

Hiili ja ravinteet järvestä metsämaahan – tekopohjaveden muodostamisen biogeokemialliset hyödyt ja haitat?

Carbon and nutrients from lake to forest soil – biogeochemical benefits and costs of artificial groundwater recharge?

Heljä-Sisko Helmisaari¹, Lilli Kaarakka¹, Leila Korpela², Antti-Jussi Lindroos², Tiina Nieminen², Pekka Nöjd² ja Aino Smolander²

¹Metsätieteiden laitos, Helsingin yliopisto, PL 27, 00014 Helsinki

²Luonnonvarakeskus (Luke), Latokartanonkaari 9, 00790 Helsinki

Tekopohjaveden muodostamisen tavoitteena on tuottaa luonnollisen kaltaista pohjavettä imeyttämällä vesistöistä pumpattua pintavettä maaperään allas- tai kaivoimeytyksen tai maanpinnalle tehtävän sadetuksen avulla. Tekopohjavettä on muodostettu Suomessa jo kymmeniä vuosia pääasiassa perinteisellä allasimeytyksellä. Sadetusimeytystä käyttävät muutamat vesilaitokset (esim. Hämeenlinna ja Jyväskylä), ja Tampereen seudun lupaprosessi on kesken.

Maamme pintavedet ovat yleensä humuspitoisia. Humus aiheuttaa veteen hajua ja makua ja lisää mikrobien kasvua vesijohtoverkostossa. Lisäksi klooridesinfioinnin yhteydessä orgaanisesta aineesta voi muodostua karsinogeenisiä ja mutageenisiä yhdisteitä. Pintavesilaitoksilla orgaaninen aine poistetaan yleensä saostamalla kemikaalien avulla ja sen jälkeen suodattamalla. Tekopohjavettä muodostettaessa harjumaaperä toimii orgaanisen aineen suodattimena. Tekopohjaveden tärkeimpänä etuna pintaveteen verrattuna onkin vähäisempi kemikaalien käytön tarve.

Sadetus- ja allasimeytyksen biogeokemiaa tutkittiin laajassa hankkeessa vuosina 1998-2003 [1]. Luontainen pohjavesi muodostuu sadevedestä, tekopohjavesi taas järvi- tai jokivedestä. Sadevesi ja imeytettävä järvivesi ovat ainekoostumukseltaan ja määrältään täysin erilaisia, ja siksi niiden vaikutukset maaperään, kasvillisuuteen ja luontaiseen pohjaveteen ovat myös hyvin erilaisia. Järvivedessä on korkeampi pH ja paljon enemmän orgaanista hiiltä (humusaineita) ja ravinteita kuin sadevedessä. Imeytysmäärät samalle alueelle ovat jopa tuhatkertaisia luontaiseen sadantaan verrattuna.

Humusaineet ovat järvivedessä orgaanisena hiilenä, josta valtaosa on liukoista orgaanista hiiltä, pääosin heikosti hajoavia humusyhdisteitä. Järviveden liukoinen orgaaninen hiili ei juurikaan pidä pystysuorassa virtauksessa vaan kulkeutuu imeytyksessä pohjavesikerrokseen, jossa sen pitoisuus vähitellen vähenee veden virratessa imeytysalueelta kaivoille. Niinpä imeytysalueiden alla tekopohjavesi sisältää vielä ne humusaineet, joita imeytetyssä pintavedessä on [2,3]. Esimerkiksi Ahveniston harjulla imeytetystä järvivedestä jäi pohjavesivyöhykkeen maaperään yli 10 tonnia humusaineita (orgaanista hiiltä) vuodessa [2]. Adsorptio eli pidättyminen maapartikkeleihin pohjavesivyöhykkeessä vähitellen virtausmatkan aikana on tärkein tapa, jolla tekopohjaveden orgaanisen hiilen määrä vähenee. Suomessa erilaisilla tekopohjavesilaitoksilla orgaanisen hiilen pitoisuuden riittävä väheneminen (alle 2 mg:aan litrassa vettä) vaatii 160-1300 metrin virtausmatkan - ja tarvittava matka ja siihen kuluva aika riippuu pohjavesivyöhykkeen maaperän rakenteesta [3].

Sadetusimeytyksessä vältytään allasrakenteiden vaatimilta maansiirtotöiltä kun imeytys tehdään metsässä, jossa puusto, aluskasvillisuus, pintamaan orgaaninen kerros ja koko maannosvyöhyke ovat jäljellä. Toisaalta sadetus muuttaa maaperää kemiallisesti vähentämällä metsämaan happamuusarvoa ja kohottamalla ravinteisuutta [4] sekä muuttamalla kasvillisuuden

lajistoltaan [5,6]. Sadetusimeytysalueiden runsastuva yksivuotinen heinä- ja ruohokasvillisuus tuottaa runsaasti myös uutta orgaanista ainetta maaperän pintakerrokseen millä voi pitemmällä ajalla olla tukkeuttava vaikutus imeytystauoista huolimatta.

Sadetuksen pitkäaikaisvaikutuksista (yli 10 vuotta imeytyksestä) on nyt uutta tutkimustietoa. Helsingin yliopisto yhdessä Luonnonvarakeskuksen kanssa tutki vuosina 2013-2017 Vuonteenharjun tekopohjavesilaitoksen kasvillisuuden ja maaperän toipumista järvivedellä tapahtuneesta imeytyksestä, jota tehtiin tutkituilla alueilla vuosina 1999-2001. Tutkimusten tieteellinen raportti on lähetetty julkaistavaksi [6].

Tulosten perusteella imeytysalueiden maaperä ja kasvillisuus ei toipunut järviveden imeytyksestä yli 12 vuoden aikana. Tämä aika ei ole riittänyt entisten sadetusimeytysalueiden palautumiseen sadetusta edeltäneeseen tilaan, vaan alueiden maaperä ja kasvillisuus on edelleen biogeokemialtaan ja lajikoostumukseltaan vahvasti muuttunut. Maaperän orgaanisen kerroksen pH oli yli 12 vuotta imeytyksen päättymisen jälkeen vielä huomattavasti korkeampi imeytysaloilla imeyttämättömiin vertailualoihin verrattuna ja typen mineralisaatio oli yli kymmenkertaista sadettamattomaan alueeseen nähden. Maaperän muuttuneen kemiallisen tilan takia myöskään aluskasvillisuus ei ollut palautunut imeytystä edeltäneeseen tilaan tai imeyttämättömien alueiden kaltaiseksi. Herkät lajit, kuten jäkälät puuttuivat alueelta kokonaan. Näiden muutosten vuoksi menetelmä ei sovellu suojelluille tai mieluiten luonnontilaisina säilytettäville alueille.

Tekopohjavesilaitos on yhteiskunnalta suuri investointi, minkä vuoksi se suunnitellaan pitkäaikaista käyttöä varten. Toimivien laitosten pitkän ajan tutkimustietoa tulisikin hyödyntää uusien laitosten suunnittelussa ja ongelmien ennakoinnissa sekä itse lupapäätöksissä.

Kirjallisuus

[1] Helmisaari, H-S., Illmer, K., Hatva, T., Lindroos, A-J., Miettinen, I., Pääkkönen, J. & Reijonen, R. (toim.). 2003. Tekopohjaveden muodostaminen: imeytystekniikka, maaperä-prosessit ja veden laatu. TEMU-tutkimushankkeen loppuraportti. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 902. 219 s.

[2] Lindroos, A-J., Kitunen, V., Derome, J. and Helmisaari, H-S. 2002. Changes in dissolved organic carbon during artificial recharge of groundwater in a forested esker in Southern Finland. *Water Research* 36: 4951-4958.

[3] Helmisaari, H.-S., Illmer, K., Derome, J., Hatva, T., Kitunen, V., Lindroos, A.-J., Miettinen, I., Pääkkönen, J. & Reijonen R. 2006. Artificial recharge in Finland through basin and sprinkling infiltration: soil processes, retention time and water quality. *Unesco IHP-VI, Series on Groundwater* 13: 280-285.

[4] Derome, J., Lindroos, A-J. & Helmisaari, H-S. 2006. Effect of sprinkling infiltration on soil acidity and fertility properties on a forested esker in Central Finland. *Unesco IHP-VI, Series on Groundwater* 13: 264-268.

[5] Nöjd, P., Lindroos, A-J., Smolander, A., Derome, J., Lumme, I. & Helmisaari, H-S. 2009. Artificial recharge of groundwater through sprinkling infiltration: impacts on forest soil and the nutrient status and growth of Scots pine. *Science of the Total Environment* (407)(10): 3365-3371.

[6] Kaarakka, L., Smolander, A., Lindroos, A-J., Nöjd, P., Korpela, L., Nieminen, T.M. and Helmisaari, H-S. 2018. Sprinkling infiltration as an artificial groundwater recharge method – long-term effects on boreal forest soil, tree growth and understory vegetation. Submitted.