauksena myös turpeen rakenne muuttuu. Ojitetun suon viljely tai metsitys lisää suon pintakerrosten varastoimiskykyä (VEHVILÄINEN 1979).

MUSTOSEN ja SEUNAN (1971) mukaan metsäojitus lisää huomattavasti kesäylivalumia. Huhtisuon-Laitasuon alueella metsäojitus lisäsi ylivalumia peräti 131 %. Tällöin pahimmat kesäylivalumat vastasivat suurimpia kevätylivotumia. Maatalouden kannalta

kesäylivalumat ovat huomattavasti vahingollisempia kuin kevätylivotumat. Yleensä kesäylivalumat ovat kuitenkin paikallisia sateen suppea-alaisuuden vuoksi. Sitäpaitsi ylivalumia aiheuttavia kesästateita on varsin harvoin.

Metsäojituksen vaikutuksia on Vesihallituksessa arvioitu tutkimalla jokivesistöjen pitkäaikaisia virtaamatilastoja (AHTI 1979). Kesällä virtaamat ovat tilastojen mukaan pienentyneet. Kevättulvat ovat sen sijaan viime vuosikymmeninä kasvaneet. AHDIN (1979) mukaan ojitus lisää aluksi soilta valuvaa vesimäärää. Myös valuntahuiput kasvavat. Ojitusalueille kehittyvä puusto tasoittaa valuntasuhteita. AHDIN mukaan puuston tulvia ehkäisevää vaikutusta on usein yliarvioitu. Runsaspuustoinen ojitusalue käyttäytyy poikkeuksellisen runsaiden sateiden aikana hydrologisesti samalla tavoin kuin puuton.

3. VALUMA-ALUEKOMPLEKSIEN VERTAAMAHUIPUT

Suurilla kompleksisilla valuma-alueilla metsäojituksen vaikutus koko vesistöalueen ylivirtaamaan riippuu ojitetun alueen sijainnista (MUSTONEN ja SEUNA 1971). Jos esim. joen vesistöalue ojitetaan ensin alaosaltaan, ojitetun alueen ylivirtaama kasvaa ja purkautuu ennen luonnontilaista. Koko alueen virtaamahuippu saattaa jopa madaltua tämän seurauksena. Jos puolestaan vesistöalueen yläosa ojitetaan, virtaamakuviota kärjistyminen ja virtauksen nopeutuminen lisäävät ylivalumaa. Kun ojitusalueet sijaitsivat vesistöalueen latvoilla, kevätylivotuman ajankohta siirtyi 1.5 vuorokautta aikaisemmaksi. Kesäylivalumiin ojitusalueiden sijainnilla on vastaava vaikutus kuin kevätylivotu-

miin. Näin siis, jos metsäojituksen vaikutus olisi virtaamakuviota kärjistävä kuten yleensä ojituksen alkuvaiheissa on asia. Vanhojen ojitusalueiden vaikutus voi olla päinvastainen.

4. AIHEUTTAAKO METSÄOJITUS TULVIA

Meteorologiset tekijät, alueen hydrauliset ominaisuudet ja vedenvarastoimiskyky vaikuttavat tulvien muodostumiseen. Meteorologisiin tekijöihin metsäojituksella ei ole vaikutusta. Sen sijaan ojitus saattaa muuttaa alueen hydraulisia ominaisuuksia ja veden viippymistä alueella. Metsäojitus voi vaikuttaa näihin tekijöihin tulvien kannalta eri tapauksissa vastakkaisilla tavoilla. Vaikutuksen suunta riippuu mm. ojitusalueen sijainnista. Vesistöalueen alajuoksulla metsäojitus saattaa vähentää tulvariskiä. Yläjuoksulla suoritettu ojitus lisää tulvariskiä. Metsäojitus on vain yksi tulviin vaikuttavista tekijöistä. Sen vaikutukset riippuvat paikallisista vesistö- ja maasto-olosuhteista.

AHDIN (1979) mukaan metsäojitus suurentaa tulvia. Tulvien kasvu ei kuitenkaan johdu yksinomaan siitä. Kivennäismailla suoritetuilla hakkuilla ja metsänparannustoilla saattaa olla tulvia lisäävä vaikutus. AHDIN (1979) käsityksen mukaan metsäojituksen vaikutukset tulviin ovat tällä hetkellä suurimmillaan. Tulevaisuudessa tulee ojitusalueiden puuston kehittyminen jopa pienentämään kevättulvia ja pieniä kesätulvia. Poikkeuksellisen rankkojen kesästateiden aiheuttamissa suurtulvissa metsäojituksen tulvia suurentava vaikutus säilynee puuston kehittymisestä huolimatta. Metsäojituksen vaikutus ei tällöinkään linee kovin merkittävä.

VI OJASTOJEN KUNNOSSAPIDON JA HAKKUIDEN VAIKUTUS VIRTAAMIEN MÄÄRÄÄN JA LAATUUN

Paavo Iittiläinen

1. OJIEN KUNNOSSAPITO

Ojitusalueiden ikääntyessä joudutaan maassamme kiinnittämään yhä enemmän huomiota niiden jälkihoitoon. Metsäojien kunnostamisella pyritään säilyttämään alueella riittävä kuivatusteho puunkasvatuksen kannalta. Vanhoilla runsaspuustoisilla ojitusalueilla ojien lisäksi kasvava puusto vaikuttaa vesitalouteen. Vähäpuustoisilla tai paljaaksihakatuilla ojitusalueilla ojat säätelevät pääasiassa vesitaloutta.

Ojitus toiminta jaetaan uudisojituksen, ojien perkaukseen, täydennys- ja uudelleenojitukseen. Näistä perkaus-, täydennys- ja uudelleenojitus ovat ns. kunnostusojituksia. Laskelmien mukaan ojastojamme tulisi perata vuosittain n. 20 000 km. Perkausmäärä on 1970-luvulla ollut 3000–4000 kilometriä vuodessa. Tästä on syntynyt työjärjestä (NISKANEN 1979).

Ojasto vaatii ensimmäisen peruskunnostuksen 15–20 vuoden kuluttua uudisojituksesta. Ojien ikääntyessä kunnostusten väli pitenee. Ojien koneellista perkausta voidaan siirtää, mikäli ojanpohjat pidetään puhtaina kevyin siivouksin. Työ voidaan tehdä mies-toimin 3–5 vuoden välein.

2. PERKAUSTYÖN KONEELLISTAMINEN

Metsäojien perkaus kohdistuu vain ojan pohjaan. Massoja liikuttamalla keskimäärin 0.25 m³/m. Tästä syystä peruskoneelta vaaditaan hyvää työnopeutta. Metsäoja-aura on perusominaisuuksiltaan sopiva ojanperkauskäline. Se on rakenteeltaan yksinkertainen ja kestävä. Sillä saavutetaan hyvä työnopeus ja käyttökustannukset ovat alhaiset. Ojia kunnostettaessa joudutaan usein parantamaan vedenjohtokykyä ja laskua. Auran työtarkuus ei riitä tähän. Puustovauriot ovat myös huomattavat aurattaessa. Saatujen kokemusten perusteella aurauksesta tuskin tulee käytännössä hyväksyttävää perkausmenetelmää (NISKANEN 1979).

Kapealla ja pitkällä perkauskauhalla varus-

tetut metsäojakaivurit ovat käyttökelpoisempia perkaustyökoneita. Kauha soveltuu hyvin ojanperkauksessa käytettävään höyläyskaivun tekniikkaan. Tässä menetelmässä kauha täytetään enimmäkseen ajamalla. Kaivurilla yllätään 200–300 m:n perkaustuotokseen tunnissa. Ns. moottorikauhalla ojanperkauskäykä voitaneen vielä tästäkin parantaa. (NISKANEN 1980).

Perkauskäytön tulee selvitä kaikesta ojitus-toiminnasta ja siihen liittyvistä tienrakennus-toista.

Hyvässä peruskoneessa on portaaton nopeuden säätö, suuri raideleveys, vetokykyinen telarakenne sekä kaivulaitteen vakaaja. Hydraulinen voimansiirto on sekä liikkumista kaivupuolella. Perkauksessa peruskoneen tulee olla yhtä järeä kuin uudisojituksessa (NISKANEN suull.).

Ojajyrsimet ovat käyttökelpoisia vähäpuustoisilla turvemaidella. Toistaiseksi ei ole kehitetty jyrsinlaitetta, joka kestää kivennäismaata ja kiviä. Jyrsimillä voidaan perata ainoastaan paksuturpeisilla soilla olevia kuivatusoja. Puuttomalla turvemaidella ja pitkällä ojalinjoilla perkaustulos saattaa jyrsimillä olla jopa 1 000 m/h.

Yhdistelmäkonet, joiden päätyöväline on jyrsinlaite, joutuvat oloissamme käyttämään paljon kaivulaitetta. Tällöin keskimääräinen perkaustuotos putoaa kannattavuuden rajoille. Erilaiset kevyet ojanperkauskäytöt, esimerkiksi raivaussahaan kiinnitetyt ojanperkauskäytöt, eivät ole saavuttaneet suosiota (NISKANEN 1977).

3. PERKAUKSEN VAIKUTUS VESITALOUTEEN

Miestyönä tehdyssä perkauksessa virtaama kasvaa veden juoksun helpottuessa. Ojastojen kevyellä perkauksella ei liene sanottavaa vaikutusta virtaaman laatuun. Perkauksesta aiheutuvan orgaanisen aineksen kulkeutuminen on vähäistä ja lakkaa pian. Koneellisen perkauksen tai uudelleenojituksen vaikutus alueen vesitalouteen on suurempi, mutta vir-

taaman määrä raskaalla perkauksella ja uudelleenojituksella ei ole yhtä suurta vaikutusta kuin uudisojituksella.

Käytettäessä kaivureita ojien perkauksessa on huomattavaa vaikutusta ojan perkauksessa on humuksen kulkeutuminen vähäisempää kuin aurauksella. Aurattaessa kosketaan rajusti ojien luiskiin, mistä aiheutuu lie-tehaittoja. Jyrsinmenetelmässä humuksen kulkeutumismäärä vastaa kaivurimentelmän aiheuttamaa humuskuormitusta. Saman menetelmän sisällä jopa tekninen suoritus vaikuttaa virtaamiin (NISKANEN suull.).

4. HAKKUUT TURVEMAILLA

41. Hakkuut ja vesitalous

HEIKURAISEN ja PÄIVÄSEN (1970) mukaan hakkuut pienentävät pidäntä. Ensimmäisenä kesäkuun hakkuun jälkeen tuoreet hakkuujätteet pidättävät osan sateesta. Avohakkuualalla tämä pidäntä on n. 9 % sadannasta. Lumipeitteen paksuus ja vesiarvo lisääntyvät sitä enemmän, mitä voimakkaampi hakkuu on.

Lumipeitteen sulaminen nopeutuu harvennuksen vaikutuksesta (PÄIVÄSEN 1979). Hakkuu aiheuttaa voimakasta pohjavesipinnan nousua. Taulukossa 1 on tuloksia PÄIVÄSEN (1979) suorittamista kokeista.

Kasvukauden alussa pohjaveden syvyyden ero metsäisen ja avohakatuksen alueen välillä ei ole suuri. Myöhemmin kasvukauden kuluessa avohakkuualueen pohjavesipinta on selvästi korkeammalla kuin metsässä. Syksyllä, jolloin

TAULUKKO 1. Pohjavesipinnan nousu hakkuun vaikutuksesta.

Pohjavesipin. etäis. vertailukoelalla, cm	Pohjavesipinnan etäisyyden muutos toimenpiteen vaikutuksesta, cm					
	Kuusikko			Männikkö		
	Poistettu kuutiomäärästä, %					
	17	26	100	17	30	100
10	3	5	5	0	2	6
20	6	10	16	4	6	18
30	9	15	27	8	10	18

pohjavesipinta on syvimmillään, metsän ja avohakkuualueen pohjavesipintojen syvyyden ero on suurimmillaan. Alkuperäisen puuston sekä toimenpiteiden laadun ja voimakkuuden lisäksi turveprofiilin ominaisuudet vaikuttavat pohjavesipinnan muutoksiin (PÄIVÄSEN 1979).

Hakkuun vaikutuksesta aiheutuva pohjavesipinnan nousu lisää ylivalumaa. Tämä johtuu hydraulisesta gradientista. Valunta lisääntyi HEIKURAISEN ja PÄIVÄSEN (1970) mukaan hakkuun lisääntyessä. Harvennetaessa 20 % puustosta valunnan lisäys oli 24 %. Avohakkuussa lisäys oli 186 %. Toisaalta on huomattava, että suovaltaisten valuma-alueiden kangasmaaosissa suoritettujen hakkuut lisäävät koko valuma-alueelta purkautuvien vesien määrää (PÄIVÄSEN 1979).

42. Käytettävästä puunkorjuutekniikasta

Pääasiallisena ogelmana turvemaiden puunkorjuussa on tällä hetkellä sopivan korjuukaluston puuttuminen. Nykyinen kalusto on liian järeä. Koneiden aiheuttama pitnäpaine on turvemaidella liian suuri sulan maan aikana. HEIKURAISEN (1968) mukaan suola liikkuvan koneen pintapaine ei saisi ylittää 35 kPa:a. Lievästi upottavilla turvealustoilla pintapaine saa olla 40–50 kPa. Nykyisin käytössä olevien kuormatraktoreiden pintapaineet ovat tyhjänä 60–75 kPa ja kuormattuna yli 100 kPa. Monitoimikoneilla arvot ovat suuremmat kuin kuormatraktoreilla (HANNELIUS 1975). Telakoneet ratkaisisivat kantavuusongelman. Kustannukset ovat tässä rajoittavana. Puukorjuu tuleekin tämän johdosta suorittaa turvemaidella roudan aikana.

Jäätynneen turpeen kantavuuden katsotaan yleensä olevan hyvä. Talvisin lumipeite parantaa kantavuutta ja estää ajoneuvon suoran kosketuksen maanpintaan. Usean ajokerran aiheuttama lumen tiivistyminen parantaa kantavuutta turvemaidella. Pienen hakkuukertymän vuoksi tätä ei kuitenkaan voida aina käyttää hyväksi (SILVENNOINEN 1980).

Liikkumisen rajoittamisen lisäksi ojat rajoittavat korjuumenetelmiä. Ojia tukkivien hakkuutähteiden lisäksi myös puunkorjuukoneet aiheuttavat tukkeumia (SILVENNOI-

NEN 1980). Tukkivia hakuujätteitä ojiin jää eniten talvella. Koneiden aiheuttamia tukkeumia syntyy runsaimmin kesällä (KILPELÄINEN 1975).

Avohakkuun jälkeen ojat ovat tavallisesti siinä määrin umpeutuneet, että alueella joudutaan suorittamaan uudelleenjoitus. Harvennuksen jälkeen perkaus on riittävä. Ojia ylitettäessä käytetään pinotavaraa tilapäissiltana. Ojien vaurioituminen on tällöin vähäistä, mikäli puut eivät jäädy kiinni (SAARILAHTI suull.). Siirrettäviä liimapalkkisiltoja tultaneen kokeilemaan ojien ylitysten järjestelyssä. Myös muoviputkirummut ovat mahdollisia.

Telamaasturit ovat mahdollinen ratkaisu turvemaiden puunkorjuun ongelmiin. Niillä voidaan puuta korjata myös kesällä. Nämä koneet sopivat sekä harvennus- että avohakkuihin, joissa hakkuukertymä on kuitupuuvaltainen. Osa turvemaiden puustosta voidaan korjata hevosella. Muista mahdollisista turvemaiden puunkorjuukoneiden

sovellutuksista voidaan mainita moottori-kelkka – ja sotilaskäyttöön tarkoitettujen lumiajoneuvojen muunnokset. Edullisin ratkaisu kuitenkin lienee nykyisen harvennusemetsiin soveltuvan metsätraktorin kehittämisen turvemaolosuhteisiin soveltuvaksi. Tällöin erikoiskaluston pääomakustannukset jäisivät vähäisiksi ja koneiden ympärivuotinen käyttö olisi mahdollista (SILVENNOINEN 1980).

Suomailla päätehakuun yhteydessä uuden puusukupolven aloittamiseen voidaan liittää tietynasteinen maanmuokkaus. Käytännössä yleisimpiä muokkausmenetelmiä ovat palleanaureaus ja mätästys. Mätästyksessä kaivurilla nostetaan suosta kauhallinen turvetta ja se käännetään tiivistäen suon pinnalle mättääksi. Mätästyksen yhteydessä saroille voidaan kaivaa myös kuivatusta parantavia ojia (HEIKURAINEN 1979). Turpeen muokkaus erilaisilla jyrsimillä kasvuturvetta muistuttavaksi kasvualustaksi on myös mahdollista.

VII YMPÄRISTÖNÄKÖKOHTIEN HUOMIOONOTTAMINEN

(Esa Vuollet)

1. METSÄOJITUKSEN AIHEUTTAMIA YMPÄRISTÖHAITTOJA

Metsäojituksen vaikutus suolta purkautuvien vesien laatuun on ilmeinen. Välittömästi ojituksen jälkeen ojissa virtaava vesi sisältää runsaasti kiinteitä turvehiukkasia ja on hyvin humuspitoista. Vesistöissä tällainen vesi aiheuttaa rehevöitymistä. Veden humus- ja kiintoainepitoisuudet ovat korkeita vain välittömästi ojituksen jälkeen. Pitoisuudet laskevat nopeasti. Kahden kuukauden kuluttua ojituksesta humuspitoisuus vastaa luonnon-tilaisten soiden purkausvesien arvoa (HEIKURAINEN ym. 1978). Vesistöjen humuspitoisuuden nousua voidaan pitää pahimpana metsäojituksen aiheuttamana ympäristöhaittana, varsinkin jos ojitusalueen vedet purkautuvat lampiin tai järviin.

Metsäojituksen on sanottu aiheuttavan suon luonnontilaisen eläimistön ja kasviston häviämistä. Tätä ei voitane kiistää. Toisaalta on otettava huomioon, että joidenkin lajien

vähentyessä toisten lajien määrä kohoaa voimakkaasti ojitetulla suolla.

Turvemaiden lannoituksella lisätään lähinnä maan fosfori- ja kalipitoisuutta. Fosfori on tärkein turvemaiden lannoituksessa annettava ravinne. Toisaalta se on vesistöjen ravinnekuormituksen kannalta haitallisin. Vesistöjemme luontainen fosforipitoisuus on Pohjois-Suomessa n. 20 mg P/l ja muualla n. 50 mg P/l. MUSTOSEN (1970) mukaan lento-levityksen yhteydessä (500 kg PK/ha) alueen veden fosforipitoisuus lisääntyi noin 70 mg yksiköllä P/l vuoden aikana lannoituksesta. Määrä vastaa 200 g fosforia hehtaarilla. Lisäys on merkittävä. Vesistöjen fosforipitoisuuden kriittinen rehevöitymisraja on 20–30 mg P/l (HEIKURAINEN 1971). KARSISTO (1974) on saanut vastaavassa keväällä suoritetussa kokeessa huuhtoutuvaksi määräksi 50 mg P/ha. PAARLAHDEN (1976) tekemässä kokeessa levitettiin 300 kg suometsien PK-lannoitetta hehtaarille keväällä. Vertailtaessa lannoitettujen ja lannoittamattomien alojen

huuhtoumumääriä, ei voitu havaita eroja ravinnepitoisuuksissa.

2. MAHDOLLISUUDET VAIKUTTAA

Erilaisilla salaojilla vältetään ojituksesta ympäristölle aiheutuvia haittoja. Holvisalaojat ja piilo-ojat tulevat lähinnä kyseeseen. Piilo-oja on kapeaksi kaivettu (0.3–0.4 m) suhteellisen syvä (0.8–1.0 m) ojatyyppejä, jonka seinämät ovat pystysuorat. Piilo-ojan sivut painuvat aikaa myöten yhteen. Holvisalaoja muistuttaa piilo-ojaa. Se katetaan leikkamalla molemmin puolin ojan reunaa palteet, jotka taivutetaan toisiaan vasten.

Salaojien käytöllä estetään ympäristön esteettinen huonontuminen. Ne myös vähentävät vesistöihin kohdistuvaa kuormitusta. Tällöin lannoitteet eivät välittömästi huuhtoudu valumisvesien mukana vesistöihin. Salaojat tasoittavat mahdollisesti valumia. Ne toimivat avo-ojista poiketen myös talvella (AITOLAHTI 1971). Pintaosiltaan heikosti maatonut rahkasara- (SC-t) ja metsäraha-turve (LS-t) ovat edullisimpia holvisalaojille ja piilo-ojille. Turpeen liekoisuus vaikeuttaa salaojien tekoa, mutta lisää ojan säilyvyyttä (NISKANEN 1969). Salaojien käyttö tulee kyseeseen vain riittävän paksuturpeisilla soilla.

Turpeen ja humuksen kulkeutumista vesistöihin voidaan kaltevilla soilla vähentää jättämällä osa ojasta kaivamatta. Turvemaalla oleva kivikolukko voidaan hyvin jättää kaivamatta, etenkin jos kaltevuus on hyvä. Vesi virtaa tällöin kivien välistä ojan jatkeeseen. Tällöin kiintoaines jää suodattuneena kivikkoon.

Lietealaiden käyttö on suositeltavaa. Niiden käyttö on kuitenkin ollut vähäistä. Ne ovat ojissa normaalisyyvyyttä syvempiä laajennettuja kohtia, joissa veden virtaus hidastuu. Tällöin ojissa veden mukana kulkeutuva kiinteä aine ehtii laskeutua altaan pohjalle. Jo pienilläkin lietealtailla päästään tyydyttäviin tuloksiin. Varminta olisi johtaa kaikki kuivatuksetvedet lietealaiden kautta. Pienet suola-

lampareet olisivat käyttökelpoisia tähän tarkoitukseen.

Perkauksessa useimmiten pelkkä ojan pohjan kunnostaminen riittää. Ojan mataloituminen aiheuttaa ojan kunnon huononemisen. HEIKURAINEN (1957) mukaan kahden vuosikymmenen aikana korpiojat mataloituiivat 69 prosenttiin, rämeojat 63 prosenttiin ja nevaajat 62 prosenttiin alkuperäisestä syvyydestä. Pintaleveyden muuttuminen oli saman tutkimuksen mukaan selvästi pienempää. Se oli pienentynyt keskimäärin 75 prosenttiin alkuperäisestä leveydestään. Käytännössä on usein melko vaikea kohdistaa perkausta vain ojan pohjaan.

3. KEINOJA TULVIEN EHKÄISEMISEKSI

Metsäojituksen yhteydessä voidaan eri toimenpiteitä vähentää suolta purkautuvien vesien nopeutta ja siten vähentää tulvia. Suuriläpimittaisten ojarumpujen sijasta voitaisiin käyttää pieniläpimittaisia putkia. Sileäpintaisten muoviputkien tukkeutumisvaara on vähäinen. Jopa 10 cm halkaisijaltaan olevat putket olisivat riittäviä. Tällöin runsaiden, äkkinäisten sateiden valumisvedet tulisivat pitemmän ajanjakson kuluessa vesistöihin.

Tulvahuiput tasoittavat patorakennelmat ovat myös mahdollisia. Padot avataan ja suljetaan tarpeen mukaan. PELKONEN (1975) ja ÖSTERLUND (1979) ovat tutkimuksissaan todenneet, että puut kestävät hyvin lyhytaikaista tulvaa. Vielä parinkaan kuukauden aikainen tulva huhti–toukokuussa tai loppusyksyllä ei sanottavasti vaikuta puiden kasvua heikentävästi. Sen sijaan sarkaojien umpeenkasvua voidaan merkittävästi hidastaa patoamalla niitä myöhäissyksystä kesäkuun loppuun. Jatkuvasti ojien pohjalla seisova tai virtaava vesi ehkäisee tehokkaasti erityisesti tupasvillan ja pajujen leviämistä (PELKONEN 1976, 1980). Toisaalta tällaisesta saattaa olla seurauksena esim. Sphagnum ripariumin voimakas kasvu ojassa. Padoitusmenetelmä lienee kuitenkin kallista eikä käytännön kokeuksia vielä ole.

Suon hydrologisesta roolista on erilaisia käsityksiä. Yleisesti voitaneen todeta, että Suomessa suot tuskin tasaavat ympäristönsä hydrologisia vaihteluita kuten yleisesti luullaan. Niiden vedenvarastoimiskyky on vähäinen ja samoin vaikutus pohjavesiin. Suolammet, rimmet ja allikot saattavat tosin järvien tapaan tasata hydrologisia äärevyyksiä.

Ojituksen hydrologiset vaikutukset suon vesioloihin ovat ojituksen tavoitteen mukaisesti pysyviä tai ainakin pysyviksi tarkoitettuja. Ojituksen vaikutuksesta suon pohjavesipinta laskee, haihdunta aluksi pienenee ja täten valunta ympäristöön suurenee. Osaksi vaikutukset tasoittuvat myöhemmin ja pienentävät äärevyyttä. Etenkin pitkäaikaiset ojituksen seurausvaikutukset näyttävät tasaavan vaihteluita. Kun ojitus aluksi lisää voimakkaasti kokonaisvaluntaa, lisääntyvät kuitenkin alivalumat suhteellisesti eniten. Tämä johtuu paljolti vesivaraston osittaisesta tyhjenemisestä. Haihdunnan pieneminen vaikuttaa myöhemmin yhä enemmän. Ojitusalueen vanhetessa biologisen kuivatuksen merkitys kasvaa, erityisesti puuston pidäntä lisääntyy.

Ojituksella aikaansaatu valuntakynnyksen aleneminen merkitsee suon vedenvarastoimiskyvyn lisääntymistä. Kesä- ja syystulvia ajatellen tällä seikalla on usein ratkaisevasti niiden huippuja tasoittava vaikutus. Myös lumensulamisolun lisääntyneellä vedenvarastoimiskyvyllä on kevättulvia tasaava vaikutus.

Ojitus heikentää aluksi sulolta purkautuvan veden laatua. Lisääntynyt kiintoainekuormitus ja sedimentaatio vaikuttavat haitallisimmin. Veden laadun muutos on kuitenkin verrattain lyhytaikaista. Muutaman kuukauden kuluttua ojituksesta humuspitoisuus samoin kuin kiintoainekonsentraatio pienenevät ojitusta edeltäneelle tasolle.

Tulevaisuudessa joudutaan entistä enemmän kiinnittämään huomiota kuivatustehon säilyttämiseen vanhoilla ojitusalueilla. Pelkkä ojien perkaus ei aina riitä, vaan ojastoja on usein myös täydennettävä. Päätehakkuun jäl-

keen alue joudutaan tavallisesti ojitamaan uudelleen. Toisaalta ojitusalueille kehitteillä oleva hankintateknikka pyrkii minimoimaan hakkuun aiheuttamia vahinkoja. Ojien raskaalla perkauksella ja uudelleenojituksella on lähes sama vaikutus vaurioituneiden määriin ja laatuun kuin uudisojituksella. Päätehakkuun jälkeistä maanmuokkausta turvemaidella olisi vältettävä, sillä humuksen huuhtoutuminen saattaa sen seurauksena lisääntyä merkittävästi. Ainakin olisi syytä käyttää tässä mielessä varovaisia menetelmiä esim. mätästystä.

Metsäojituksen aiheuttamista ympäristöhaitoista ongelmallisimpana voitaneen pitää välittömästi ojituksen jälkeistä vesien laadun huononemista. Ojitettaessa on kuitenkin mahdollista suorittaa toimenpiteitä, jotka ottavat huomioon myös ympäristönsuojelulliset näkökohdat. Salaojien ja lietealaiden käyttö, perkauksessa tarkoituksenmukaiset kauhamallit ja huolellinen työskentely vähentävät ympäristöön kohdistuvia haittoja. Viime aikoina on tutkittu myös mahdollisuuksia käyttää ojitusalueita tulvasuojeluun patoamalla kevään vesiä metsäojiiin. Ojitusalueiden puusto ei tällaisesta menettelystä näytä kärsivän.

Missä määrin metsäojitus on jo aiheuttanut hydrologisia muutoksia luonnossamme ei lie ne vielä perinpohjin selvitetty. Tulvahaittojen lisääntymistä, josta on usein tässä yhteydessä puhuttu, ei ole voitu osoittaa tapahtuneen. Metsäojitus aiheuttaa monia merkittäviäkin hydrologisia muutoksia, mutta tulvaa ajatellen ne ovat osin vaikutukseltaan vastakkaisia. Todennäköisin metsäojituksen aiheuttama muutos on vesien humuspitoisuuden lisääntyminen. Kuinka pysyvää tämä on ja mikä on sen kokonaismerkitys vesiemme taloudelle kaivannee vielä lisätutkimuksia.

Tulevaisuutta ajatellen olisi ojitusalueet pyrittävä hoitamaan niin, että minimoitaisiin mahdolliset haittavaikutukset ja käytettäisiin hyväksi ne mahdollisuudet, joita ojitusalueet tarjoavat vesien talouden yleiseen parantamiseen.

- AHTI, E. 1977 a. Maaveden energiasuhteista ojitettulla suolla. Opinnäytetyö maatalous- ja metsätieteiden lisensiaattitutkintoa varten. Konekirjoite Suometsätieteen laitoksella. 89 s.
- " — 1977 b. Runoff from open peatlands as influenced by ditching. I. Theoretical analysis. Seloste: Metsäojituksen vaikutus avosuon valuntaan. I. Teoreettinen analyysi. Metsätutkimuslaitoksen julkaisuja 92, 16 s.
- " — 1979. Lisääkö metsäojitus tulvia. Helsingin Sanomat 11. 10. 79, s 2.
- AITOLAHTI, M. 1971. Piilo- ja holvisalaojien käyttömahdollisuus metsäojituksessa. Metsäkoneurakoitsija 10/71, 14–17.
- BADEN, W. & EGGELSMANN, R. 1963. Wechselwirkung zwischen Oberflächen und Grundwasser in Moor. Intern. Ass. Scient. Hydrology Congress Berkeley/USA. Comm.f Ground-water. Publ. No 63, 469–478.
- BAY, R. R. 1969. Hydrologinen tutkimus Yhdysvaltain pohjoisosien soilla. Summary: Hydrologic research on northern peatlands in the United States. Suo 20, 81–85.
- BOELTER, D. H. 1964. Water storage characteristics of several peats in situ. Soil Sci.Soc.Amer.Proc. 28, 433–435.
- " — 1966. Hydrologic characteristics of organic soils in Lake States Watersheds. Int.Soil Water Conserv. 21, 50–53.
- " — 1968. Important physical properties of peat materials. Proc. 3rd Int.Peat Congr. pp. 150–154.
- EGGELSMANN, R. 1960. Über den unterirdischen Abfluss aus Mooren. Moniste Suometsätieteen laitoksella.
- FERDA, J. 1979. The effect of the drainage of forest soils on environmental changes in Czechoslovak conditions. Moniste Suometsätieteen laitoksella.
- HANNELIUS, S. 1975. Ojitusalueiden kulkukelpoisuudesta puunkorjuussa. Summary: On the trafficability of drained peatlands in harvesting. Silva Fenn. 3, 181–211.
- HEIKURAINEN, L. 1957. Metsäojien syvyyden ja pintaleveyden muuttuminen sekä ojien kunnon säilyminen. Summary: Changes in depth and top width of forest ditches and the maintaining of their repair. Acta For. Fenn. 64, 45 s.
- " — 1963. On using ground water table fluctuations for measuring evapotranspiration. Seloste: Pohjavesipinnan vaihteluista haihdunnan mittaamisessa. Ibid 76, 16 s.
- " — 1967. Optimikuivatuksen mahdollisuuksista turvemaidella. Esitelmä IUFRO:n kongressissa 1967 sektiossa 23. Metsätaloudellinen aikakauslehti 12, 385–388.
- " — 1968. Hakkuun vaikutus ojitettujen soiden vesitalouteen. Summary: On the influence of cutting on the water economy of drained peatlands. Acta For. Fenn. 82, 45 s.
- " — 1971 a. Pohjavesipinta ja sen mittaaminen ojitetuilla soilla. Summary: Ground water table in drained peat soils and its measurement. Ibid 113, 23 s.
- " — 1971 b. Drainage norms and regeneration methods used on peatlands. IUFRO, Section 23. Working group V, 10 s.
- " — 1971 c. Metsäojituksen alkeet. Ylioppilastuki ry. 281 s.
- " — 1971 d. Metsäojitus ja sen seurausvaikutukset. Metsä ja Puu 9, 4–8 s.
- " — 1972. Hydrological changes caused by forest drainage. Int. symp. on the hydrology of marshriden areas. Minsk.
- " — 1973. Skogsdikning. Stockholm. 444 s.
- " — 1976. Comparison between runoff conditions on a virgin peatland and a forest drainage area. Proc. 5th Int. Peat Congr. Vol 1, 76–86.
- " — 1979. Suometsätieteen approbatur-luennot, syks. 1979.
- " — 1980 a. Effect of forest drainage on high discharge. Intern. Ass. Scient. Hydrology Congress Helsinki, Finland, Publ. No 130, 89–96.
- " — 1980 b. Kuivatuksen tila ja puusto 20 vuotta vanhoilla ojitusalueilla. Summary: Drainage condition and tree stand on peatlands drained 20 years ago. Acta For. Fenn. 167, 38 s.
- " — , KENTTÄMIES, K. & LAINE, J. 1978. The environmental effects of forest drainage. Seloste: Metsäojituksen ympäristövaikutukset. Suo 29 (3–4), 49–58.
- " — & PÄIVÄNEN, J. 1970. The effect of thinning, clear cutting and fertilization on the hydrology of peatland drained for forestry. Seloste: Harvenuksen, avohakkuun ja lannoituksen vaikutus ojitettujen suon vesioloihin. Acta For. Fenn. 104, 23 s.
- " — , PÄIVÄNEN, J. & SARASTO, J. 1964. Ground water table and water content in peat soil. Ibid 77, 18 s.
- HUIKARI, O. 1959. Metsäojitettujen turvemaiden vesitaloudesta. Referat: Über den Wasserhaushalt waldenwässerter Torfböden. Metsätutkimuslaitoksen julkaisuja 51, 45 s.
- " — , PAARLAHTI, K., PAAVILAINEN, E. & RAVALA, H. 1966. Sarkaleveyden ja ojasyvyyden vaikutuksesta suon vesitalouteen ja valuntaan. Summary: On the effect of strip-width and ditchdepth on water economy and runoff on a peat soil. Metsätutkimuslaitoksen julkaisuja 61, 39 s.
- JUUSELA, T., KAUNISTO, S. & MUSTONEN, S. 1969. Turpeesta tapahtuvaan haihduntaan vaikuttavista tekijöistä. Summary: On factors affecting evapotranspiration from peat. Metsätutkimuslaitoksen julkaisuja 67, 45 s.
- KARSISTO, K. 1974. Ojituksen ja metsänlannoituksen vaikutus vesien saastumiseen. Gröftinggens og skogsgjödslingsens innvirkning på forurensningen av overflatevann. Metsätutkimuslaitos Pyhäkosken tutkimusosaston tiedonantoja 13, 33 s.
- KELTIKANGAS, M. 1971. Sarkaleveyden vaikutus ojitusinvestointiin taloudelliseen tulokseen. Summary: Effects of forest drainage investments. Acta For. Fenn. 123, 70 s.
- KILPELÄINEN, R. 1975. Puunkorjuun vaikutus metsäojien kuntoon. Suometsätieteen laitos. Konekirjoite.
- KOLKKI, O. 1965. Taulukoita ja karttoja Suomen lämpöoloista kaudelta 1931–1960. Tables and maps of temperature in Finland during 1931–1960. Suomen meteorologinen vuosikirja, 65, Ia 42 s.
- KUNTZE, H. 1974. Effects of drainage. The Int. symp. on forest drainage 2nd–6th, Sept. 1974, Jyväskylä–Oulu, Finland, the coordinator papers and discussions 11–119 s.
- KYTÖVUORI, T. 1979. Metsäojituksen vaikutus suon hydrologiaan kahtena ojituksen jälkeisenä kasvu-

- kautena. Suometsätieteen pro gardu-työ 48 s.
- LAINEN, J. & SEPPÄLÄ, K. 1977. Development of radial growth on mineral soil stands bordering drained peatlands. *Seloste: Puiden sädekasvun kehitys ojitusalueeseen rajoittuvissa kangasmetsäkoissa*. Suo 28, 67–74.
- MANNERKOSKI, H. 1977. Haihdunnan suhde kokonaissäteilyyn. Summary: Evaporation and global radiation. Suo 28, 89–92.
- MESHECHOK, B. 1960. Om grøfteavstand og grøftedybde ved myrgrøfting. *Norsk Skogbruk* 10.
- METSÄNHEIMO, U. 1936. Metsäojituksen vaikutuksesta vesitalouteen. *Metsänhoitajien jatkokurssit II*. Silva Fenn. 42, 137–158.
- MULTAMÄKI, S. E. 1962. Die Wirkung von Waldentwässerung auf die Ablaufverhältnisse von Torfboden. *Metsäntutkimuslaitoksen julkaisuja* 55. 23, 16 s.
- MUSTONEN, S. 1965. Ilmasto ja maastotehtävien vaikutuksesta lumen vesiarvoon ja roudan syvyyteen. Summary: Effect of meteorologic and terrain factors on water equivalent of snow cover and on frost depth. *Acta For. Fenn.* 79, 40 s.
- ” – 1970. Soiden kuivatuksen ja lannoituksen vaikutus valuntaan. *Maanparannussymposiumi 20–22*. 10. 1970. *Moniste* 3 s.
- ” – 1973. *Hydrologia*. Teoksessa: Mustonen, S. (toim.). *Vesirakennus*. Suomen rakennusinsinööriliiton liitto Helsinki 1973, 9–73 s.
- ” – & SEUNA, P. 1971. Metsäojituksen vaikutuksesta suon hydrologiaan. Summary: Influence of forest draining on the hydrology of peatlands. *Vesientutkimuslaitoksen julkaisuja* 2, 63 s.
- NISKANEN, M. 1969. Piilo-oja. Uusi käsite metsäojitussessa. *Metsä ja Puu* 6/69, 9–11.
- ” – 1977. Metsäojien perkaus koneellistuu. Summary: The clearing of forest ditches becomes mechanized. *Työtehoseuran metsätiedotus* 279, 4 s.
- ” – 1980. Metsäojien perkauksen koneellistaminen. Suo 31, 41–44.
- PAARLAHTI, K. 1976. Ravinteiden ja humuksen huuhtoutumisesta Piipsannevan hydrologisella kokeella. *Metsäntutkimuslaitos, Pyhäkosken tutkimuskeskuksen tiedonantoja* 15, 43–45.
- PAAVILAINEN, E. & VIRRANKOSKI, K. 1967. Tutkimuksia veden kapillaarisesta noususta turpeessa. Summary: Studies on the capillary rise of water in peat. *Folia For.* 36, 16 s.
- PELKONEN, E. 1975. Vuoden eri aikoina korkealla olevan pohjaveden vaikutus männyn kasvuun. Summary: Effects on Scots pine growth of ground water adjusted to the ground surface for periods of varying length during different seasons of the year. Suo 26, 25–32.
- ” – 1976. Valunnan säännöstelyn tarpeellisuudesta metsäojitusalueella. Summary: The need for runoff regulation on peatlands drained for forestry. Suo 27, 25–32.
- ” – 1980. Padotuksen vaikutuksesta pohjavesipinnan syvyyteen ja metsäojien kuntoon. Summary: Effect of damming on water table depth and ditch condition. Suo 31, 33–39.
- PÄIVÄNEN, J. 1964. Menetelmä pohjavesikertoimen ja pintakasvillisuuden haihdunnan määrittämiseksi. Summary: A method to determine the ground water coefficient and the ground vegetation transpiration. Suo 15, 88–91.
- ” – 1973. Hydraulic conductivity and water retention in peat soils. *Seloste: Turpeen vedenläpäisevyys ja vedenpidätyskyky*. *Acta For. Fenn.* 129, 70 s.
- ” – 1979. *Metsikön vesitalous*. Helsingin yliopisto. Neuvontaopin ja täydennyskoulutuksen keskus. *Moniste-sarja* 9, 17–24.
- SARASTO, J. 1961. Kokeita turpeen vedenläpäisevyydestä. Suo 12, 24–25.
- SEPPÄNEN, M. 1961. On the accumulation and the decrease of snow in pine dominated forest in Finland. *Fennia* 86, 51 s.
- SILVENNOINEN, U. 1980. Ojitettujen soiden puunkorjuuta kehitettävä. *Metsä ja Puu* 6–7/80, 8–10.
- VEHVILÄINEN, P. 1979. Metsäojituksen vaikutuksista suon ja vesistöalueen vesitalouteen. *Moniste Suometsätieteen laitoksella*.
- VIRTA, J. 1962. Suohydrologisista tutkimuksista Lapissa ja Pohjanmaalla. Summary: On the research of peat land hydrology in Lapland and Ostrobothnia. Suo 13, 30–35.
- ” – 1966. Measurement of evapotranspiration and computation of water budget in treeless peatlands in the natural state. *Hydrologisen toimiston tiedonantoja XXV*, 70 s.
- WÄRE, M. 1947. Maan vesisuhteista ja viljelyskasvien saadoista. Maasojan vesitaloudellisella koekentällä vuosina 1939–1944. *Referat: Über die Wasserverhältnisse des Bodens und die Erträge von Kulturpflanzen auf dem wasserwirtschaftlichen Versuchfeld Maasoja in den Jahren 1939–1944*. *Maa- ja vesitekniisiä tutkimuksia* 5, 240 s.
- YLI-VAKKURI, P. 1960. Metsiköiden routa- ja lumisuhhteista. Summary: Snow and frozen soil conditions in the forest. *Acta For. Fenn.* 71. 5, 48 s.
- ÖSTERLUND, P. 1979. Veden korkeusvaihteluiden vaikutus rantametsien puuston kasvuun ja kehitykseen kivennäismailla. *Loppuraportti* 26. 4. 1979. *Vesihallitus*.

SUMMARY:

THE HYDROLOGICAL EFFECTS OF FOREST DRAINAGE

The publication at hand is based on seminar papers delivered in the Department of Peatland Forestry of the University of Helsinki. Six seminar papers by students, all discussing problems concerned with the environmental consequences caused by forest drainage, have been compiled into one publication. The aim is to give a

general view of the subject, based on present knowledge. Consequently, this is a report of scientific character on a problem very extensive in Finland.

By the end of 1980, ca 5.3 million hectares of peatlands and paludified mineral soils have been drained for forestry. Another 1 mill. ha are still planned for drainage

during this new decade. After this, all peatlands regarded as suitable for forest growth, will have been drained. Altogether, the area represents 65 per cent of the original peatland area and some 20 per cent of the total land area of the country. In vast regions, like for instance in the coastal provinces of the Gulf of Bothnia, the area of drained peatland forests is as much as half of the area of productive forests.

The environmental consequences of such extensive forest drainage activities are naturally of interest to researchers and intrigue even the public opinion. Especially during the 1970's the subject has been covered by a number of studies. Generally speaking, an overall picture of the problem is about to take shape, although the need for additional clarification is still obvious.

There are various opinions on the hydrological role of a peatland. In general, one might state that peatlands in Finland scarcely level the hydrological fluctuations of their surroundings, as is generally believed. Their water storage capacity is small as well as their effect on groundwater. Peatland pools, 'rimpis' and ponds may, however, similar to lakes, level hydrological extremes.

The hydrological effects of drainage on the water conditions of a peatland are – according to the aim of drainage – permanent or at least meant to be permanent. Due to drainage, the groundwater table of a peatland sinks, evaporation decreases at first and thus the runoff to surrounding areas increases. Later on, these effects are partly levelled out, which decreases the extremes. Particularly the long-term consequences of drainage seem to level the fluctuations. When drainage strongly increases the total runoff at first, the biggest increase proportionally occurs, however, in low runoff. This is caused mainly by the partial emptying of the water storage. Decreased evaporation has an ever increasing impact later on. Along with the aging of a drainage area the importance of biological drainage grows, especially interception by the tree stand increases.

The lowered runoff threshold obtained by drainage means increased water storage capacity of a peatland. This often has an important levelling influence on peak runoff during summer and autumn floods. The increased water storage capacity has a levelling effect also on spring flood after snowmelt.

At first, drainage deteriorates the quality of the water discharging from the peatland. Increased loss of suspended solids and sedimentation have the most

harmful effects. However, the washing out of impurities is relatively short lived. Within a few months after drainage both the humus content and the concentration of suspended solids sink to the pre-drainage level.

In the future, ever-increasing attention must be paid to maintaining drainage efficiency on old drainage areas. Mere ditch cleaning will not always be sufficient, but the ditch network often needs complementing as well. After final felling the area must often be re-drained. On the other hand, the timber harvesting technique presently under development is aimed at minimizing the damage caused by felling. Heavy ditch cleaning and re-drainage have almost the same effect on the quantity and quality of discharge as new drainage. Soil preparation after final felling should be avoided on peatlands, as the humus loss may considerably increase as a consequence thereof. At least careful methods should be applied, e.g. hummock-building.

The most problematic environmental disadvantage caused by forest drainage can be considered the deterioration of the quality of water immediately after drainage. However, during drainage it is possible to take measures concerned with environmental protection. Use of subsurface drains and basins for suspended solids, appropriate scoop models for ditch cleaning as well as careful performance of work diminish the damage to the environment. In recent times, the possibilities to use drainage areas also for flood protection by damming spring flood waters in forest ditches have been studied. The tree stand of the drainage areas does not seem to suffer from this.

To which extent forest drainage has already caused hydrological changes in our nature has probably not yet been thoroughly clarified. It has not been possible to prove that flood damages would have increased, an argument often mentioned in this connection. Forest drainage causes many, even considerable hydrological changes, but with regard to floods, their impact is partly the opposite. The most likely change caused by forest drainage is the increased humus content of waters. How lasting it is and what is its total influence on our hydrology will probably require additional research.

In the future, the maintenance of drainage areas should be aimed at minimizing possible disadvantages and making use of the possibilities offered by the drainage areas for general improvement in the management of waters.