

METSÄTALOUS POHJAVESIALUEILLA

Kunnostusojitus ja terveyslannoitus erityistarkastelussa

Samuli Joensuu

Sisällys

Taustaa	3
Hankkeen tarkoitus ja tavoitteet	5
Hankkeen tulokset	6
Pohjavesityöpaja	6
Käytännön kokemuksia kunnostusojituksista pohjavesialueilla	6
Tutkimustarpeet	8
Ratkaisumallit toiminnan kehittämiseen	9
Pientyöryhmän tuloksia	10
Yhteydet FRESHABIT-hankkeen kanssa	15
Kokkolan demonstraatioalue	15
Metsälannoitus pohjavesialueilla	16
Toimintaketju	16
Johtopäätökset	20
Kirjallisuutta	21

Taustaa

Suomessa on yli 6000 pohjavesialuetta, joilla on arvioitu muodostuvan pohjavettä noin 5,4 miljoonaa kuutiota vuorokaudessa. Tästä määrästä vajaat puolet muodostuu aiemman I-luokan alueilla. Aiemman luokituksen mukaan vedenhankintaa varten tärkeiksi (luokka I) on luokiteltu 2200 aluetta ja vedenhankintaan soveltuviksi (luokka II) noin 1600. Muita (luokka III) pohjavesialueita on 2300. Pohjavesi on laadultaan pääosin moitteetonta, sillä se on pintavettä paremmin suojassa likaantumislta (Pohjavesityöryhmä, YM027:00/2011, 2012). Pohjavesien suojelemiseksi ympäristöhallinto on kartoittanut ja luokitellut pohjavesialueita jo 1970-luvulta lähtien.

Pohjavesialueiden luokittelu on muuttunut. Muutosta on käsitelty Ympäristöministeriön asettaman Pohjavesityöryhmän (YM027:00/2011) loppuraportissa (2012). Helmikuun alussa 2015 tuli voimaan laki vesienhoidon ja merenhoidon järjestämisestä annetun lain muuttamisesta (1263/2014). Laissa säädetään pohjavesialueiden rajauksesta ja luokittelusta sekä pohjavesialueen suojelusuunnitelmasta. Pohjavesialueiden määrittelyssä on luovuttu kolmiluokkaisesta jaosta ja siirrytty kahteen luokkaan:

1-luokka; Vedenhankintaa varten tärkeä pohjavesialue, jonka vettä käytetään tai jota on tarkoitus käyttää yhdyskunnan vedenhankintaan taikka talousvetenä enemmän kuin keskimäärin 10 kuutiometriä vuorokaudessa tai yli viidenkymmenen ihmisen tarpeisiin

2-luokka; Muu vedenhankintakäyttöön soveltuva pohjavesialue, joka pohjaveden antoisuuden ja muiden ominaisuuksiensa perusteella soveltuu 1 kohdassa tarkoitettuun käyttöön.

Elinkeino-, liikenne ja ympäristökeskus luokittelee lisäksi E-luokkaan pohjavesialueet, joiden pohjavedestä pintavesi- tai maaekosysteemit ovat suoraan riippuvaisia.

Pohjavesialueilla harjoitetaan laajasti metsätaloutta. Toimintaa varten on laadittu vesiensuojelusuositukset (Joensuu ym. 2013) varmistamaan, miten metsätaloutta voidaan harjoittaa aiheuttamatta pohjavesien pilaantumista. Suositukset on laadittu käytännön kokemuksiin ja pääteltyyn perustuen. Asiantuntijoiden mukaan metsätalous on turvallisimpia maankäyttömuotoja pohjavesialueilla. Tämä voidaan päätellä jo siitäkin, että pohjavedet ovat edelleen hyvässä tilassa, vaikka pohjavesialueilla on harjoitettu pitkään metsätaloutta. Metsätaloustoimenpiteiden vaikutuksista, erityisesti, kunnostusojituksen vaikutuksista varsinaisilla pohjavesialueilla on erittäin vähän tutkimus- tai seurantatietoa. Lupien myöntäminen metsätaloustoimenpiteille perustuakin tästä syystä varovaisuusperiaatteen noudattamiseen. Jonkin verran tutkimustietoa löytyy hakkuiden vaikutuksista pohjavesiin (esim. Kubin 2013 ja Piirainen 2013), mutta seuranta on yleensä toteutettu normaalilla metsämaalla, jossa pohjamaa on moreenia. Luonnonvarakeskus on muutamilla hakkuu- ja energiapuukorjuun seuranta-alueilla tutkinut metsätaloustoimenpiteiden vaikutuksia maaveteen. Varsinaisilta pohjavesialueilta seuranta kuitenkin paria esimerkkiä (Rusanen 2002, Piirainen 2013) lukuun ottamatta on vähäistä.

Kunnostusojitus on merkittävin metsätaloustoimenpide, jolla katsotaan olevan vaikutusta pohjavesiin. Tästä syystä pohjavesialueiden rajaukset vaikuttavat erityisen paljon nimenomaan kunnostusojitus suunnittelijan työhön. Valtakunnan eri osissa käytännöt vaihtelevat, mutta pääsääntöisesti kunnostusojituksessa alueet rajataan varovaisuuden vuoksi siten, että ainakin I- ja II-luokan pohjavesialuerajauksen sisäpuolella vanhojen ojien kunnostaminen on melko harvinaista. Alueet on rajattu pohjavesirajauksen ulkopuolelle joko ojitussuunnittelijan toimesta tai viimeistään siinä vaiheessa, kun suunnitelmaan liittyvä ojitussuunnitelma on toimitettu alueelliseen ELY-keskukseen. Kun rajauksia tarkistetaan ELY-keskuksissa uuden luokituksen mukaisiksi, on tärkeää, että kartta- ja paikkatiedot ovat oikein rajauksen osalta. Samoin on tärkeää tietää, mitä rajauksen sisäpuolella saa tehdä ja mitä vaikutuksia rajauksilla on maanomistajien talouteen.

Tapion hyvän metsänhoidon suosituksiin liittyvässä metsätalouden vesiensuojelun työoppaassa (Joensuu ym. 2013) on lähdetty siitä, että metsänkasvun kannalta tarpeellinen kuivatus ja ojien perkaus on suosituksissa mainituin ehdoin myös pohjavesialueilla mahdollista. Alla on sitaateissa keväällä 2013 hyväksytyissä Metsätalouden vesiensuojelusuosituksissa olevia kohtia, jotka koskevat kunnostusojitusta pohjavesialueilla.

”Aiemmin ojitetuilla turvepintailla pohjavesialueen osilla voidaan usein perata ojia aiheuttamatta pohjavesihaittoja, kun perkausta ei uloteta alkuperäistä kuivatussyvyyttä syvemmälle. Tällöin varmistetaan, että vanha kuivatus ei ole aiheuttanut pohjaveden purkautumista. Mikäli ojasyvyyden lisääminen kuitenkin olisi välttämätöntä vesien johtamisen takia, varmistetaan maaperäselvityksiin perustuvalla asiantuntija-arviolla, että pohjaveden purkautumista syvennetäisiin ojiin ei voi tapahtua. Arviointiapua voi kysyä esimerkiksi alueelliselta ELY-keskukselta. Lisäksi olisi perusteltua selvittää mahdollinen paineellinen pohjaveden esiintyminen. Mikäli kunnostusojitukseen kuuluu pohjavesiluokkaan III kuuluvia alueita, on syytä selvittää pohjavesiluokituksen ajantasaisuus.”

Oulun yliopistossa on selvitetty laajasti Rokuanharjun vesitaloutta matkailun näkökulmasta (Rossi ym. 2010). Rokua on yksi suurimmista harjuista Suomessa. Ongelmana on ollut alueen kirkasvetisten järvien vedenpintojen ajoittainen lasku. Harjua ympäröivät suoalueet, joiden ojitamisen on epäilty vaikuttavan pohjavesiin ja järvien tilaan. Tutkimukseen liittyen alueella tehtiin laajoja hydrologisia mittauksia ja luotauksia sekä maatutkahavaintoja. Lisäksi selvitettiin ojissa virtaavien vesien alkuperää ja miten suuri osa vedestä oli pohjavesivirtaamaa. Tutkimuksessa varmistui, että pohjavettä purkautuu hiekkakerrokseen saakka kaivetuissa ojissa kahdella mekanismilla. Jos turvekerros on puhkaistu, vesi suotautuu hiekan läpi. Paksun turvekerroksen alueille tehdyissä ojissa pohjavesi puolestaan voi purkautua eristävän turpeen läpi kovertuneiden aukkojen kautta. Havaintojen perusteella pohjavettä purkautui kovertuneiden aukkojen kautta merkittävä määrä pintavaluntaan nähden. Suurimpien purkauaukkojen kohdalla hiekkakerroksen paineellinen pohjavesi oli selvästi vapaata ojavedenpintaa korkeammassa painekorkeudessa. Näitä purkumekanismeja ei aiemmin ole selkeästi tunnettu.

Rokuan tutkimusten perusteella tutkijat tekivät seuraavia johtopäätöksiä:

- Metsätalous vaikuttaa pohjavesialueella pohjaveden muodostumiseen; suuret puut kuluttavat paljon vettä
- Metsätaloustoimenpiteet harjualueen päällä (ei reunoilla) ylläpitävät korkeampaa pohjaveden muodostumismäärää
- Metsäojitukset pohjavesialueiden läheisyydessä voivat olla voimakkaasti kytköksissä pohjavesiesiintymään ja osaltaan alentaa pohjavedenpintoja
- Turvemaiden ojitusten vaikutuksia pohjavesiin voi olla vaikea ja kallis korjata. Järkevämpää on tarkka harkinta ojituksille ja ojien kunnostusten todelliselle tarpeellisuudelle.
- Lupamenettely ojituksista pv-alueella ja läheisyydessä on hyvä käytäntö
- Rokuan tapauksessa ilmasto ja maankäyttö kumpikin vaikuttivat pohjaveden pintoihin ja pohjaveteen kytkeytyneisiin järviin

Rokuan harju on kuitenkin yksittäinen alue, jossa on omat erityispiirteensä. Edellä mainittuja päätelmiä ei voida tästä syystä yleistää kovin laajasti ilman että vastaavia tutkimuksia tehdään muuallakin.

Kupiainen (2010) on samassa yhteydessä selvittänyt pohjaveden purkautumista metsäojiin Rokuan harjualueella sekä siitä aiheutuvaa antoisuuden pienentymistä. Tutkimuksessa on samalla kehitetty onnistuneesti ojiin tehtävien patojen rakentamismenetelmiä antoisuuden pienentymisestä aiheutuvan haitan vähentämiseksi. Rakentamalla pohja- tai muita metsätaloudessa totuttuja patorakenteita pohjavesien purkautumisalueilla ojiin sopiviin paikkoihin purkautumispaikkojen alapuolelle ja mitoittamalla patojen korko oikein, voidaan saada pohjaveden purkautumispainetta tasaantumaan oleellisesti.

Hankeen tarkoitus ja tavoitteet

Hankkeen tarkoituksena on ollut keskustella kunnostusojituksen mahdollisuuksista pohjavesialueilla. Hankkeella luodun yhteistyöverkoston avulla tavoitteena on ollut parantaa metsätaloustoimijoiden ja talousvesistä vastaavien toimijoiden sekä viranomaisten välistä kanssakäymistä, vuoropuhelua ja yhteistyötä.

Hankkeella tehtiin tiivistä yhteistyötä Suomen ympäristökeskuksen ja Luken kanssa. Samoin yhteistyötä on tiivistetty Etelä-Pohjanmaan ELY-keskuksen pohjavesiasiantuntijoiden kanssa. Etelä-Pohjanmaan ELY-keskus on toiminut ikään kuin pilottialueena, jossa yritetään tiivistää yhteistyötä metsätoimijoiden ja pohjavesiviranomaisten välillä. Pilotoinnin kannalta nimenomaan Etelä-Pohjanmaan alue on merkityksellinen, koska siellä on erityisen paljon vanhaa, kunnostusojitusta odottavaa metsäojitusalueita pohjavesialuerajausten sisäpuolella.

Tavoitteena oli kehittää toimintamallia pohjavesiviranomaisten ja metsätaloustoimijoiden yhteistyön tiivistämiseksi erityisesti kunnostusojitukseen liittyvissä asioissa. Tavoitteena on ollut myös saada aikaan pilottialue, jossa seurattaisiin käytännössä kunnostusojituksen vaikutuksia pohjaveteen sellaisella alueella, jota potentiaalisesti käytettäisiin talousveden ottamiseen. Tällä

hetkellä tieto esimerkiksi kunnostusojituksen vaikutuksista pohjaveden määrään ja laatuun on puutteellista. Tästä syystä toiminta perustuukin varovaisuusperiaatteeseen. Vastaavien seurantakohteiden määrää pitäisi jatkossa kasvattaa, jotta voisimme päivittää pohjavesien osalta metsätalouden vesiensuojelusuositukset.

Hankkeen tulokset

Pohjavesityöpaja

Tapiossa järjestettiin hankkeen puitteissa työpaja 7.6.2016. Työpajassa haluttiin kuulla toimijoiden ja viranomaisten kokemuksia metsätaloustoimista pohjavesialueilla. Tavoitteena oli koota yhteen tarpeita hyvistä käytännöistä. Työpajassa pohdittiin myös tutkimustarpeita suositusten jatkokehittämistä varten. Samoin yritettiin löytää ratkaisumalleja joustavalle toiminnalle pohjavesialueilla. Työpajan aineisto on koottuna Tapion sivuille ja materiaali löytyy osoitteesta:

<http://tapio.fi/metsatietoa/kaynnissa-olevat-hankkeet/metsatalous-pohjavesialueilla/>

Alla olevassa muistiossa on kuvattuna työpajan anti ja johtopäätökset

KÄYTÄNNÖN KOKEMUKSIA KUNNOSTUSOJITUKSISTA POHJAVESIALUEILLA

Keskusteltiin ongelman mittakaavasta eli pohjavesialueille sijoittuvan kunnostusojitettavan alueen määrästä valtakunnallisesti. Todettiin, että nykyinen, usein yleiseen varovaisuusperiaatteen perustuva käytäntö kunnostusojituksen suunnittelun rajaamisesta pohjavesialueen ulkopuolelle voi aiheuttaa merkittäviä tulonmenetyksiä yksittäiselle maanomistajalle, vaikka kansantaloudellisesti tarkasteltuna ongelma ei olisikaan suuri. Pohjavesialueiden pinta-ala on n. 4 % Suomen pinta-alasta ja tästä ojitusta kaipaavien alueiden osuus on melko pieni.

Paikallisesti pohjavesialuerajaus voi olla merkittäväkin sellaisilla alueilla, joissa pohjavesialuerajaukset ovat laakeiden harjumuodostumien tai ns. piiloharjujen alueilla. Tällaisia alueita on muun muassa Pohjanmaalla. Esimerkkinä ovat Kauhajoen Hyypän alueella olevat pohjavesialuerajaukset. Pohjavesialuerajaukset käsittävät runsaat 12 000 hehtaaria, josta noin 5 000 hehtaaria on metsäojitettua. Käytännössä näillä alueilla usein koko tilan metsäpinta-ala ojitusalueineen on pohjavesialuerajauksen sisäpuolella.



Kuva 1. Kauhajoen Hyypän alueella sijaitsevat pohjavesialueet. Alue sisältää 12 erillistä pohjavesialuetta. Tummansinisellä rasterilla merkityt alueet ovat metsäojitusalueita. Alueen kokonaispinta-ala on noin 12 000 hehtaaria ja metsäojitettu pinta-ala noin 5 000 hehtaaria (Lähde: Asmo Hyvärinen, Otso Metsäpalvelut).

Keskusteltiin ojitussuunnitelmien ja ojitustilmoitusten käsittelystä ELY-keskuksissa. Vuonna 2015 tehdyn kyselyn mukaan ELY-keskukset korostivat, että suunnitelmista tulisi ilmetä perustelut annetuille tiedoille, esimerkiksi miten on päädytty johtopäätökseen, ettei hankkeella ole vaikutuksia alueen pohjavesiolosuhteisiin. Kaikki ojasuunnittelijan keräämät maastohavainnot suunnittelualueelta ovat tärkeitä taustatietoja arvioinnin perustaksi ja ne kannattaa tuoda esiin ojitustilmoituksessa. Alueelta voitaisiin kuvata mm. onko aikaisemmin ollut purkaumaa ojitusta tehtäessä, havaitaanko ojassa ruosteista massaa tms. Pohjavesiviranomaiset tarvitsevat tiedon kyseisen hankealueen pohjaveden pinnankorkeudesta ennen kuin voivat ottaa kantaa suunnitelman toteuttamiseen. Turvemaan paksuus ja maalajitieto ovat myös oleellisia. Vaikka maakunnittain paras pohjavesitieto löytyy alueellisista ELY-keskuksista, vaihtelee tarkempi tietämys pohjavesialueiden hydrogeologiasta kuitenkin pohjavesialueittain suuresti. ELY-keskuksillakaan ei ole saatavilla kaikilta pohjavesialueilta esim. kattavaa pinnankorkeustietoa.

Toimijoiden taholta todettiin, että ojasuunnittelija voi saada käyttöönsä alueen aiemman ojituksen yhteydessä kootut tiedot ja tehdä maastossa havaintoja pintamaan ominaisuuksista ja nykyisistä turvepaksuuksista. Yleensä on kuitenkin mahdotonta saada havaintoja pohjaveden pinnasta tai tehdä muita tarkentavia selvityksiä hankkeen kustannusrakenne ja ojasuunnittelijan pohjavesitietämys huomioiden. ELY-keskuksesta tuotiin esiin, että usein pohjaveden pinnankorkeuden selvittämiseen on mahdollista käyttää esimerkiksi väliaikaisia, edullisia ns. sähkömiehen putkia, joiden asentaminen on helppoa. Tähän tarvitaan demonstraatiota ja koulutusta.

Toimijat toivoivat viranomaisilta yhtenäisiä käytäntöjä mm. tarvittavien suojavaöhykkeiden soveltamiseen. Osassa kuntia on pohjaveden suojelusuunnitelmien yhteydessä todettu tarvittavan laajempia suojavaöhykkeitä kuin pohjavesialueen raja. Tämä on aiheuttanut toimijoissa hämmennystä. Toimijoiden taholta myös nostettiin esiin ristiriitaiset kokemukset esimerkiksi maanmuokkauksena tehtävän ojitusmätästykseen ja kunnostusojituksen sallittavuudesta ja vaikuttavuudesta pohjavesialueella.

Todettiin yleisesti, että ojitussuunnittelijoiden ja viranomaisten välisen vuoropuhelun lisääminen jo hankkeen alkuvaiheen suunnittelussa on tärkeää. Näin voidaan huomioida esimerkiksi riski paineellisen pohjaveden sekä mahdollisten orsivesien esiintymisestä. Yleistä aluekohtaista tietoa pohjavesialueen erityispiirteistä on saatavilla myös Avoin tieto -palvelusta (www.syke.fi/avointieto, entinen Oiva-palvelu).

TUTKIMUSTARPEET

Esimerkiksi hakkuiden ja maanmuokkausten aikaansaamat ravinnelisyökset pohjaveteen on tutkimuksiin jo osoitettu pieniksi ja lyhytkestoisiksi. Tutkimustarpeita kuitenkin tunnistettiin esimerkiksi kunnostusojituksen mahdollisesti aikaansaamiin muutoksiin pohjavesimuodostuman vedenlaadussa mm. mahdollinen pintavesien imeytyminen huomioiden. Tietoa tarvitaan erityisesti humuksen ja fosforin osalta. Keskusteltiin mahdollisuudesta laajentaa ojituksia huolellisella suunnittelulla II/2 luokan alueille erityistä tarveharkintaa käyttäen. Käytäntö edellyttäisi tutkimusta ja suositusten päivittämistä. Lisäksi on huomioitava, että lainsäädäntö rinnastaa vedenhankintaa varten tärkeät (1) ja vedenhankintakäyttöön soveltuvat (2) pohjavesialueet. Tutkimus- ja seurantatiedolle on tarvetta, mutta tilanne on haastava mm. valtion seurantamäärärahajien supistuksista johtuen. Toimijoille tarvitaan myös muun muassa laserkeilausaineistoihin perustuvia riskinarviointityökaluja.

Tärkeää olisi miettiä myös, missä metsänkasvun vaiheissa ja montako kertaa ojitusta tarvitaan. Tavoitteena tulisi olla saada toiminnot realistisiksi ja sellaisiksi, että ne voidaan toteuttaa yksinkertaisesti ja ammattimaisesti. Vaarana on, että maanomistajat lähtevät toteutukseen ilman ammattimaista suunnittelua yksinään, jolloin eri tekijät voivat jäädä kokonaan huomioimatta. Ohjeistusta ja tietoa hyvistä käytännöistä pitäisi saada nopeasti.

Todettiin, että sopivien pohjavesialueilla sijaitsevien kunnostusojituksen seuranta- ja tutkimusalueiden löytäminen on haastavaa, lisäksi alueita tarvittaisiin useista erilaisista pohjavesimuodostumatyypeistä. Ojituksen vaikutukset voivat eri puolella Suomea ja erilaisilla muodostuma-

tyypeillä vaihdella hyvin paljon, siksi yksittäisillä tutkimuksilla on hankala päästä yksityiskohtaiseen yleisesti sovellettavissa olevaan ohjeistukseen.

Tuotiin esiin, että on hyvä tarkistaa Freshabit-hankkeen (käynnistetty mm. Puruvedellä) yhteneväisyydet keskusteltujen tutkimustarpeiden kanssa. Myös rajapinnat maatalouden ohjeistukseen on syytä tarkistaa.

RATKAISUMALLIT TOIMINNAN KEHITTÄMISEEN

Keskusteltiin mahdollisuudesta arvioida tai ”mallintaa” kevyesti pohjavedenpintaa olemassa olevaa tietoa (metsävaratieto, maaperäkartta, korkeusmallit, laserkeilaus, lähteet ym) ja paikkatietoa hyödyntäen. Tapauskohtaisesti tarkasteluun voisi olla mahdollisuuksia.

Todettiin yleisesti tarve yhteistyön ja tiedonjaon lisäämiseen. Pohjavesiossaamisen ja yhteisesti tunnistettujen hyvien käytäntöjen jalkauttaminen suunnittelijoille ja toimijoille on yhä tärkeämpää mm. niukat viranomaisresurssit ja aluehallintouudistuksenkin tuomat muutokset ympäristöviranomaisissa huomioiden. Toivottiin yhteisiä seminaareja ja koulutuksia sekä pohjavesiteemaa metsätalouden vesiensuojelupäiville. Vesiensuojelupäivät voisi järjestää YM:n ja MMM:n rahoituksella sekä pienellä osallistumismaksulla. Keskusteltiin myös mahdollisuudesta koostaa esimerkiksi yhteisiä koulutusaineistoja ja esitteitä olemassa olevien aineistojen pohjalta (SYKE, Luke, Tapio Oy).

Keskusteltiin uudesta pohjavesialueluokituksesta, jonka myötä käyttöön tulee uusi E-luokka. Luokkaan kuuluvat pohjavesialueet, joiden pohjavedestä pintavesi- tai maaekosysteemit ovat suoraan riippuvaisia. Todettiin, ettei uusi E-luokka tuo käytännössä uusia rajoitteita metsätaloustoimenpiteiden toteuttamiseen pohjavesialueella. Toimenpiteiden suuruus voi tuki vaikuttaa tilanteeseen. E-luokan alueiden suojeluperusteet tulevat muusta lainsäädännöstä, mm. luonnonsuojelulaista. Pohjavesiriippuvuuden kautta vaikutusten käsittely menee pitkälti vesilain mukaisen lupaharkinnan pohjalta.

Tässä yhteydessä on muistettava myös tulvariskien hallintasuunnitelmat, koska erityisesti tasaisilla alueilla kuivatuksella (ja siitä luopumisella) voi olla vaikutusta laajemmalle alueelle.

Muistion laatijat

Hanna Hentilä	Syke
Ritva Britschgi	Syke
Tommi Tenhola	Tapio Oy

Samuli Joensuu

Tapio Oy

Pientyöryhmän tuloksia

Keväällä alkanutta vuoropuhelua ja yhteistyön tiivistämisen kehittämistä jatkettiin syksyllä kutsamalla koolle ns. pientyöpaja 15.9.2016. Työpaja toteutettiin skype-palaverina.

Pientyöryhmä oli skype-palaverissa koolla 15.9.2016. Kutsuttuina olivat:

Ritva Britschgi	Syke
Samuli Joensuu	Tapio Oy
Maiju Ikonen	Etelä-Pohjanmaan ELY-keskus
Sari Yli-Mannila	Etelä-Pohjanmaan ELY-keskus
Antti Hakola	Etelä-Pohjanmaan ELY-keskus
Hanna Hentilä	Syke
Lauri Laaksonen	Kanta-Hämeen metsänhoitoyhdistys
Sirpa Piirainen	Luke
Seppo Kettunen	Otso Metsäpalvelut Oy
Jussi Ojanperä	Otso Metsäpalvelut Oy

Kutsutuista Lauri Laaksonen ja Sirpa Piirainen olivat estyneitä. Esillä oli lista toimenpiteistä, joilla voitaisiin parantaa tiedonkulkua toimijan ja viranomaisen välillä, kun on kyse ojien perkaamisesta pohjavesialueilla. Palaverissa käytiin läpi eri vaihtoehtoja, millä eri toimenpiteillä konkreettisesti yhteistyötä ja tiedonkulkua voitaisiin edistää. Työn tuloksena kiteytyi ojitushankkeen sisältöön tehtävä pohjavesialueita koskeva tarkentava kuvaus, jonka avulla ELY-keskuksen pohjavesiasiantuntija pystyisi saamaan tarkemman kuvan vallitsevista olosuhteista yksittäisellä kunnostusojitus suunnitelma-alueella.

Ojitushankkeen ehdotetaan lisättäväksi seuraavat pohjavesialueita koskevat kohdat, joihin ojitussuunnittelija pyrkii löytämään vastaukset:

- Onko aikaisemman ojituksen yhteydessä ollut pohjaveden purkaumaa?
- Havaitaanko ojassa tällä hetkellä pohjavesipurkaumaa tai esim. ruosteista massaa?
- Havainnot hankealueen pohjavedenpinnan korkeudesta (esim. lähikaivoista? kevyet havainnointimenetelmät?)
- Turvemaan paksuus?
- Suunniteltu ojasyvyys?
- Kivennäismaalaji?
- Onko pohjaveden seurantatietoa olemassa?
- Onko alueella lähteitä?
- Havainnollistavat valokuvat ojitushankkeen liitteenä
- Pohjavesialueen nimi ja numero

Liitteessä 1 on kuvattu lisäyehdotukset metsäojitusilmoitukseen

Yllä olevat tiedot olisi ojasuunnittelijan eri tietolähteitä käyttäen helppo selvittää alueellaan. Tietoja vedenpinnan korkeuksista voi saada muun muassa alueella olevien talojen kaivoista. Palaverissa esille tulleita kevytrakenteisia, sähköjohdon suojaputkista tehtyjä väliaikaisia pohjavesiputkia voi myös käyttää apuna. Asentaminen tosin edellyttää asiantuntijan antamaa koulutusta. Toukokuu on yleensä paras aika mitata pohjavedenpinnan korkeuksia, kun pohjavedenpinnat ovat korkealla. **Pohjaveden havainnointiin yksityisistä kaivoista pitää aina olla maanomistajan lupa ja käytettävien välineiden tulee olla puhtaita (esim. pinnankorkeuden mittauksessa käytettävä mitta puhdistetaan tislattulla vedellä ennen sen laskemista havaintoputkeen tai kaivoon)!** Jos pohjavesialueella on useampi havaintopiste (kaivo), on helpompaa arvioida pohjavedenpinnan keskimääräinen korkeus. Mikäli mittauspisteitä vain yksi, sen pitäisi olla lähellä ojitusalueita.

Tieto kivennäismaalajin koostumuksesta on tärkeä. ELY-keskuksen pohjavesiviranomaiset kommentoivat kivennäismaalajin osalta, että kerrosjärjestys ja kerrosten paksuudet ovat kiinnostavia. Tieto kolmen metrin syvyyteen saakka ojan pohjalta lukien olisi erinomainen lisätieto. Toimijat totesivat kolmen metrin syvyyden olevan ylivoimaista heille nykyisillä työkaluilla ja suunnitteluun varatuilla resursseilla. Kustannukset nousevat liikaa palkattaessa konsultti selvittämään kerrosrakennetta kolmen metrin syvyyteen asti.

Kerrosrakenteesta voi olla tietoja nykyisin avoimesti saatavilla olevissa lähteissä. Alla olevista linkeistä pääsee SYKE:n ylläpitämään Avoin tieto-palveluun. Pohjavesialuetiedot (Hertta → Povet) sisältyvät ympäristötietojärjestelmiin. Ohessa on suora linkki kirjautumissivulle. Hertta-järjestelmästä löytyy linkki myös Karpalo karttapalveluun. Sinne pääsee suoraan myös ”karttapalvelut” linkistä, eikä siihen tarvita erillistä tunnusta.

http://www.syke.fi/fi-FI/Avoin_tieto/Ymparistotietojarjestelmat

<https://www.p2.ymparisto.fi/Karpalo/SilverlightViewer.aspx>

Karpalon ”aineistot”-välilehdeltä voi tehdä aineistohakuja (esim. pohjavesialueet, pohjaveden havaintopisteet) ja lisätä halutut aineistot kartalle.

Muun muassa pohjavesialueen nimen ja numeron saa Karpalosta, kun on

- **tarkentanut kartan kohdealueelle**
- **lisännyt aineistoksi Pohjavesialueet**
- **jos alueen osalta näkyy rajausta, niin klikkaamalla i-ruutua saa pohjavesialueen tiedot esim. Ristikangas A, 10 15104 A**

Ohessa on linkki GTK:n HAKKU-palveluun: <http://hakku.gtk.fi/> ja suora linkki raporttien hakuun: <http://hakku.gtk.fi/fi/reports>

Hakusanaksi voi kirjoittaa esimerkiksi 'Vaasa tai 'rakenneselvitys. Lisää hakukenttiä tulee, kun on syöttänyt ensimmäisen sanan ja painanut 'hae. Rakenneselvitykset löytyvät yleensä hakutulosten kohdasta 'raportit. Kohdasta aukeaa pdf-muotoinen raportti.



Kohdetta voi hakea pohjavesialueen nimellä. Ongelmana ovat sanojen taivutukset. Esimerkiksi Patamäen rakenneselvitys löytyy hakusanalla 'patamäen, mutta ei sanalla 'patamäki. Myös tekijän nimellä löytää helposti raportteja, jos tietää kuka Geologian tutkimuskeskuksessa niitä tekee. Etelä-Pohjanmaan alueella seuraavat henkilöt GTK:ssa ovat tehneet useimpia raportteja aiheesta: Miikka Paalijärvi, Niko Putkinen ja Salla Valpola. Jarkko Okkonen tekee virtausmalliraportit.

Pohjanmaan alueella on tehty muun muassa Vaasan Sepänkylän, Kappelinmäen ja Vanhan Vaasan pohjavesialueiden rakenneselvitys. Lisäksi tekeillä on Kalvholmin selvitys. Alla on Maiju Ikonen laatima listaus Geologian tutkimuskeskuksen tekemistä rakenneselvityksistä EPO ELY-keskuksen alueella.

Kunta	Pohjavesialue	Rakenneselvityshanke
-------	---------------	----------------------

Alajärvi	Saukonkylä	Alajärven Saukonkylän pohjavesialueen geologisen rakenteen selvitys 2015
Halsua	Isoharju, Liedes	Isoharjun ja Liedeksen pohjavesialueiden geologisen rakenteen selvitys (2014)
Ilmajoki	Salonmäki A	Ilmajoen Salonmäki A pohjavesialueen geologisen rakenteen selvitys 2013-2014
Isokyrö, Seinäjoki	Sarvikangas, Kokkokangas, Lamminkangas	Sarvikankaan, Kokkokankaan, Lamminkankaan pohjavesialueiden geologinen rakenneselvitys (2016)
Kannus	Eskolanharju	Eskolanharjun pohjavesialueen geologisen rakenteen selvitys (2014)
Kauhava	Pöyhösenkangas A, Pöyhösenkangas B, (ositain Pöyhösenkangas C)	Ylihärman Pöyhösenkankaan pohjavesialueen geologisen rakenteen selvitys 2010-2011 (2012)
Kokkola	Karhinkangas, Sivakkokangas	Karhinkankaan ja Sivakkokankaan pohjaveden antoisuuden selvitys ja raakavesiputken suunnittelu, osa I: Karhinkankaan ja Sivakkokankaan pohjavesialueiden geologinen rakenneselvitys 2009-2013
Kokkola	Karhinkangas, Sivakkokangas	Karhinkankaan ja Sivakkokankaan pohjaveden antoisuuden selvitys ja raakavesiputken suunnittelu, osa II: Karhinkankaan ja Sivakkokankaan vedenhankintatutkimukset ja pohjaveden virtausmallinnus 2011-2014
Kokkola	Patamäki	Patamäen pohjavesialueen geologisen rakenteen selvitys I-vaihe 2007-2008 (Kokkola)
Kokkola	Patamäki	Patamäen pohjavesialueen geologisen rakenteen selvitys 2007-2009 (Kokkola)
Kokkola	Riippa	Kokkolan Kälviän Riipan pohjavesialueen geologisen rakenteen selvitys (valmistuu 2016, virtausmalli alkuvuodesta 2017)
Kurikka	Aronlähde	Aronlähteen pohjavesialueen geologisen rakenteen selvitys (2010)
Kurikka	Aronlähde	Aronlähteen pohjavesialueen geologisen rakenteen selvitys, lisätutkimukset (2011)
Kurikka	Kuusistonloukko	Kurikan Kuusistonloukon pohjavesialueen geologisen rakenteen selvitys (2012)

Kurikka	syväpohjavesi/ Kuusiston-loukko	Kurikan Kuusistonloukon alueen syväpohjavesitutkimukset 2014-2015: vaihe 2: Pohjaveden koepumppaus (2015)
Kurikka, Ilmajoki, Isokyrö, Laihia, Vaasa		Vaasan ja Kurikan seutujen syväpohjavesitutkimukset 2012-2014
Lestijärvi	Syrinharju	Lestijärven Syrinharjun geologisen rakenteen selvitys (2014)
Mustasaari, Vaasa	Sepänkylä-Kappelinmäki, Vanha Vaasa	Harjuaalueen geologinen rakenneselvitys Sepänkylän Kappelinmäen ja Vanhan Vaasan pohjavesialueilla 2008-2009
Mustasaari	Kalvholm	Kalvholmin pohjavesialueen geologinen rakenneselvitys (valmistuu 2016)
Uusikaarlepyy, Kauhava	Gunnarskangan A, Gunnarskangan B	Uudenkaarlepyyn-Kauhavan Gunnarskangan A ja B pohjavesialueiden geologinen rakenneselvitys 2012
Veteli	Pitkäkangas	Pitkäkankaan pohjavesialueen geologisen rakenteen selvitys (2014)

Toimijoiden kommentteja:

- Erilaiset aineistot olisi hyvä saada yhteen osoitteeseen, josta ne olisi käytettävissä/ladattavissa paikkatietoaineistona.
- Aineistoille pitäisi tehdä tulkintaohjeistus, että voidaan tehdä niiden pohjalta ratkaisuja jo suunnittelun käynnistysvaiheessa. Tavoitteena olisi se, että suunnitelmaa ei tarvitsisi muuttaa laatimisen jälkeen, koska se tuo kustannuksia.
- Havaintojen teko silmämääräisesti pitäisi olla riittävä ojasuunnittelun yhteydessä.
- Sen arvioimiseksi, imeytyykö maaperään ojituksen seurauksena haitta-aineita, tai aiheuttaako kunnostusojitus mahdollisesti pohjaveden purkautumista tarvitaan paikkatietoaineistoa, koska maastosuunnittelussa on mahdotonta mennä tutkimaan maakerroksia kovin syvälle.
- Tällä hetkellä rassaussyvyys ojien pohjilta on maksimissaan yksi metri.
- Valokuvien lisääminen ojitustiloihin liitteenä parantaa mahdollisuutta selvittää kunnostusojitusuunnitelma-alueen olosuhteita

Yhteydet FRESHABIT-hankkeen kanssa

Freshabit- hankkeeseen integroidussa Ympäristöministeriön rahoittamassa hankkeessa selvitetään kustannustehokkaita indikaattoreita pohjavesistä riippuvien ekosysteemien tunnistamiseksi sekä menetelmiä pohjaveden roolin määrittämiseksi valuma-alueella. Samalla kehitetään GIS-pohjaista työkalua pohjaveden purkautumispaikkojen tunnistamiseksi. Tavoitteena on tunnistaa riskialueet pistemäisten pohjavesipurkaumien syntymiselle esim. ojitusten yhteydessä ja näin sen on tavoitteena toimia maankäytön suunnittelun apuna. Tätä GIS-työkalua on kehitetty sekä testattu harjumaastossa. Helmikuussa 2017 ilmestyy aiheesta väitöskirja Oulun yliopistossa.

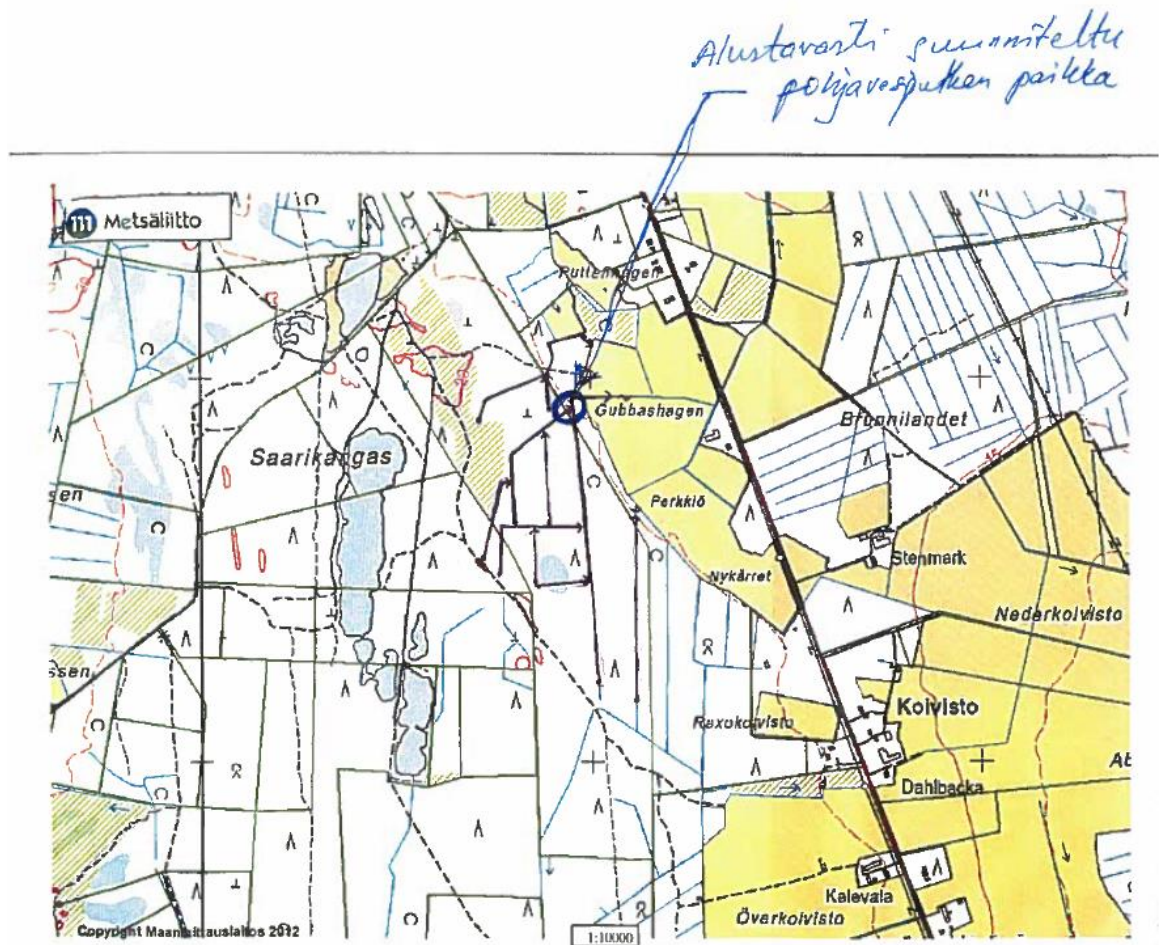
Yhteistyötä jatketaan edelleen Freshabit –hankkeen kanssa. Samoin yhteistyötä kannattaa tehdä Puolustushallinnon Rakennuslaitoksen kanssa. Heillä on kehitteillä avoimien aineistojen hyödyntämiseen ja muun muassa laserkeilausaineiston käyttöön perustuvan riskinarvioimistyökalun kehittäminen räjähteiden sisältämien raskasmetallien kulkeutumiseen pohjavesialueilla.

Kokkolan demonstraatioalue

Kunnostusojituksen vaikutusten seuranta varten asennettiin kesällä 2016 kaksi pohjavesiputkea Kokkolan Isokylässä sijaitsevalle pienelle Patamäen kunnostusojitusuunnitelma-alueelle. Suunnitelma-alue sijaitsee pohjavesialuerajauksen sisäpuolella. Toinen putki jouduttiin asentamaan uudelleen myöhemmin syksyllä. Suunnitelman mukaan alueella toteutetaan ojien perkausta 3015 metriä.

Alueelta on otettu pohjavesinäytteitä kesän ja syksyn 2016 aikana yhteensä kolme kertaa. Seurannan tulokset on viety Syken yllä pitämään POVET-tietokantaan. Tavoitteena on, että näytteitä otetaan vielä joulukuussa 2016 ja helmikuussa 2017 ennen kuin ojat perataan. Kunnostusojitushanke on saanut hyväksynnän Kemera-rahoitukseen ja hanke aiotaan toteuttaa maaliskuussa 2017. Tämän jälkeen näytteenotto jatkuu kunnostusojituksen jälkeen. Vesinäytteenoton kustannukset on toistaiseksi rahoitettu MAAMET-seurannasta.

Oulun yliopistossa Hannu Marttila on kiinnostunut analysoimaan näytteistä isotooppikoostumuksen vaihtelua, kun kunnostusojitus toteutetaan keväällä. Samoin alueelle saadaan lainaan pohjaveden pinnan jatkuvatoimiseen seurantaan soveltuvat anturit. Vaikka ennen kaivuun toteutusta saadaan alueen pohjavedenpinnan vaihtelusta vain lyhytaikaisesti seurantatietoa, seurannan perusteella oletetaan voitavan tehdä päätelmiä siitä, vaikuttaako ojien perkaaminen esimerkiksi ns. tyhjenemisvaluntana pohjaveden pinnan tasoon.



Kuva 2. Kunnostusojituksen demonstraatio pohjavesialueella. Kohteella seurataan kunnostusojituksen vaikutuksia pohjaveden laatuun ja antoisuuteen

Metsälannoitus pohjavesialueilla

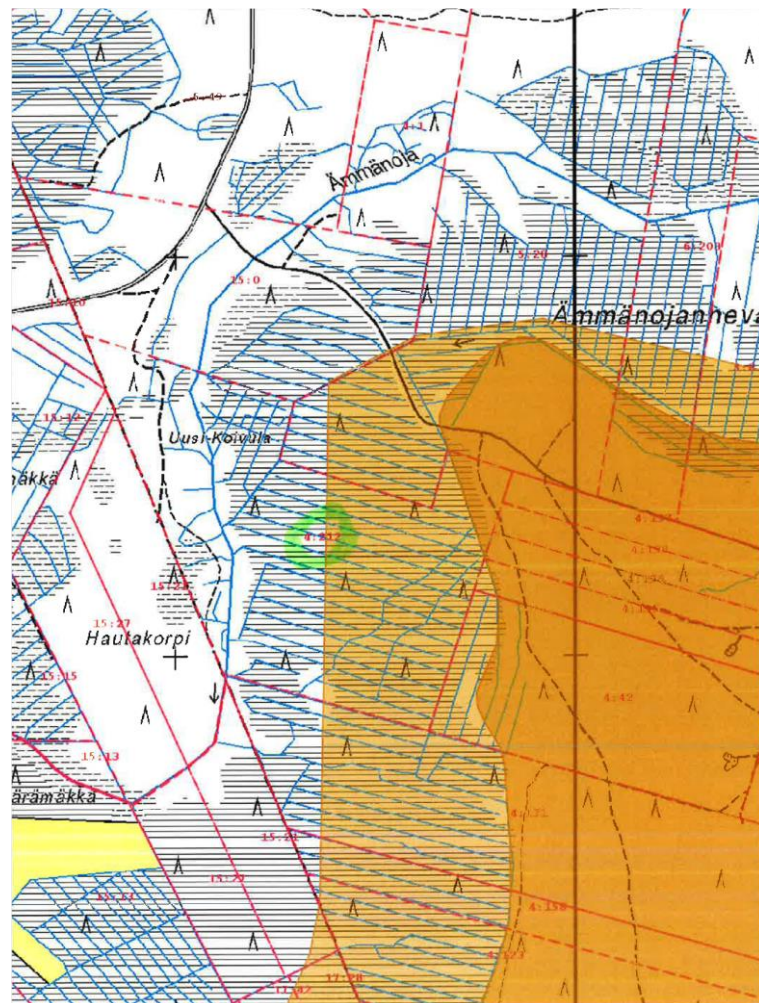
Alla oleva kuvaus toimintaketjusta sopii erinomaisesti kuvaukseksi hyvistä käytännöistä, kun on kyse metsälannoituksen suunnittelusta pohjavesialueella

TOIMINTAKETJU

Otso Metsäpalvelut Oy:n toimihenkilö Juha Pouttu oli asiakkaansa kanssa keskustellut mahdollisuudesta toteuttaa lannoitus tilan ojitetulla turvemaalla. Arvioitujen näkyvien oireiden perusteella kyseeseen voisi tulla terveyslannoitus. Tällä hetkellä ainoa vaihtoehto terveyslannoituk-

sen toteuttamiseen suometssissä on tuhkalannoitus. Ongelmana kohteella oli, että noin puolet lannoitusalueeksi ehdotetusta alasta on pohjavesialueella. Rajaus ei kuitenkaan ole pohjaveden muodostumisaluetta (Kuva 3).

Pouttu lähestyi esimiehensä Hannu Ulvisen kanssa Etelä-Pohjanmaan ELY-keskuksen pohjavesiasiantuntija Maiju Ikosta toimenpiteeseen liittyvällä kysymyksellä: *”Liitteenä on kartta tilasta. Pohjavesialueen raja katkaisee tilan ja tuhkaa olisi tarkoitus levittää lähinnä tilan vasempaan osaan ja siihen rajan tuntumaan. Minkälaisia esteitä tuo pohjavesialue aiheuttaa? Miten esimerkiksi varastopaikka, eli voiko tuhkaa edes varastoida pohjavesialueelle?”*



Kuva 3. Terveyslannoitus on suunniteltu tilan alueelle, jonka rekisterinumero on ympäröity vihreällä. Alueesta noin puolet on pohjavesialueen suojavyöhykerajauksen sisäpuolella (kuvassa vaaleanruskealla rajattu alue).

ELY-keskuksen pohjavesiasiantuntija Maiju Ikonen lähetti sähköpostiviestinä alla olevan vastauksen Otson kysymykseen:

Kyseinen lannoitettavaksi esitetty kiinteistö RN:o 4:212 sijaitsee Karhukangas II A (1023251 II A) veden hankintaa varten tärkeän pohjavesialueen luoteisosassa, osittain pohjavesialueella ja osittain myös pohjaveden muodostumisalueella.

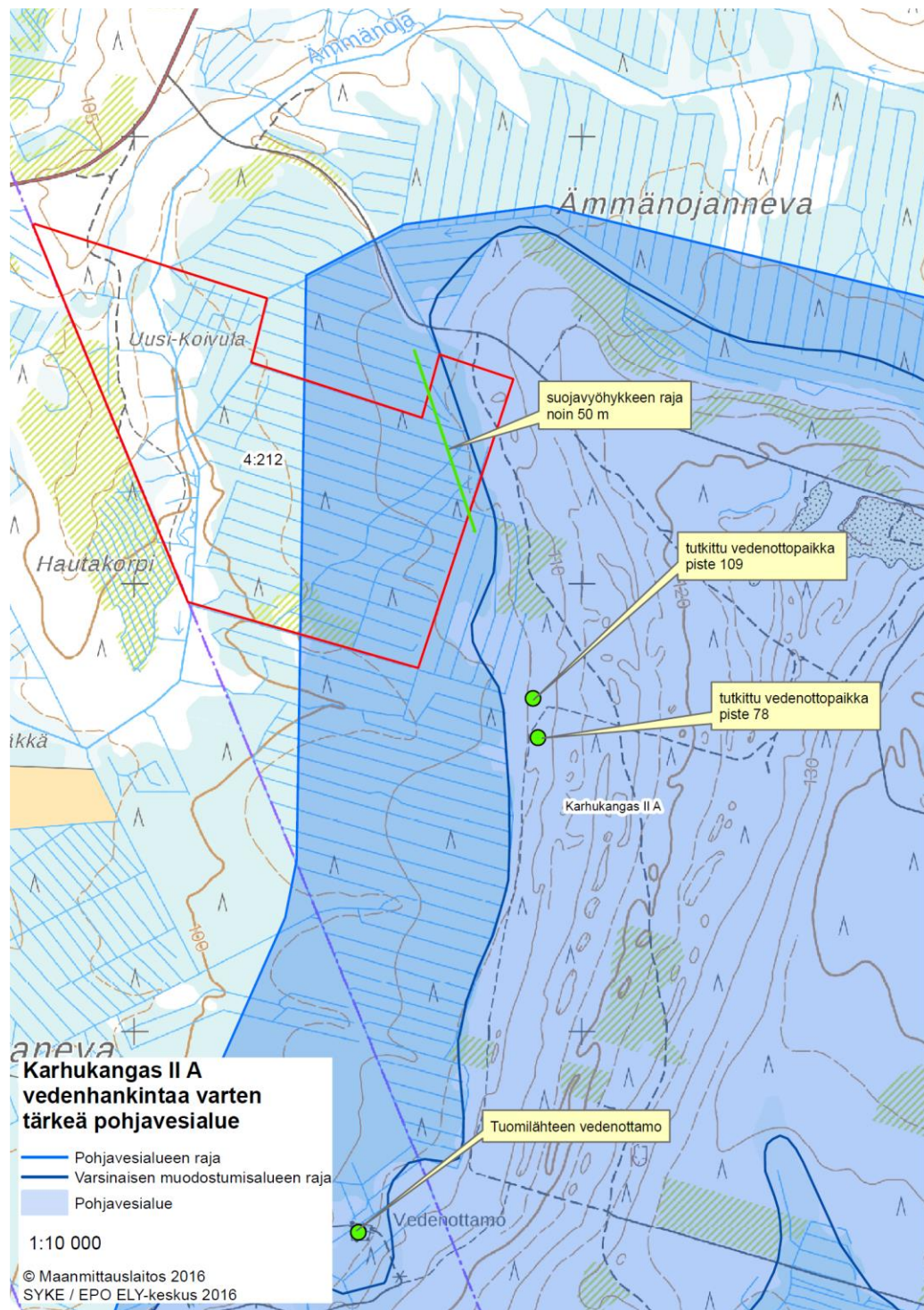
Karhukangas on laaja pääosin moreenipeitteinen muodostuma, jonka päämaalajina on hieno tai silttinen hiekka. Alueen länsireunassa on laaja rantamuodostuma, jossa maa-aines on hiekkavaltaista. Pohjavesipinta on alueen keskellä syvällä yli 30 metrissä. Alueella on paineellista pohjavettä ja osa muodostuvasta pohjavedestä purkautuu alueen länsireunalla lähteiden ja ojien kautta.

Lannoitettavaksi esitetyn kiinteistön RN:o 4:212 alueesta noin 1,2 km etelään sijaitsee Karijoen kunnan Tuomilähteen vedenottamo. Lisäksi pohjavesialueen länsiosassa on kaksi tutkittua vedenottopaikkaa, pisteet 78 ja 109, jotka sijaitsevat noin 250 - 300 metrin etäisyydellä kiinteistöstä RN:o 4:212. Tutkituista pisteistä arvioidaan olevan saatavissa laadultaan hyvää pohjavettä yhteensä noin 200 - 300 m³/d. ELY-keskuksen arvion mukaan kiinteistön 4:212 itäosa sijaitsee osittain tutkittujen vedenottopisteiden (78 ja 109) lähisuojavyöhykkeellä.

Etelä-Pohjanmaan ELY-keskus katsoo, että ensisijaisesti pohjavesialueilla sijaitsevia soita ei tulisi tuhkalannoittaa. Mikäli lannoitus kiinteistön RN:o 4:212 alueella kuitenkin on aivan välttämätöntä alueella olevan metsän terveyden ylläpitämiseksi, tulee pohjaveden muodostumisalueen rajaan jättää vähintään 50 metrin suojavyöhyke, jota ei lannoiteta. Tämä koskee lähinnä aluetta kiinteistön itäosassa (ks. kartta). Muuten alueen pohjavesiolosuhteet huomioon ottaen tuhkalannoittaminen ko. kiinteistön alueella voi em. erityistapauksessa tulla kyseeseen. ELY-keskus korostaa, että pohjaveden muodostumisalueella ei tule käyttää tuhkalannoitteita. Tuhkaa ei myöskään tule varastoida pohjavesialueella.

Kysymyksestä ei käynyt ilmi tuhkalannoitteen levitystapa. Etelä-Pohjanmaan ELY-keskus katsoo, että mikäli lannoittaminen tehdään lentolevityksenä, tulee esitetyn suojavyöhykkeen olla leveämpi, vähintään 100 m. Levitettävää tuhkaa ei myöskään saa sekoittaa muihin lannoitteisiin.

Kannanotto on annettu pelkästään pohjaveden suojelun näkökulmasta.



Kuva 4. Karhukankaan vedenhankintaa varten tärkeä pohjavesialue. Vastauksesta selviää, miltä osin välttämätön tuhkalannoitus on mahdollista toteuttaa pohjavesialuerajauksen sisäpuolella. Tuhkan varastointi tulee hoitaa muualla kuin pohjavesialueella.

JOHTOPÄÄTÖKSET

Tässä tapauksessa toimintaketju noudatti Tapion vesiensuojelusuosituksissa esitettyä toimintatapaa. Yhteydenotto ELY-keskuksen pohjavesiasiantuntijaan tuotti ripeästi tuloksen. Ongelman selkeä, riittävän yksityiskohtainen ja yksilöity kuvaus tuottaa yleensä hyvän tuloksen. Toimijoiden kannalta hyvään tulokseen päätyminen tässä tapauksessa johtui paljolti myös siitä, että alueesta kuten maaperän rakenteesta, kerroksista ja veden virtaussuunnista oli ELY-keskuksessa satavissa paljon yksityiskohtaista taustatietoa entuudestaan. Aina suinkaan näin ei ole, jolloin joudutaan tyytymään varovaisempiin lausuntoihin. Täytyy myös muistaa, että tietojen perusteella lausunto voi olla myös kielteinen toteutuksen suhteen.

Kaikissa tapauksissa toimijan, joka harkitsee lannoituksen toteuttamista pohjavesialueiden yhteydessä, kannattaa menetellä edellä kuvatulla tavalla, eli:

1. **Kuvaile mahdollisimman seikkaperäisesti lannoitettavan alueen tilanne ja olosuhteet. Kartta on tärkeä liite. Samoin havainnolliset valokuvat kohteesta selventävät tilannetta.**
2. **Ota suunnittelun varhaisessa vaiheessa yhteyttä alueesi ELY-keskuksen pohjavesiasiantuntijaan**
3. **Ota suunnittelussasi huomioon häneltä saadut ratkaisuehdotukset ja jatka tarpeen mukaan yhteydenpitoa.**

Kirjallisuutta

Eskelinen, R., Ala-aho, P., Rossi, P. M., Kløve, B. 2015. A GIS-based method for predicting groundwater discharge areas in esker aquifers in the Boreal region. *Environmental Earth Sciences* 74(5). DOI: 10.1007/s12665-015-4491-7

HE 101/2014 vp

Joensuu, S., Kauppila, M., Lindén, M & Tenhola, T. 2013. Hyvän metsänhoidon suositukset – Vesien suojelu. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapion julkaisuja.

Kubin, E. 2012. Long-term effects of silvicultural practices on groundwater quality in boreal forest environment. In: Krecek, J., Haigh, M., Hofer, Th. & Kubin, E. (eds.). *Management of Mountain Watersheds*. Springer, Netherlands. p. 192-199.

Kupiainen, V. 2010. Pohjaveden purkautuminen metsäoijiin Rokuan harjaluella ja ojan kunnostus padottamalla – dipolmityö, Oulun yliopisto.

DI-työt (<http://www oulu.fi/pyovesen/node/9638>):

Ala-aho, Pertti: Vesitase ja vuorovaikutus pinta- ja pohjaveden välillä Rokuan harjaluella Ahveroisen suppajärvessä

Eskelinen, Riku: Development and Utilization of GIS Based Groundwater Discharge Prediction Method

Isokangas, Elina: Veden stabiilit isotopit harjaluuden hydrologisissa tutkimuksissa

Kurki, V.O. 2016. Vesi neuvottelupöydissä: oppeja ristiriitaisista tekopohjavesihankkeista. (Negotiating groundwater governance: lessons from contentious aquifer recharge projects). Tampereen teknillinen yliopisto. Julkaisu 1387 (Alkuperäinen englanniksi).

Piirainen, S., Domisch, T., Moilanen, M. & Nieminen, M. 2013. Long-term effects of ash fertilization on runoff water quality from drained peatland forests. *Forest Ecology and Management* 287: 53-66.

Pukkila, V., Gustafsson, J., Tuominen, J., Aallonen, A., Kontro, M.H. 2009. The most-probable-number enumeration of dichlobenil and 2,6-dichlorobenzamide (BAM) degrading microbes in Finnish aquifers. *Biodegradation*, 20, 679-686.

Pukkila, V., Kontro, M.H., 2014. Dichlobenil and 2,6-dichlorobenzamide (BAM) dissipation in topsoil and deposits from groundwater environment within the boreal region in southern Finland. *Environmental Science and Pollution Research*, 21, 2289-2297.

Rossi, P., Ala-Aho, P., Vikstedt, H. ja Kupiainen, V. 2010. Rokuan harjun vesitalouden selvittäminen matkailullisten edellytysten turvaamiseksi. Loppuraportti. 46 s.

Rusanen, K. 2002. Metsänhakkuun vaikutus pohjaveteen. Pro Gradu –tutkielma. Turun yliopisto.

Rusanen, K., Finér, L., Antikainen, M., Korkka-Niemi, K., Backman, B. & Britschgi, R. 2004. The effect of forest cutting on the quality of groundwater in large aquifers in Finland. Boreal Environment Research 9: 253-261.

Talja, K.M., Kaukonen, S., Kilpi-Koski, J., Malin, I., Kairesalo, T., Romantschuk, M., Tuominen, J., Kontro, M.H. 2008. Atrazine and terbutryn degradation in deposits from groundwater environment within the boreal region in Lahti, Finland. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 56, 11962-11968.

Vuorimaa, P., Kontro, M., Rapala, J., Gustafsson, J. Torjunta-aineiden esiintyminen pohjavedessä. Suomen ympäristö 42. Suomen ympäristökeskus, Vammalan Kirjapaino, Vammala 2008.

Ympäristöministeriö asettaman (YM027:00/2011) työryhmän raportti. Pohjavesien suojeluun liittyvän sääntelyn kehittämistä valmistelevan työryhmän raportti. 17.12.2012.

LIITE 1. Ehdotus Metsäojitusilmoitukseen tehtävästä sisällön lisäyksestä koskien pohjavesialueita.