

Harri Koivusalo ja Ari Laurén

Metsät osana veden kiertoa

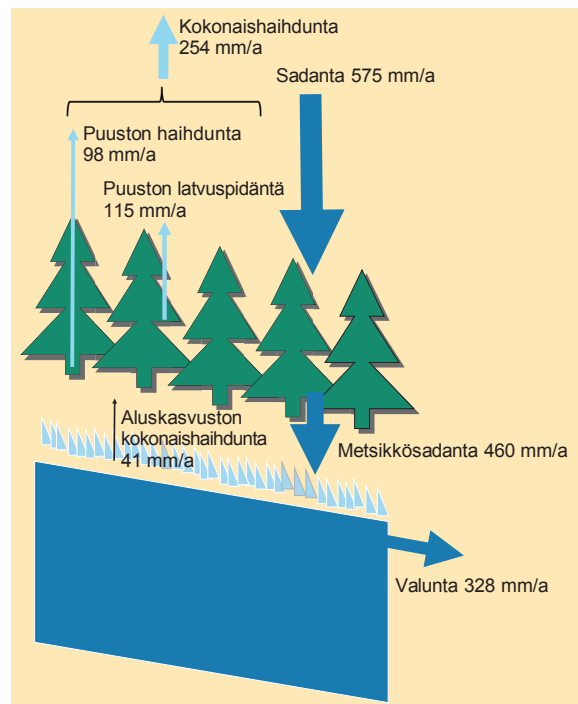
Borealisella vyöhykkeellä metsät peittävät suuren osan maa-alueista, mikä korostaa niiden merkitystä hydrologisessa kierrossa. Maa-alueilta tapahtuvasta haihdunnasta merkittävin osa tapahtuu metsäekosysteemistä. Metsäekosysteemissä tapahtuvat muutokset vaikuttavat suoraan vesitaseen komponenttien suuruuksiin. Metsien merkitystä veden kierrossa voi tarkastella paikallisessa yksittäisen valuma-alueen ja metsikön mittakaavassa tai toisaalta laajassa valuma-alueiden rajat ylittävässä mittakaavassa.

Metsätalous ja hydrologia pienillä valuma-alueilla

Paikallisessa, metsikön mittakaavassa metsätalouden toimenpiteillä on selkeä vaikutus vesitaseen komponentteihin, joihin lukeutuvat metsikkösadanta, kokonahaihdunta, valunta ja maaperään varastoitunut vesi. Kuva 1 esittää laskennallisesti arvioitua sadan jakautumista valuntaan ja kokonahaihdunnan eli evapotranspiraation eri komponentteihin kuusivaltaisella koevaluma-alueella (56 ha) Sotkamon Kangasvaarassa neljän vesivuoden aikana.

Kylmillä alueilla metsätaloustoimenpiteiden vaikutus ulottuu talvikauden lumiprosesseihin, jotka ovat tärkeitä kevätvalunnan ja -tulvien muodostumisen kannalta. Metsien päätehakkuu ja harvennus ovat toimenpiteitä, jotka muuttavat veden kiertoa vähentyneen latvuspidännän, pienentyneen haihdunnan, kasvaneen lumen kertymisen, tehostuneen lumen sulannan ja kasvaneen valunnan myötä. Puus-

ton poistaminen kokonaan avohakkuun yhteydessä muuttaa merkittävästi alueen mikrometeorologisia olosuhteita puuston varjostusvaikutuksen poistumisen takia, mikä johtaa muutokseen myös aluskasvuston lajistossa. Metsänuudistamisen yhteydessä maa-



Kuva 1. Koivusalon ym. vuonna 2006 kuvaamalla FEMMA-mallilla tuotettu arvio vuotuisesta vesitaseesta Kangasvaaran koevaluma-alueen kuusikossa lokakuusta 1992 syyskuuhun 1996.

muokataan, mikä edelleen häiritsee pintakasvillisuuden kokonaishaihduntaa. Istutetun tai kylvetyn puuston kehittyminen muuttaa veden kiertoa vähitellen, jolloin latvuspeittävyys, latvuspidäntä, metsäpinnan karkeus ja kokonaishaihdunta lisääntyvät ja valunta pienenee.

Suomessa suometsät muodostavat merkittävän ja erityisen maankäyttömuodon, sillä noin puolet maan 9 miljoonasta suohehtaarista on ojitettu metsätaloutta varten. Ojitus on muuttanut alkuperäisen suon vesitasetta lisäämällä alueen hydrologista aktiivisuutta ja lyhentämällä keskimääräistä veden virtausmatkaa vastaanottavaan vesistöön. Ohuen turvekerroksen peittämällä soilla ojitus voi avata pohjavedelle uusia purkautumisreittejä erityisesti alueilla, joilla suokosysteemin ylläpitäjänä on paineellisen pohjaveden aiheuttama liikakosteus.

Ojituksen vaikutuksesta hydrologiaan löytyy risiiritaista tietoa ja vaikutukset todetaankin olevan paikkakohtaisia alueiden maaperän ja vesitaloudellisten olosuhteiden vaihtelun takia. Yleisesti ojituksella on lyhytaikaisia ja pitkäaikaisia vaikutuksia veden kiertoon. Ojituksen lyhytaikaisia vaikutuksia ovat valunnan lisääntyminen suolle varastoituneiden vesien purkautuessa tehokkaammin ja kokonaishaihdunnan vähentyminen kosteisiin olosuhteisiin sopeutuneiden kasvilajien väistyessä. Pitkäaikaisvaikutukset määräytyvät ojituksen jälkeisen puuston kasvumuutosten kautta. Jos suopuusto elpyy ja saavuttaa korkean latvuspeittävyuden, latvuspidäntä ja kokonaishaihdunta kasvavat, mikä johtaa ajan kuluessa valunnan pientymiseen. Joissakin tapauksissa liikakosteus ja puutteellinen kuivatus eivät ole ainoat suopuuston kasvua rajoittavat tekijät, jolloin ojitus yksinään ei saa aikaan merkittävää puuston kasvun elpymistä. Tässä tapauksessa ojitus johtaa valunnan pitkäaikaiseen lisääntymiseen. Pitkäaikainen alivaluntojen lisääntyminen voi tapahtua myös kuivatettaessa soita, joissa ojitus avaa uusia reittejä paineellisen pohjaveden purkautumiselle pintavesiin.

Suomessa uudisojituksia ei enää tehdä, mutta olemassaolevilla ojitusalueilla pyritään ylläpitämään kuivatustilaa kunnostusojitusten avulla. Kunnostusojituksella on veden kiertoon uudisojitusta vähäisempi vaikutus, joskin selviä vaikutuksia vesitaseeseen on odotettavissa kohteilla, jossa ojien kokoa ja syvyyttä muutetaan kunnostusojituksen yh-

teydessä suuremmiksi kuin alkuperäisessä ojustossa. Suometsiköiden koealueilla tehdyt vesitasemittaukset osoittavat, että kehittyneellä suopuustolla voi olla Sarkkolan ym. (2010) mukaan merkittävä rooli vesitaseessa puuston kokonaishaihdunnan kautta. Silloin kun puusto haihduttaa vettä tehokkaasti, se ehkäisee kasvukaudella liiallisen kosteuden kertymistä ja vastaavasti vähentää kuivatuksen merkitystä metsikön vesitaseessa. Samalla kunnostusojituksen tarve pienenee.

Metsätalous ja hydrologia suurten valuma-alueiden tasolla

Metsätalouden vaikutus veden kierrossa tulee selvästi esiin paikallisessa metsikön tai pienen valuma-alueen mittakaavassa. Koska vuotuiset metsien käsitteypinta-alat ovat laajassa mittakaavassa pieniä, metsätalouden vaikutukset eivät tule yhtä selkeästi esiin tarkasteltaessa isoja vesistöjä. Finérin ym. vuonna 2010 tekemän tutkimuksen mukaan esimerkiksi vuotuinen päätehakkuiden pinta-alaosuus vaihteli 1–3 % eri metsäkeskusten alueilla vuosina 1997–2006. Koska metsätaloustoimenpiteiden vaikutus hydrologiaan kestää useita vuosia, metsätalouden yhteisvaikutus käsittää kuitenkin suurempia alueita kuin yksittäisten vuosien toimenpidealat. On arvioitu että metsätalouden vaikutus hydrologiassa alkaa erottumaan kun valuma-alueen pinta-alasta käsitellään suurempi osuus kuin 15–20%.

Pohjoisten leveysasteiden isoilla valuma-alueilla suurimmat vuotuiset tulvat ovat tyypillisesti kevätajan lumien sulamisen seurausta. Suurimpien valuntatapahtumien yhteydessä vesivarastot maalueilla ja vesistöissä täyttyvät ja saavuttavat usein suurimmat arvonsa riippumatta maankäyttötyypistä. Keski-Euroopassa tehtyjen tutkimusten mukaan vesien pidättämisellä metsäalueille voidaan selvimmin vaikuttaa keskisuuriin tulviin, mutta vähemmän suurimpiin tulvatapahtumiin. Suurimpien tulvien hallinta on vesistöissä edelleen tehokkainta patoamisella aikaansaadun tulvaveden varastotilan lisäämisen kautta.

Metsät ja veden kierto globaalissa katsannossa

Metsien merkitys veden kierrossa saa uuden näkökulman, kun vesitasetta tarkastellaan laajalla, esimerkiksi kokonaisen meren valuma-alueen, tasolla. Tällöin veden kierron tarkasteluun voidaan ottaa mukaan sadannan lähdealueet, eli mm. metsäalueiden kokonaishaihdunnan kytkentä sadannan muodostumiseen. Ilmastomalleihin kytkettyjen hydrologisten osamallien kehittymisen myötä laaja-alaisia vesitaseen ja veden kiertokulun tarkasteluja yli koko hydrologisen kierron maa-alueilta ja meristä ilmaan ja takaisin on mahdollista toteuttaa laskennallisesti.

Gates ja Liess esittivät vuonna 2001 ilmastomallin avulla metsien vaikutusta veden kiertoon Välimeren alueella. He loivat kaksi erilaista ääritilannetta, joista toinen kuvasti 2000 vuotta sitten vallinnutta tilannetta ja toinen äärimmäistä aavikoitumista, jossa alueen metsät olisivat lähes kokonaan hävinneet. Tämänkaltaisessa ääritilanteessa metsien häviämällä todettiin laskennallisesti olevan huomattavia potentiaalisia vaikutuksia alueen paikallisiin sateoloihin maa-alueiden haihdunnan vähentymisen seurauksena. Välimeren alueella metsien ja ilmaston välinen takaisinkytkentä on kriittinen siitä syystä, että sadannan määrä on monilla alueilla lähellä metsien kannalta kynnysarvoksi arvioitua määrää 1 mm päivässä. Metsäpinta-alan väheneminen voi näissä olosuhteissa nopeuttaa kuivien alueiden laajenemista haihduntaan ja sadantaan ulottuvien seurannaisvaikutusten takia.

Pohjois-Euroopassa veden riittävyys ei ole metsien kannalta ollut ongelma, sillä sadanta jakautuu tasaisesti vuodenaikojen yli ja ylittää reilusti kriittisenä pidetyn keskiarvon. Veden kierron tarkastelu laajemmin kuin pelkästään sadanta-valuntaprosessin avaava kuitenkin ajattelua kohti kokonaista hydrologista kiertoa yli valuma-alue rajojen. Vesi on yhteinen luonnonvara, joka kytkee alueet ja niillä ihmisen tekemät toimet alueiden ulkopuolelle.

Suomessa sataneesta vedestä noin 58 % on peräisin maa-alueelta ja 19 % nimenomaan kotimaan alueelta Dirmeyerin ym. vuonna 2009 tekemän sadannan globaalien lähdealueanalyysin perusteella. Samoin kuin ilmansaasteet kulkeutuvat rajojen yli, jollekin alueelle sataneen veden lähdealueilla tehdyt maankäytön muutokset vaikuttavat veden varastoihin ja kiertoon lähdealueiden ulkopuolella. Ilmaston muuttuessa metsien rooli veden kierron ja ilmaston säätelijänä on tärkeä tutkimusteema lähitulevaisuudessa.

Kirjallisuutta

- Dirmeyer, P.A., Brubaker, K.L. & DelSole, T. 2009. Import and export of atmospheric water vapor between nations. *Journal of Hydrology* 365: 11–22.
- Gates, L.D. & Liess, S. 2001. Impacts of deforestation and afforestation in the Mediterranean region as simulated by the MPI atmospheric GCM. *Global and Planetary Change* 30: 309–328.
- Finér, L., ym. 2010. Metsäisten valuma-alueiden vesistökuormituksen laskenta, Suomen ympäristö 10/2010. Suomen ympäristökeskus (SYKE).
- Koivusalo, H., ym. 2006. Parametrisation and application of a hillslope hydrological model to assess impacts of forest clear-cutting on runoff generation. *Environmental Modelling and Software* 21: 1324–1339.
- Sarkkola, S., ym. 2010. Role of tree stand evapotranspiration in maintaining satisfactory drainage conditions in drained peatlands. *Canadian Journal of Forest Research* 40: 1485–1496.

■ Prof. Harri Koivusalo, Aalto-yliopiston insinööritieteiden korkeakoulu, Yhdyskunta- ja ympäristötekniikan laitos, MMT Ari Laurén, Metla, Joensuu
Sähköposti harri.koivusalo@aalto.fi, ari.lauren@metla.fi