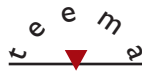


Mika Nieminen ja Erkki Ahti

Soiden metsätalouuskäytön vesistövaikutukset



Yli puolet Suomen soista (n. 5 milj. ha) on ojitettu puuston kasvun parantamiseksi. Metsänparannustoiminnan on arvioitu lisänneen suopuustojen kasvua noin 12,5 milj. m³ vuodessa. Soiden metsätalouuskäyttö on kuitenkin aiheuttanut eräitä haitallisia vesistövaikutuksia. Vesistövaikutusten torjumiseksi on kehitetty ja pyritään edelleen kehittämään erilaisia vesiensuojeluratkaisuja.

Soiden metsätalouuskäytön vaikutus valuntaan

Suomessa suoritettujen tutkimusten mukaan *uudisojitus* poikkeuksetta lisää valuntaa. Vuosivalunnan kasvu ensimmäisen 10 vuoden aikana on 0,3–0,6 % valuma-alueen ojitusprosenttia kohden. Valunnan kasvu on sitä suurempaa mitä vetisemmällä suolla ojitus on tehty. Vuosivalunta kuitenkin palautuu alkuperäiselle tasolle 15–20 vuodessa ja voi sen jälkeen olla jopa alkuperäistä pienempi. Tämä aiheutuu pääasiassa ojituksen vaikutuksesta elpyneen puuston lisääntyneestä haihdunnasta. Uudisojitus vaikuttaa myös valunnan ajoittumiseen ja tulvahuippujen esiintymiseen. Ojitus lisää selvästi voimakaiden kesäsateiden aiheuttamia valuntahuippuja. Pitkällä aikavälillä ojitus kuitenkin vähentää kevään tulvahuippua. Tähän on syynä ojituksen vaikutuksesta elpyneen puuston lisääntynyt varjostus, joka

hidastaa lumien sulamista. Koko maata tarkastellen ojitustoiminnan on arvioitu lisänneen valuntahuippuja Pohjois-Suomessa, mutta vähentäneen Etelä-Suomessa.

Kunnostusojituksen vaikutus valuntaan tunnetaan selvästi huonommin kuin *uudisojituksen*. Metsäntutkimuslaitoksen ja Metsäkeskus Tapion yhteistutkimuksessa 33 valuma-alueella kunnostusojitus ei selvästi vaikuttanut lumettoman kauden valuntaan. Kunnostusojituksen vaikutus valuntaan riippuu todennäköisesti ennen kaikkea siitä, miten paljon uudisojitus on lisännyt puuston kasvua ja puuston kautta tapahtuvaa haihduntaa. Kunnostusojitus lisännee valuntaa etenkin sellaisilla ojitusalueilla, joilla puuston kehitys on jäänyt heikoksi. Runsaspuustoisella ja hyväkasvuisella suolla puuston vedenotto todennäköisesti estää suuret valunnan muutokset.

Sadeveden puustopidäntä ja puuston kautta tapahtuva haihdunta pienenevät *hakkuun* vaikutuksesta. Siten valunta lisääntyy hakkuun jälkeen. Avohakkuu lisää vuotuista kokonaisvaluntaa 5–10 mm hehtaarialta poistettua kymmentä puukuutiometriä kohden. Suometsissä valunnan lisäys on vaihteluvälin ylärajalla, kuivilla kankailla alarajalla. Puuston varjostusvaikutuksen poistuminen nopeuttaa lumien sulamista ja siten aikaistaa ja suurentaa kevään tulvahuippua. Avohakkuun vaikutus valuntaan on ojitusta lyhytaikaisempi, koska haihdunta kasvaa nopeasti uuden kasvillisuuden kehittyessä hakkuualueelle.

Soiden metsätalouskäytön vaikutus kiintoaine- ja ravinnekuormitukseen

Suometsien talouskäytön pahimpana vesitöuhattana pidetään ojien syöpmisestä aiheutuvaa kiintoaine-pitoisuuksien kasvua ojitusalueen alapuolisissa vesistöissä. Kiintoainehuuttoutumien suuruus ja kes-to riippuvat käsiteltävien maa-ainesten laadusta. Eroosioherkkään maa-ainekseen (hiekkä, hieta, hie-su) kaivetuista ojista huuhtoutuu paljon kiintoainet-ta, ja huuhtoutuminen on suurten virtaamien aikaan huomattavaa vielä useita vuosia ojituksen jälkeen. Sen sijaan pelkästään turpeeseen kaivetuista ojista kiintoainetta huuhtoutuu merkittävästi vain kaivu-työn aikana. Eroosioherkkien maiden ojituksissa on mitattu jopa yli kahden tonnin vuosihuuttoutumia hehtaarilta, kun taas pelkästään turpeeseen kaive-tuista ojista kiintoainekuorma on ollut vain muuta-mia kymmeniä tai enintään satoja kiloja.

Kunnostusojituksen vaikutus kiintoainehuuttou-tumiin on hyvin samansuuntainen kuin uudisojituk-sen, mutta pienempi. Noin 40 kunnostusojitusalue-tta sisältäneessä aineistossa valumavesien kiintoaine-pitoisuudet olivat kolmen kunnostusojitusta seura-avan vuoden aikana keskimäärin noin kymmenker-taisia ennen ojitusta vallinneeseen pitoisuustasoon verrattuna. Myös *ojitusmätästys* lisää kiintoaineen huuhtoutumista huomattavasti, jos ojat ulottuvat turpeen alaiseen eroosioherkkään maa-ainekseen.

Ojittaminen ei yleensä vaikuta merkittävästi vesis-töjen rehevöitymisen kannalta kriittisimmän aineen, vesiliukoisien fosforin, pitoisuuksiin valumavedessä. Kokonaisfosforin huuhtoutuma kuitenkin kasvaa ojituksen vaikutuksesta, koska huuhtoutuva kiinto-aine sisältää fosforia. Ojituksen vaikutus vesistöjen fosforikuormitukseen riippuukin ennen kaikkea siitä, miten paljon vesistöihin sedimentoituneen kiintoai-neen fosforista vapautuu liukoiseen muotoon.

Eri typpifraktioista ammoniumtyypen huuhtoutu-minen yleensä lisääntyy ojituksen jälkeen, mutta liuenneen orgaanisen typen huuhtoutuminen vähe-nee. Valumaveden nitraattipitoisuudet voivat jois-sakin tapauksissa kasvaa, mutta myös nitraattihuuhtoutumien vähenemistä on havaittu ojituksen jäl-keen.

Ojituksen vaikutus vesistöihin ei välttämättä ole pelkästään haitallinen. Vesistöjen happea kulutta- van liuenneen orgaanisen aineen pitoisuudet ja va-

Taulukko 1. Keskimääräiset valumaveden fosfaatti-pitoisuudet (mg l^{-1}) ennen (E) ja jälkeen (J) metsän-uudistamisen kuudella ojitusalueella sekä alueiden pintaturpeen (0–10 cm) rauta- ja alumiinipitoisuudet. Fosforin huuhtoutuminen on lisääntynyt vain niiltä alueilta (Vilppula I, II, III), joiden pintaturpeessa on vähän alumiinia- ja rautaa.

Alue/Suotyyppi	$\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$		Fe mg kg^{-1}	Al mg kg^{-1}
	E	J		
Ruotsinkylä / Rhtkg	0,01	0,00	4841	2460
Vesijako / Mtkg	0,00	0,00	4330	1880
Vilppula I / Vatk	0,00	0,23	996	629
Vilppula II / Vatk	0,00	0,12	945	847
Vilppula III / Vatk	0,00	0,04	1101	861
Vilppula IV / Ptkg	0,00	0,00	3285	1307

lumaveden happamuus nimittäin yleensä vähenevät ojituksen jälkeen.

Mikäli ojitusalueiden *avohakkuu* tehdään talvel-la maan ollessa roudassa, kiintoaineen huuhtoutu-minen ei juurikaan lisääntynyt. Liuenneen orgaanisen aineen ja eri typpifraktioiden (orgaaninen typpi, ammonium ja nitraatti) huuhtoutuminen lisääntyvät etenkin reheviltä, typpirikailta soilta. Vesistöjä voimakkaasti rehevöittävä fosforin huuhtoutumi-nen lisääntyy karuilla soilla, joiden turpeessa on hyvin vähän fosforia pidättäviä alumiini- ja rauta-yhdisteitä (taulukko 1).

Myös *fosforilannoitus* lisää fosforin huuhtoutu-mista karuilla, alumiini- ja rautaköyhiltä soilta. Huuhtoutuminen on erityisen suurta vesiliukoista fosforia sisältävistä lannoitteista heti lannoituksen jälkeen. Hidasliukoisia lannoitteita käytettäessä fos-foria alkaa huuhtoutua vasta 1–2 vuoden kuluttua lannoituksesta. *Typpilannoitus* ei lisää typen huuhtoutumista, mikäli levitys tehdään sulaan maahan ja lannoitteena käytetään ureaa. Sen sijaan talvilan-noituksessa urean tyyppiä huuhtoutuu. Ammonium-nitraattia sisältävistä lannoitteista (Oulunsalpietari) voi huuhtoutua tyyppiä kesälevityksenkin jälkeen.

Haitallisten vesistövaikutusten torjuminen

Suometsien käytön haitallisia vesistövaikutuksia



Kuva 1. Kunnostusojitusalueen ojista syöpynyt hiekka on kasautunut laskeutusaltaaseen. Kuva Martti Vuollekoski.

voidaan ehkäistä toimenpiteiden hyvällä suunnittelulla ja aktiivisilla vesiensuojeluratkaisuilla kuten lietekuopilla, ojakatkoilla, laskeutusaltailla ja pintavalutuskentillä.

Kunnostusojitusta suunniteltaessa tulee käyttää hyväksi uudisojitusvaiheen kokemukset. Voimakkaasti syöpyneet ojat on aina syytä jättää perkaamatta. Tulvahuippujen suuruuteen ja virtaavan veden aiheuttamaan ojaeroosioon voidaan vaikuttaa välttämällä suuria ojakaltevuuksia. Ojaeroosio on yleensä suurinta lasku- ja kokoojaojissa suurten virtaamien aiheuttaman ojien syöpymisen takia. Laskuojien perkaamatta jättämistä kannattaa siksi aina harkita kunnostusojitusten suunnittelun yhteydessä. Ojien syvyyteen on kiinnitetty hyvin vähän huomiota kunnostusojituksen vesistöhaittojen torjunnassa. Turpeeseen kaivetuissa ojissa ojaluiskien ja ojan pohjan syöpyminen on merkittävästi vähäisempää kuin kivennäismaahan ulottuvissa. Ojien kaivamista turpeen alaiseen kivennäismaahan asti kannattaa siksi yrittää välttää.

Lietekuopat ja ojakatkot on mainittu vesiensuojelutoimenpiteinä kaikkien kunnostusojitusta harjoit-

tavien organisaatioiden suunnitteluohjeissa, mutta niiden tehosta kiintoainekuormituksen vähentämisessä ei ole tutkimustuloksia. Laskeutusaltaiden on osoitettu pidättävän tehokkaasti karkeaa kiintoainesta (kuva 1). Sen sijaan hienojakoisen kivennäismaa-aineen (esim. savi) ja veteen liuenneiden aineiden (humus ja ravinteet) pidättäjinä laskeutusaltaat ovat osoittautuneet teottomiksi. Laskeutusaltaiden kaivamista eroosioherkkään maa-ainekseen tulee välttää, koska laskeutusaltaiden seinämistä irtoava maa-aines voi merkittävästi lisätä alapuolisten vesistöjen kiintoainekuormitusta.

Kunnostusojitusalueen vesien johtaminen nk. suotautumisalueen tai suojavyöhykkeen kautta alapuoliseen vesistöön vähentää kiintoainekuormitusta usein hyvinkin tehokkaasti (kuva 2). Vesien puhdistumisen edellytyksenä on, että suotautumisalueelle ei synny veden oikovirtausta. Vesien tasaista jakaantumista suotautumisalueelle voidaan edesauttaa johtamalla vedet erityisen 0-kaltevuusojan tai haarukkaajan kautta. Mikäli ojitusalueelta on odotettavissa huomattavaa kiintoainekuormitusta, ojitusvedet voidaan johtaa suotautumisalueelle myös las-



Kuva 2. Ojitusvedet kannattaa johtaa vesistöön nk. suotautumisalueen kautta. Suotautumisalue voi olla esimerkiksi ojitusalueen ja vesistön väliin jäävä luonnontilainen suo. Kuva Martti Vuollekoski.

keutusaltaan kautta. Oikovirtauksien estämiseksi suotautumiskentän pinta-alan on oltava riittävä koko valuma-alueeseen nähden. Turvetuotannon vesiensuojelututkimusten yhteydessä on esitetty, että suotautumiskentän tulisi olla vähintään 3,8 % valuma-alueen pinta-alasta.

Toisin kuin laskeutusaltaat suotautumiskentät pitävät myös hienojakoista kiintoainetta. Lisäksi ravinteita voi pidäytyä suotautumisalueen kasvillisuuteen ja maaperään. Suotautumisalueet ovatkin laskeutusaltaita suositeltavampia vesiensuojeluratkaisuja. Mikäli suotautumisalueen puustoa hakataan, vesistöjen fosforikuormitus voi kuitenkin kasvaa. Ojitusvesien johtaminen suotautumisalueen kautta vesistöihin saattaa myöskin lisätä valumaveden humuspitoisuutta ja happamuutta.

Myös suometsien *hakkuun* vesistövaikutuksia voidaan ehkäistä johtamalla valumavedet suotautumisalueen kautta vesistöön. Eroosiohaintojen estämiseksi suometsien hakkuut tulisi yleensä tehdä talviaikaan maan ollessa roudassa. Hakkuutähteistä tapahtuvaa huuhtoutumista voitaisiin periaatteessa

vähentää tekemällä hakkuut kokopuukorjuuna. Hakkuutähteissä on kuitenkin huomattavia määriä niitä ravinteita (esim. kalium), joista suometsissä on yleisimmin puutetta. Kokopuukorjuun vaikutuksesta suometsien ravinnevaroihin ja ravinnehuhtoutumiin ei ole vielä riittävästi tutkimustietoa.

Fosforilannoituksen vesistövaikutuksia on pyritty vähentämään siirtymällä kaiken aikaa yhä hidaslukoisempiin lannoitteisiin. Hyvin hidaslukoisistakin lannoitteista (Marokon raakafosfaatti ja Siilinjärven apatiitti) kuitenkin huuhtoutuu fosforia soilta, joiden turpeessa on vähän fosforia pidättäviä alumiini- ja rautayhdisteitä. Metsätutkimuslaitoksessa on aloitettu kokeita, joissa lannoitefosforin huuhtoutumista on pyritty vähentämään lisäämällä lannoitteisiin fosforia pidättäviä rautayhdisteitä. Alustavien tulosten perusteella fosfori-rautalannoitteet voisivat olla vesiensuojelun ja puuston kasvatuksen kannalta hyvä vaihtoehto karujen turvemaiden lannoituksessa.

Erilaisissa *tuhkalannoitteissa* annetaan fosforin ohella huomattavia määriä rautaa ja alumiinia, joil-

la voi olla fosforihuuhtoutumia vähentävä vaikutus. Tuhkalannoitus ei nyt käynnissä olevissa tutkimuksissa ole lisännyt fosforihuuhtoutumia kahden lannoitusta seuraavan vuoden aikana karuultakaan soilita. Koska tuhkalannoitteiden fosfori on hyvin hidasliukoista, lopullisen käsityksen saaminen tuhkalannoituksen vesistövaikutuksista edellyttää kuitenkin useiden vuosien seurantaa.

Typpilannoitteena suometsissä tulisi ensisijaisesti käyttää ureaa, joka ei lisää typpihuuhtoutumia sulan maan aikana tehdyissä lannoituksissa. Levitysjako kohtaa valittaessa on aina huomioitava, että vesiliukoisia, vesistöjä rehevöittäviä ravinteita ei saa levittää ojitusalueille talvella. Levitysmenetelmä tulisi valita sellaiseksi, että lannoittamattomien suojavyöhykkeiden jättäminen ojien, purojen ja järvien ympärille on mahdollista. Maalevitys on ojitusalueiden lannoituksessa ensisijainen levitysmenetelmä.

■ MMT Mika Nieminen (mika.nieminen@metla.fi) toimii tutkijana ja MMT Erkki Ahti (erkki.ahti@metla.fi) erikoistutkijana Metlan Vantaan tutkimuskeskuksessa.