

Suonenjoen Viipperonharjun pohjavesialueen geologinen rakenneselvitys



| | | | |
|---|----------------|--|-----------------------|
| Tekijät Jari Hyvärinen, Anu Eskelinen, Juha Mursu ja Arto Kiiskinen | | Raportin laji Yhteisrahoitteinen tutkimus | |
| | | Toimeksiantaja Pohjois-Savon ELY-keskus, Suonenjoen Vesi Oy | |
| Raportin nimi Suonenjoen Viipperonharjun pohjavesialueen geologinen rakenneselvitys | | | |
| Tiivistelmä GTK on tehnyt geologisen rakenneselvityksen Suonenjoen Viipperonharjun pohjavesialueelle (0877802). Tutkimuksessa selvitettiin kallionpinnan korkokuvaa, pohjavedenpinnan tasoa ja virtaussuuntia sekä harjumuodostuman syntyvaiheita. Tutkimuksissa käytettiin maatumaluuotauksia, maaperäkairauksia, painovoimamittauksia ja maastokartoituksia. Lisäksi otettiin pohjavesinäytteitä ja mitattiin antoisuuksia. Kalliopinnan asema vaihtelee noin tasolla + 60 - +120 m mpy ja monin paikoin keskeiselläkin pohjavesialueella esiintyy kalliopaljastumia. Pohjavesivyöhykkeen paksuus alueella on suurimmillaan noin 35-40 m mutta aivan eteläosassa vain muutamia metrejä ja monin paikoin pohjavesivyöhyke puuttuu kokonaan. Paksuin pohjavesivyöhyke löytyy Jäkäläkankaan alueelta, jossa myös kokonaiskerospaksuus on suurimmillaan. Pohjaveden pinta vaihtelee eteläosan ja pohjoisosan +115 m mpy tasosta keskiosien noin +100 m mpy tasoon (Savijärven alue). Pohjavedet virtaavat pohjoisesta ja etelästä Savijärven alueelle sekä Jäkäläkankaalla myös etelään Jouhtenisen suuntaan. Kokonaismaakerospaksuus on alueella pienimmillään vain muutamia metrejä ja paksuimmillaan noin 60 metriä. Pohjaveden laatua tutkittiin alueelle asennetuista pohjavesiputkista ja se oli pääsääntöisesti tutkituilta osiltaan hyvä, ainoastaan kapealla pohjoisosalla pohjavesi oli lähes hapetonta ja rautapitoista. Myös pohjavesialueen antoisuus on hyvä tutkittujen kahden havaintoputken osalta. Tehtyjen tutkimusten perusteella pohjavesialueen rajausten muutoksille on olemassa perusteet ja mm. alueen eteläosa (osa-alue B) voidaan rajata kokonaisuudessaan pohjavesialueen ulkopuolelle. | | | |
| Asiasanat (kohde, menetelmät jne.) Pohjavesialue, geologinen rakenneselvitys, geofysiikka, maatumka, pohjaveden laatu, | | | |
| Maantieteellinen alue (maa, lääni, kunta, kylä, esiintymä) Suomi, Pohjois-Savo, Suonenjoen kaupunki, 0877802 Viipperonharjun pv-alue | | | |
| Karttalehdet 3241 02, N5212 | | | |
| Muut tiedot | | | |
| Arkistosarjan nimi Arkistoraportti | | Arkistotunnus x/201X | |
| Kokonaissivumäärä 25 s, 47 liitesivua | Kieli suomi | Hinta - | Julkisuus Julkinen |
| Yksikkö ja vastuualue GTK PVI | | Hanketunnus 50404-400112 | |
| Allekirjoitus/nimen selvennys Jussi Ahonen Yksikön päällikkö | | Allekirjoitus/nimen selvennys Jari Hyvärinen Projektipäällikkö | |

Sisällysluettelo**Kuvailulehti**

| | | |
|-----|--|----|
| 1 | Johdanto | 1 |
| 1.1 | Yleistä | 1 |
| 1.2 | Aikaisemmat tutkimukset | 2 |
| 2 | Tutkimusalueen kuvaus | 2 |
| 2.1 | Harjumuodostumien syntymekanismeista | 3 |
| 3 | Tutkimusmentelmät | 5 |
| 3.1 | Maastokartoitus | 5 |
| 3.2 | Maaperäkairaukset ja havaintoputkiasennukset | 5 |
| 3.3 | Painovoimamittaus | 6 |
| 3.4 | Maatutkaluotaus | 7 |
| 3.5 | Pohjavesinäytteenotto ja muut tutkimukset | 7 |
| 4 | Tehdyt tutkimukset | 8 |
| 4.1 | Maastokartoitus | 8 |
| 4.2 | Maaperäkairaukset ja havaintoputkiasennukset | 9 |
| 4.3 | Painovoimamittaus | 10 |
| 4.4 | Maatutkaluotaus | 10 |
| 4.5 | Pohjavesinäytteenotto ja analyysit | 10 |
| 5 | Mallinnukset ja visualisointi | 17 |
| 6 | Tutkimustulokset | 18 |
| 6.1 | Kallioperän koostumus, rakenne ja korkokuva | 18 |
| 6.2 | Maaperän koostumus | 18 |
| 6.3 | Pohjaveden muodostuminen, varastoituminen ja virtaus | 19 |
| 7 | Johtopäätökset ja yhteenveto | 19 |
| 8 | Jatkotoimenpide-ehdotukset | 21 |

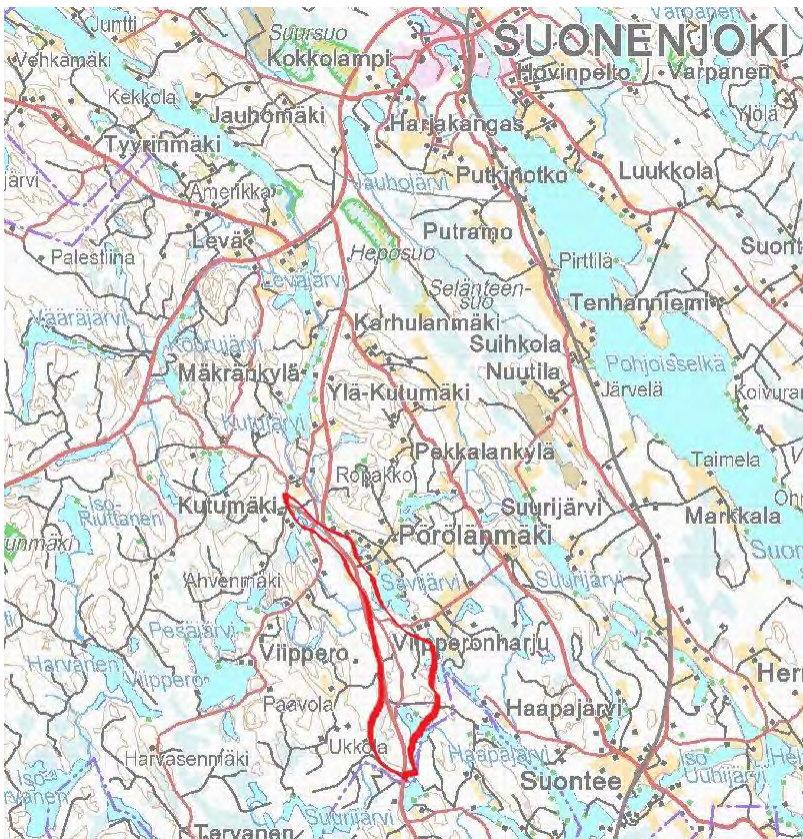
27.9.2017

1 JOHDANTO

1.1 Yleistä

GTK toteutti Suonenjoen kaupungin eteläosassa Pieksämäen tien varrella sijaitsevan Viipperonharjun vedenhankintaan soveltuvan (lk 2) pohjavesialueen rakennetutkimuksiin liittyvän tutkimusprojektin yhteisrahoitteisena Suonenjoen Vesi Oy:n ja Pohjois-Savon ELY-keskuksen kanssa vuosien 2014-2016 aikana. Rakennetutkimuksen tavoitteena oli selvittää alueen geologista rakennetta ja pohjavesiolosuhteita geofysikaalisilla mittauksilla, maaperäkairauksilla, pohjavesiputkien havaintotiedoilla, maastokartoituksella ja soveltuvilla aikaisemmillä tutkimustiedoilla. Projektin aloitus viivästyi merkittävästi aiotusta, koska alueen tutkimusluvut jouduttiin hakemaan Aluehallintovirastosta (AVI) ja luvat saatiin syyskuussa 2015, jolloin tutkimusprojekti voitiin aloittaa suunnitellusti.

Tutkimuksen tavoitteena oli hankkia riittävä tietopohja vesihuollon turvaamisen, vesienhoitosuunnittelun ja maankäytön suunnittelun/toteuttamisen edellyttämille toimenpiteille alueella. Viipperonharjulla ei ole pohjavedenottoa, eikä myöskään yksityisiä kaivoja. Projektin tavoitteen saavuttamiseksi pyrittiin paikantamaan vedenhankinnan kannalta keskeiset maaperäyksiköt ja samalla selvitettiin alueen kallionpinnan topografiaa useammalla eri maastotutkimusmenetelmällä kuten kairauksin ja painovoimamittauksia.



Kuva 1: Tutkimusalueen sijainti, 1:80 000

27.9.2017

Projektiin osallistuivat GTK:sta Jari Hyvärinen, Anu Eskelinen, Arto Hyvönen, Arto Kiiskinen, Kari Mäntykenttä ja Juha Mursu sekä joukko kenttätutkimushenkilöitä, Suonenjoen Vesi Oy:stä Herkko Torssonen (2014-15) ja Antti Väätäinen (2016-17), Ely-keskuksesta Jussi Aalto sekä Kuopion kaupungin ympäristötoimistosta Riitta Lappalainen. Kairaus- ja pohjavesiputkien asennuksen suoritti tilaustutkimuksena Destian Oy. Projektin koordinoinnista vastasi projektiryhmä, johon kuuluivat Jari Hyvärinen, Jussi Aalto, Antti Väätäinen (Herkko Torssonen) ja Riitta Lappalainen.

Projektin aloitus viivästyi huomattavasti suunnitellusta, kun maastotutkimuslupien saamisessa tuli isoja ongelmia ja projekti uhkasi tyssätä alkuunsa. Lopulta tutkimusluvut haettiin Aluehallintovirastosta (AVI) vesilainsäädännön nojalla. Tutkimusluvut alueella saatiin viimein 17.9.2015 eli vuoden 2015 varsinainen kenttätökausi käytännössä menetettiin suurelta osin. Tutkimuslupa oli voimassa vuoden 2016 loppuun saakka.

1.2 Aikaisemmat tutkimukset

Viipperonharjun alueella on tehty 1980-luvulla alustavia pohjavesitutkimuksia silloisen Kuopion vesi- ja ympäristöpiirin toimesta, lähinnä Savijärven länsirannan alueella (Pohjavesiselvitys, Suonenjoki Pörölänmäki 1988, 25.2.1989). Tuolloisten tutkimusten yhteydessä tehtiin myös lyhytaikainen koepumppaus, jonka perusteella pohjaveden laatu tutkimuspisteessä oli hyvä. Lisäksi käytössä olivat alueen kallioperäkartta (1:100 000) ja maaperäkartta (1:20 000) sekä muuta GTK:n aineistoa alueelta.

2 TUTKIMUSALUEEN KUVAUS

Viipperonharjun vedenhankintaa varten tärkeäksi luokiteltu pohjavesialue (0877802 A ja B) sijaitsee Suonenjoen kaupungin eteläosassa aivan Pieksämäen rajan tuntumassa. Pohjavesialue jakautuu A ja B osiin, joiden yhteenlaskettu pinta-ala on noin 3,23 km² ja pohjavesien muodostumisalueen laajuus vastaavasti 1,87 km². Osa-alue B sijaitsee pohjavesialueen eteläosassa Jouhtenisen länsipuolella ja on nykyisen luokituksen mukaan luokiteltu vedenhankintaan soveltuvaksi alueeksi (Ik II).

Viipperonharju on osa lähes kaakko-luode suuntaista harjujaksoa, jota voidaan seurata etelästä Pieksämäeltä Viipperon kautta luoteeseen Rautalammin suuntaan. Viipperon alueella harjujaksoa edustaa varsin yhtenäinen mutta kallioalustaltaan jokseenkin vaihteleva harjumuodostuma, joka on pinnanmuodoiltaan hyvinkin tyypillinen harju selänteinen, suppineen ja kumpuineen. Pohjaveden muodostumiselle on alueella erittäin hyvät olosuhteet.

Tutkimusta varten käytettiin Geologian tutkimuskeskuksen maa-ainestietokannan muodostumarajauksia, Maanmittauslaitoksen maastotietokantaa (vektoriaineisto, rasteriaineisto ja mm. Lidar korkeusmallit), Kansalaisen karttapaikkaa ja Suomen ympäristökeskuksen OIVA –palvelusta saatavia aluerajauksia (pohjavesialueet, pohjaveden havaintopisteet). Työhön liittyi maastotutkimuksia, joiden yhteydessä tehtiin havaintoja pohjaveden pinnasta, maaperän rakenteesta ja kallionpinnan asemasta muun muassa

27.9.2017

kairauksin ja luotauksin. Lisäksi käytettiin aiempien tutkimusten tutkimusraporteista saatuja tietoja liittyen maaperän rakenteeseen ja kallionpinnan tasoon.

Tutkimus tehtiin Geologian tutkimuskeskuksessa vakiintuneen harjujen rakennemalliohjeistuksen mukaisesti. Rakennemallitutkimuksessa käydään läpi alueen aikaisempia geologisia tai vastaavia tutkimuksia sekä laaditaan mallit maan-, pohjaveden- ja kallionpinnasta. Edelleen rakennemallissa kuvataan vettä johtavan pohjavedellä kyllästyneen maakerroksen, kuivan pohjavesivyöhykkeen yläpuolisen maakerroksen ja irtomaapeitteen kokonaispaksuus. Kerätystä ja interpoloidusta tiedosta laaditaan paikkatieto-ohjelmistolla edelleen visuaaliset maaperän ja kallionpinnan korkokuvamallit sekä harjun rakennetta hyvin kuvaava poikkileikkausprofiili tai –profiileja.

2.1 Harjumuodostumien syntymekanismeista

Mannerjäätikön sulamisvesien vaikutuksesta syntyneitä glasifluviaalisia eli jäätikköjokimuodostumia ovat pitkittäisharjut, deltat sekä ns. lajittuneet sauma- ja reunamuodostumat kuten esim. Salpausselät. Yleisesti puhutaan kuitenkin harjumuodostumista, jotka ovat materiaaliiltaan pääasiassa hiekkaa ja soraa, Suomessa harjumuodostumat kattavat maapinta-alasta noin 2,2 %.

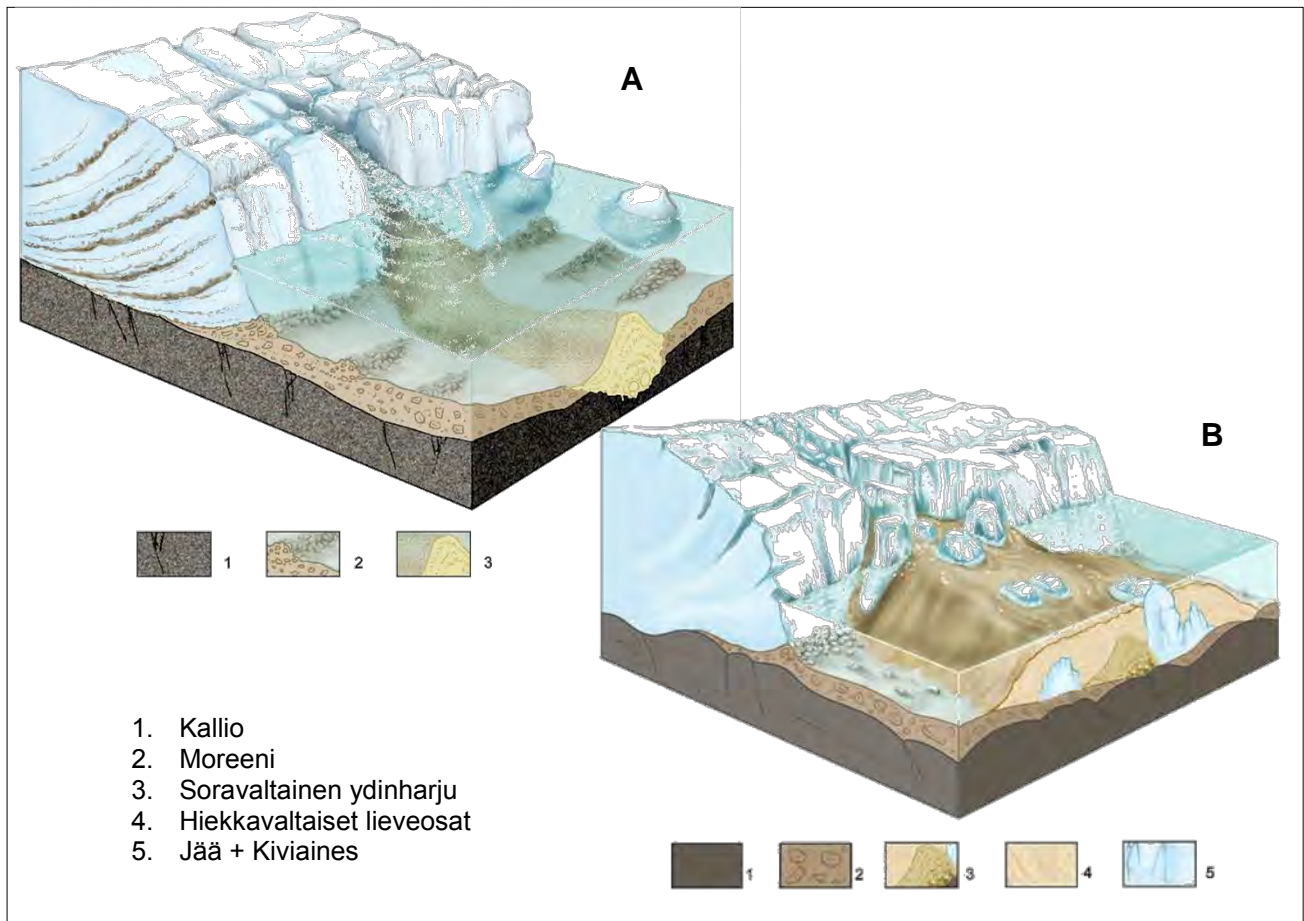
Jäätikköjoet syntyvät mannerjäätikön sulamisvesien hakeutuessa jäätikön sisään ja pohjalle, missä ne virtaavat kohti jäätikön reunaan purkautuen lopulta sen edustalla. Suurten jäätikköjokien valuma-alue on saattanut olla jopa yli 1 000 km², joten myös sulamisvesimäärät ovat olleet suuria. Merkityksellistä jäätikköjokien kerrostamistapahtumassa on myös jäätikön edustan vedensyvyys, joka itäisen Suomen alueella on ollut noin 10 – 50 metriä harjujen syntyvaiheessa. Pitkittäisharjun poikkileikkauksessa kerrossuhteet ja raekoko ovat vaihtelevia, mutta muodostuman pituussuunnassa rakenteen ja aineksen vaihtelu on yleensä vähäisempää. Syntyvästä johtuen harjun keskivaiheilla voi olla hieman koholla oleva karkeampi ydinosa, josta muodostuma ohenee reunoja kohti symmetrisesti tai epäsymmetrisesti, maa-aineksen muuttuessa samalla hienorakeisemmaksi.

Mannerjäätikön perääntymisvaiheessa jäätikkömassan alle muodostuu jäätikön liikesuuntainen jäätikköjokitunneli, jossa esiintyy kerääntyneiden sulamisvesien voimakkuudeltaan vaihtelevia virtauksia, suurelta osin paineellisissa olosuhteissa. Alkuvaiheessa, tunnelin poikkileikkauksen ollessa pienehkö, jäätikköjoen lajitteluvoima on suurimmillaan. Tällöin tapahtuu karkean aineksen kerrostumista sekä hienomman aineksen huuhtoutumista ja harjuytimen pääosa muodostuu (kuva 2). Tällaiset ytimet ovat tavallisesti koko harjun poikkileikkaukseen nähden pieniä. Niiden aineksen laatu vaihtelee yleensä soraisesta hiekasta kiviseen soraan. Ydinharjun kohdalla kallionpintaa verhonnut moreenipeite on pääosin kulunut pois ja sorat ovat kerrostuneet suoraan kalliota vasten. Ytimen lähelle kerrostuu usein myös karkeita hiekkvoja. Harjun karkea ydinosa on tavallisesti myöhemmin kerrostuneiden hienompirakeisten lievehiekkujen ja/tai rantahiekkujen peitossa, eikä sitä ole useinkaan havaittavissa maanpinnalla.

Käytännössä harjujen ns. juuriosien rakenteet kuitenkin vaihtelevat merkittävästi ja niiden poikkileikkaukset ovat usein epäsymmetrisiä ytimen suhteen. Karkeita, hyvin vettä johtavia kerrostumia tavataan usein myös harjuytimen ulkopuolella peitteisinä, esim.

27.9.2017

kalliopainannealueilla. Osa näiden alueiden aineksesta on myös suoraan jäätikön pohjasta kerrostunutta ja heikommin lajittunutta. Jäätikköjokitunnelin ja jäätikön reunan vaihtelevia kerrostumisolosuhteita kuvastavat puolestaan harjuytimissä esiintyvät katkokset, sekä ydinosan laidoilta tai sisältä yleisesti tavattavat moreenit ja hienorakeiset kerrostumat.



Kuva 2: Kaaviollinen piirros pitkittäisharjun synnystä mannerjäätikön edustalle syvään veteen. A) Harjun karkea ydinosaa syntyy tunneliin tai jäätikön reunan välittömään läheisyyteen. Ydinharjussa saattaa esiintyä haarautumia, sivuttaissiirtymiä ja katkoksia esim. sulamisvesien vuodenaikaisvaihtelun tai kerrostumisalustan topografiavaihtelun seurauksena. B) Myöhemmin kerrostuminen jatkui railossa ja/tai kauempana jäätikön reunasta, jolloin syntyivät harjun hiekkavaltaiset lievealueet (Piirokset: Harri Kutvonen/GTK).

Myöhemmässä vaiheessa mannerjäätikön reuna ohenee ja jäätikkötunneli avartuu tai vaihettuu avokanaaliksi. Tällöin myös sulamisvesien virtausnopeudet ja kuljetusvoima pienenevät, jolloin kerrostuu hienorakeisempia sedimenttejä harjujakson reuna-alueille ja ydinosan päälle (n. lievehiekat). Syvän veden olosuhteissa ohentuneen mannerjäätikön reuna voi alkaa myös kellumaan, jolloin hiekkaista materiaalia saattaa kerrostua useasta eri kohdasta leveämmälle vyöhykkeelle jäätikön edustalle. Jäätikköjokia on esiintynyt mannerjäätikön pohjan lisäksi myös sen sisällä ja pinnalla, ja ne ovat voineet kerrostaa hiekkaa ja soraa

27.9.2017

jättämättä jälkeensä varsinaista sulamisvesien virtausuoman sijaintia osoittavaa harjua. Harjun lievehiekkujen ulkopuolella esiintyy puolestaan lähinnä moreenia sekä syvän veden silttejä, jotka ovat kerrostuneet (lähes) seisovaan veteen jäätikön reunan vetäytyttyä kauemmas. Viimeisessä vaiheessa syntyneitä ovat kaikkia edellisiä kerrostumia peittävät hiekkavaltaiset ranta- ja tuulikerrostumat sekä turpeet.

3 TUTKIMUSMENETELMÄT

3.1 Maastokartoitus

Tutkimusalueella tehdyllä maastokartoituksella muodostettiin yleiskäsitys tutkimusalueen geologisista ja hydrogeologisista olosuhteista. Maastokartoituksessa tehtiin geomorfologiset pintahavainnot tutkimusalueen keskeisiltä osilta. Myös pohjavesialueella sijaitsevista mahdollisista kalliopaljastumista ja niiden laajuudesta tehtiin havaintoja. Maastokartoituksen yhteydessä määritettiin myös geofysikaalisten mittausten ja kairauspisteiden sijainnit.

3.2 Maaperäkairaukset ja havaintoputkiasennukset

Porakonekairaus on erittäin käyttökelpoinen kairausmenetelmä, kun tutkimuskohteen maakerrospaksuudet ovat huomattavat ja maaperä on karkearakeista. Porakonekairauksella saadaan luotettava tieto kallionpinnan asemasta. Kairaus tehdään poraamalla samanaikaisesti tangolla ja suoja-putkella kallionpintaan saakka. Kallion tavoittamisen jälkeen kalliovarmistus (3 m) tehdään vielä tankoporauksella. Porakonekairauksen yhteydessä voidaan ottaa myös (häiriintyneitä) maanäytteitä tyhjentämällä kairauksissa käytettyä suoja-putkea ilmahuuhtelulla. Häiriintymättömiä näytteitä voidaan ottaa erityisillä putkiottimilla.



Kuva 3. Porakonekairauksista ja havaintoputkiasennuksista raskaalla Geomachine GM200 kairauskalustolla (Ramboll Oy). Kuva, Jari Hyvärinen, GTK

27.9.2017

3.3 Painovoimamittaus

Painovoimamittausten avulla voidaan tutkia tiheydeltään ympäristöstä poikkeavien muodostumien paksuutta ja tilavuutta. Koska maaperän tiheys on huomattavasti kallioperän tiheyttä pienempi (tiheys noin $1\,000\text{ kg/m}^3$), voidaan painovoimamittauksia käyttää myös maapeitteen paksuuden arviointiin. Painovoimamenetelmällä ei voida erotella maaperän eri kerroksia tai pohjavedenpinnan tasoa. Muilla tutkimusmenetelmillä tuotettuja maaperä- ja pohjavesitietoja (esim. kairaus, seisminen luotaus ja maatulkuutus) voidaan kuitenkin hyödyntää painovoimamittausten tulkinnessa.

Maapeitteen paksuutta määritettäessä painovoimaprofiilit sijoitetaan maastoon siten, että niiden alku- ja loppupäät ovat kallion paljastumilla tai pisteissä, joissa kalliopinnan tarkka korkeustaso tunnetaan. Lisäksi profiilit saattavat kulkea ristiin toistensa yli. Näin voidaan arvioida painovoimakentän alueellista vaihtelua, jota käytetään maapeitteen paksuustulkinnan perustasona. Kun maa- ja kallioperän välinen tiheysero oletetaan vakioksi ja mittauspisteiden korkeusasema tunnetaan, voidaan painovoima-anomaliasta laskea maapeitteen paksuus. Maaperän todellista paksuutta on kuitenkin tarpeellista kontrolloida riittävän tiheästi esim. kairaamalla, koska sekä kalliion tiheydestä riippuva alueellinen painovoimataso että irtomaapeitteen tiheys voivat vaihdella mittauslinjalla ja siten vaikuttaa tulkintatulokseen. Tulos kuvaa yleensä hyvin kalliopinnan tason vaihtelua, vaikka maapeitteen tulkitussa paksuudessa saattaa paikoitellen olla epätarkkuutta.



Kuva 4. Painovoimamittausta Scintrex CG5-Autograv gravimetrillä. Kuva GTK

27.9.2017

3.4 Maatutkaluotaus

Maatutkaluotaus on geofysikaalinen tutkimusmenetelmä, joka perustuu sähkömagneettisten pulssien lähettämiseen maaperään ja takaisin heijastuvien pulssien rekisteröintiin. Maatutkaluotauksella saadaan jatkuvaa profiilitietoa maaperän rakenteesta. Menetelmä on parhaimmillaan harjualueilla, joissa sillä saadaan tietoa jopa yli 30 metrin syvyydeltä kallionpinnan korkokuvasta, pohjavedenpinnan tasosta, irtainten maalajien laadusta ja maaperän kerrosten rakenteesta. Näillä tiedoilla on merkittävä osuus alueilla, joilla on vähän maaperäleikkauksia.

Maatutkaluotausten tuloksia on tässä raportissa hyödynnetty soveltuvin osin sekä kallion- että pohjavedenpinnan syvyyden määrittämisessä ja muodostumien sisäisen rakenteen tulkinnaissa. Maatutkalinjat on tallennettu GTK:n tietokantaan, mistä niitä on tarvittaessa saatavana sekä numeerisena että paperitulosteina. Raportissa on mukana muutama esimerkkilinja (liite 14).



Kuva 5. Maatutkaluotausta käyttäen jalkaisin vedettävää Ramac ProEx –maatutkakalustoa ja suojaamattomia Rough Terrain letkuantenneja. Kuva A. Hyvönen, GTK.

27.9.2017

3.5. Pohjavesinäytteenotto ja muut tutkimukset

Pohjavesiputkesta tehtävään näytteenottoon kuuluu yleensä tyhjennyspumppaus ja varsinainen näytteenottopumppaus. Tyhjennyspumppaus voidaan suorittaa muutamaa päivää ennen näytteenottopumppausta. Veden pumppaaminen ennen näytteenottoa on tärkeää, jotta näyte edustaisi pohjavesivyöhykkeen veden laatua eikä havaintoputkessa seisseen tai näytteenottoletkuihin edelliseltä näytteenottoaikalta jääneen veden laatua. Molemmissa pumppauksissa seurataan veden kirkastumista ja parametrien (happi, lämpötila, sähkönjohtavuus ja pH) tasaantumista antureilla läpivirtauskammiosta.

Ennen näytteenottoa vettä pumpataan vähintään 15 minuuttia vielä veden kirkastumisen jälkeenkin. Tällöin vettä on pumpattu tuotosta riippuen 100 - 300 litraa, ja vesi on vaihtunut havaintoputkessa useampaan kertaan.

Vesinäyte voidaan ottaa joko pumppaamalla kokoomanäytteenä tai kaksoistulppaottimella. Kokoomanäyte edustaa koko pohjavesiputkea. Kaksoistulppaottimella voidaan eristää putken pohja tai tietty kerrosväli josta näyte pumpataan.

Näytteenotto suoritetaan GTK:n laatujärjestelmän ohjeen mukaisesti ja näytteet ottaa akreditoitu näytteenottaja. Näytteet analysoidaan akreditoituissa laboratorioissa (GTK, Labtium ja Labtiumin alihankkija MetropoliLab). Näytteenkäsittely suoritetaan laboratorion antamien ohjeiden mukaisesti. Isotooppinäytteet analysoidaan GTK:n Mineraalitekniikka ja materiaalit, MMA-yksikön isotooppigeologian laboratorioissa. Kentällä pumppauksen yhteydessä vedestä mitataan antureilla läpivirtauskammiosta happi, pH, sähkönjohtavuus, Redox ja lämpötila.

4 TEHDYT TUTKIMUKSET

4.1 Maastokartoitus

Maastokartoitusten yhteydessä tehtiin elokuun aikana 2014 maaperä- ja kalliopaljastumahavainnot, sekä toki myös myöhemmin eri maastotutkimusvaiheissa. Havaintojen ja karttatulkintojen perusteella suunniteltiin painovoima- ja maastokalinjojen kulkureitit sekä uusien kairaus- ja pohjavesiputkien asennuspaikat. Samalla tutustuttiin alueen yleispiirteisiin, kuten rakennetun ympäristön, maa-ainesten ottoalueiden, vesistöjen ja harjumuodostuman sijaintiin. Maastohavainnot luonnollisesti tehtiin myös tarkentavien tutkimusten yhteydessä. Tutkimusalueella ei ole riittävästi hyviä maa-ainesleikkauksia, joista harjun sisäistä rakennetta olisi mahdollista selvittää, vanhojen monttualueiden leikkaukset olivat jo "maisemoituneet" ja uusia leikkauksia oli vain muutamia, nekin alueen pohjoisosissa Kutumäen alueella. Laajin ottoalue onkin käytännössä pohjavesialueen pohjoisosassa ja oikeastaan nykyisen pohjavesirajauksen ulkopuolella.

27.9.2017

4.2 Maaperäkairaukset ja havaintoputkiasennukset

Viipperonharjun alueelle tehtiin 17. -24.11.2015 maaperäkairauksia raskaalla GM200 alustalla 11 pisteeseen, joista kaikkiin asennettiin sisähalkaisijaltaan 52 mm muovinen (PEH) pohjaveden havaintoputki. Kairaukset toteutti Destia Oy raskaalla GM200 -kairausyksiköllä ja kaikki kairaukset ulottuivat kallioperään saakka kolmen (3) metrin kalliovarmistuksella. Kairaussyvyyydet vaihtelevat välillä 3,0 – 44,5 m ja kallioperän taso vaihteli kairauspisteissä välillä +85 - +115 m mpy. Materiaali vaihteli hienosta hiekasta kiviseen soraan. Kairauspöytäkirjat ja havaintoputkikortit löytyvät liitteistä 9.1 – 9.13.

Kaikissa havaintoputkissa tehtiin alustavat kerroksittaiset vedenlaatuselvitykset YSI-mittarilla ja useissa havaintoputkissa pohjavesi oli koko pohjavesivyöhykkeessä vähähappista tai jopa lähes hapetonta. Esiselvitysten perusteella havaintoputkista GTK 4, 5, 9 ja 11 otettiin heinäkuun alussa 2016 myös varsinaiset pohjavesinäytteet. Kairausten, putkiasennusten ja vesinäytteiden perusteella todettiin tärkeäksi asentaa vielä muutama havaintoputki vedenhankinnan kannalta mielenkiintoisimmille alueille.

Suonenjoen Vesi Oy:n toimesta Suomen GPS-mittaus Oy asensi 1.- 2.12.2016 Viipperonharjulle aiemmin tehtyjen tutkimusten nojalla kaksi lisähavaintoputkea, toinen (Hp13) Savijärven eteläpuolelle kairauspisteiden GTK5 ja GTK9 välille ja toinen (Hp12) Jouhtenisen rannan tuntumaan kairauspisteen GTK3 koillispuolelle. Noista kahdesta uusimmasta havaintoputkesta tehtiin kevätkesällä 2017 tarkempia vedenantoisuus – ja laatumäärittämiä. Hp13 alueella on tehty 1980-luvulla lyhytaikainen koepumppaus väliaikaisrakentein.

Raskaiden kairausten lisäksi Viipperonharjulla tehtiin 12. - 14.12.2016 välisenä aikana myös kevyitä GM50 maaperäkairauksia GTK:n omalla kalustolla sekä maatutkaluotausten referensseiksi että alueen rajausten selvittämiseksi. Kairauksia tehtiin kaikkiaan yhdeksässä (9) pisteessä, osassa tehtiin useampia yrityksiä mahdollisen kalliopinnan tason selvittämiseksi. Kairaussyvyyydet vaihtelivat 5.0 m – 21.5 m välillä, joista neljän arvioitiin päättyneen kallioon tai suureen lohkareseen. Varsinaisia kalliovarmistuksia ei kevyellä kairauskalustolla voi tehdä. Kairaustuloksia voitiin hyödyntää maatutkaluotausten referensseinä. Kairauspöytäkirjat on esitetty liitteen 10 taulukossa.



Kuva 6. Maaperäkairausta kevyellä tela-alustaisella GM-50 kairausyksiköllä.
Kuva GTK.

27.9.2017

4.3 Painovoimamittaus

Painovoimamittaukset aloitettiin jo syksyllä 2014 mutta ne jouduttiin keskeyttämään pääosan maanomistajista kiellettyä tutkimusten teko alueella. Mittaukset saatiin tehtyä loppuun talvella 2015 - 2016 Aluehallintoviraston syksyllä 2015 myöntämän luvan jälkeen. Painovoimamittaukset Suonenjoen ViiPPERONHARJUN alueella tehtiin 6.-28.3.2014, 27.1. - 18.2.2016 ja 21. - 22.3.2017. Kaikkiaan mitattiin painovoima 1214 pisteessä (v. 2014: 451 pistettä, v. 2016: 604 pistettä ja v. 2017 159 pistettä), mittauslinjojen yhteispituus oli noin 23,2 km.

Mittauksissa käytettiin Scintrex CG5-Autograv ja Worden Master -gravimetrejä. Mittauslinjojen päät sekä joitakin pisteitä linjan keskiosista sidottiin maastoon VRS-GPS -mittauksilla ja samalla näihin pisteisiin tehtiin korkeussidonnat (korkeus sidottiin mittauksissa N60-järjestelmään, mutta korjattiin myöhemmin N2000-järjestelmään). Mittauspisteiden väliset suhteelliset korkeuserot mitattiin letkuvaa'alla ja sidottiin linjalla oleviin korkeussidontapisteisiin.

Painovoimamittaustuloksista laskettiin ns. Bouguer-anomalia keskitiheydellä 2670 kg/m^3 . Tämän jälkeen Bouguer-anomalialelle tehtiin 3D-topografinen korjaus Geosoftin Oasis montaj 9.1-ohjelmistolla. Topografisella korjauksella pyritään poistamaan maanpinnan topografiavaihtelun aiheuttamia painovoima-anomaliaita. Korjauksessa käytettiin laserkeilaus-aineistoa, johon oli lisätty painovoimamittauksen yhteydessä mitatut korkeusarvot.

Painovoimamittausaineiston tulkinta tehtiin Tensor Research:n ModelVision 15 –ohjelmistolla. Paikallisesta painovoima-anomalian vaihtelusta tulkittiin maapeitteen paksuus olettaen, että painovoimavaihtelu aiheutuu pääasiassa maa-aineksesta. Malli sidottiin pisteissä, joissa kallion pinnan taso tunnettiin (kairauspiste tai muu tieto). Tulkinnassa pohjavedenpinnan yläpuoliselle maa-ainekselle käytettiin tiheyttä 1600 kg/m^3 ja pohjaveden kyllästämälle maa-ainekselle 1900 kg/m^3 . Painovoimamittaukset tehtiin varsin kattavasti, joten mm. kalliopintamallia voidaan pitää varsin luotettavana. Tulkitut painovoimaprofiilit on esitetty liitteissä 8.1 – 8.11.

4.4 Maatutkaluotaus

Projektissa käytettiin Malå / Ramac ProEx –maatutkakalustoa varustettuna ns. letkuantenneilla (Rough Terrain , 25 ja 100 MHz taajuudet). Laitteiston keskusyksikköä ja monitoria kannetaan päälle puettavassa kantolaitteessa, johon kiinnitetään letkuantennit sekä yhdistetään ne keskus-yksikköön. Laitteistoon integroidaan vielä samanaikaisesti sijaintitietoa lähettävä GPS -yksikkö. Tutkimusväline soveltuu hyvin harjumaastossa tapahtuvaan mittaukseen, koska sille ei tarvitse olla erikseen maastoon raivattuja kulkureittejä tai polkuja.

Luotauslinjat paikannettiin laitteistoon kytketyllä GPS – laitteella, jonka antama sijaintitarkkuus x-y –tasossa on muutamia metrejä. Luotauslinjoille haettiin korkeustieto Maanmittauslaitoksen DEM 2 m eli laserkeilausaineistosta ArcGis –paikkatieto-ohjelmaan tehdyllä Z-Poiminta 2-2-0–työkalulla.

27.9.2017

Maatutkaluotausdatan tulkinta tehtiin GeoDoctor-ohjelmistolla. Luotausprofiilien maakerrosten dielektrisyysarvoina käytettiin yleensä $\epsilon_r = 5.9$.

Viipperonharjun alueella maatutkattiin useammassa vaiheessa 26.5., 19.8. ja 8.9.2016 sekä vielä 23.3.2017. Toukokuussa 2016 tehdyssä luotauksessa vedettiin samanaikaisesti kahta suojaamatonta letkututka-antennia, joiden taajuudet olivat 25 MHz ja 100 MHz. Osassa linjoja mittausdataan tuli häiriöitä. Elokuussa tehdyssä luotauksessa käytettiin pelkästään 100 MHz antennia ja syyskuussa 25 MHz:n antennia. Maatutkaluotausprofiilit tulkittiin GeoDoctor – ohjelmalla.

Maatutkaprofiileista oli yleensä hyvin tulkittavissa pohjavedenpinnan yläpuolisia kerrosrakenteita (liite 16). Nämä kerrosrakenteet näkyvät nimenomaan 100 MHz:n tutka-antennilla. Myös pohjaveden pinta oli monin paikoin molemmilla mittausaajuuksilla tehdyissä luotausprofiileissa näkyvissä, mutta johtuen suuresta, jopa 20 m paksusta peittävästä hiekkavaltaisesta kerroksesta, ei varsinkaan 100 MHz:n antennilla saatu kattavaa kuvaa pohjavedenpinnan tasosta. Sen sijaan 25 MHz:n tutkakuvulta pohjavesivyöhykkeen alkaminen voitiin alueella yleensä tulkita. Pohjavedenpinnan alapuolelta tulkinnan epävarmuus kasvoi, mutta alueelta oli käytettävissä runsaasti sekä uusia, että vanhoja kairausaineistoja, joita käyttämällä referenssinä voitiin tutkaprofiileilta tulkita kallion ja moreenin pinnantasoa myös kairauspisteiden väliltä.

4.5 Pohjavesinäytteenotto ja analyysit

Kaikista keskeiselle harjualueelle tämän tutkimuksen yhteydessä asennetuista uusista havaintoputkista (GTK1 – GTK11) tehtiin in situ mittaukset havaintoputkeen upotettavalla Ysi-mittauslaitteistolla ja samalla selvitettiin pohjaveden laadun mahdollista kerrostuneisuutta (liite 11). Havaintoputkista mitattiin noin kahden metrin välein pohjaveden lämpötila, sähkönjohtavuus, liuennut happipitoisuus, ORP (redox-potentiaali) sekä pH.. Pohjaveden laatu oli kaikissa havaintoputkissa pääasiassa moitteetonta tutkittujen parametrien osalta, ainoastaan Savijärven luoteispuolen putkessa GTK6 pohjavesi oli käytännössä hapetonta koko pohjavesivyöhykkeen matkalla. Saatujen tulosten perusteella valittiin neljä havaintoputkea tarkempia tutkimuksia varten

Ysi-mittausten perusteella neljästä havaintoputkesta (GTK 4, 5, 9 ja 11) otettiin pohjavesinäytteet pohjaveden ladun selvittämiseksi. Pohjavesiputket huuhtelupumpattiin perusteellisesti edellisenä päivänä ennen näytteenottoa ja vielä ennen varsinaista näytteenottoa pohjavesiputkia pumpattiin noin 20 – 30 minuuttia MonSoon sähköpumpulla (Liite 15). Samalla selvitettiin kerrosmittauksin (YSI) pohjaveden lämpötila, KMnO₄-luku, liuennun hapen määrä ja sähkönjohtavuus, joiden tulosten perusteella päätettiin varsinaiset näytteenottosyvyydet. Alussa hyvinkin samea (hienoainespitoinen) pohjavesi saatiin pumppauksen avulla kirkastumaan kaikissa pisteissä (kuva 6). In situ mittaukset tehtiin ämpäristä, johon pumpattu vesi johdettiin. Pohjavesinäytteet analysoitiin Labtium Oy:n vesilaboratoriossa Espoossa. Näytteistä analysoitiin laaja kationivalikoima (25 kpl) ja

27.9.2017

tärkeimmät anionit sekä lisäksi mm. kloridit ja typpiyhdisteet (taulukko 1). Havaintoputkien sijainti on esitetty liitteen 1 tutkimuskartassa.

| Havaintoputki | Näytetunnus | 090 C | 139 M | 139 P | 143 R | Muut |
|---------------|-------------------|-------|-------|-------|-------|------|
| Hp 4 | VE_AKI\$-2016-4.2 | x | x | x | x | x |
| Hp 5 | VE_AKI\$-2016-5.2 | x | x | x | x | x |
| Hp 9 | VE_AKI\$-2016-6.2 | x | x | x | x | x |
| Hp 11 | VE_AKI\$-2016-7.2 | x | x | x | x | x |
| Hp 12 | VE_AKI\$-2016-5.1 | x | x | x | x | x |
| Hp 12 | VE_AKI\$-2016-5.2 | x | x | x | x | x |
| Hp 12 | VE_AKI\$-2016-5.3 | x | x | x | x | x |
| Hp 13 | VE_AKI\$-2016-6.1 | x | x | x | x | x |
| Hp 13 | VE_AKI\$-2016-6.2 | x | x | x | x | x |
| Hp 13 | VE_AKI\$-2016-6.3 | x | x | x | x | x |
| | | | | | | |

Taulukko 1. Otetut pohjavesinäytteet ja tehdyt määritykset. 090C=veden nitriittitypen määrittely, 139M=Monialkuainemääritys (27 kpl) ICP-MS tekniikalla, 139P=Monialkuainemääritys (7 kpl) ICP-OES-tekniikalla, 143R=Anionien (5 kpl) määrittely IC-tekniikalla, Muut=NH₄-N, PO₄, KMnO₄-lukua ja kokonaistyppi.

Havaintoputki GTK 4 on kaikkiaan 44,5 m syvä ja siinä on siiviläputkea koko pohjavesivyöhykkeen matkalla eli kaikkiaan 26 metriä. Pohjavesipinta on +22 m maanpinnasta tasolla noin 111,9 m mpy. Materiaali pisteessä on pinnasta alkaen karkeaa, vaihtelevasti hiekkaista soraa, soraa ja syvemmällä myös kivistä soraa. Putkesta tehtiin profiilimittauksia sähkönjohtavuuden, liuennan hapen ja pH:n suhteen pohjavesipinnasta pohjaan saakka. Pohjaveden laatu oli tutkituilta osiltaan varsin hyvä koko pohjavesivyöhykkeen matkalla, ainoastaan happipitoisuus laskee jonkun verran pohjan tuntumassa. Havaintoputkesta otettiin yksi vesinäyte noin 24 m syvyydeltä maanpinnasta 2,5 m pohjavesipinnan alapuolelta, tasolta +99,5 m mpy (liite 15).

Havaintoputki GTK 5 on 18,6 m syvä ja siinä on siiviläputkea koko pohjavesivyöhykkeen matkalla kaikkiaan 10 metriä. Pohjavedenpinta on noin 8,5 m maanpinnasta tasolla noin +100,25 m mpy. Materiaali pisteessä on lähinnä hiekkaa, osittain hiekkaista soraa. Profiilimittausten perusteella pohjavesi on hyvä- ja tasalaatuista läpi koko 10 metriä paksun pohjavesivyöhykkeen. Varsinainen pohjavesinäyte otettiin 15 metrin syvyydeltä maanpinnasta tasolta noin +95 m mpy eli noin 5 m pohjavesipinnan alta (liite 15).

Havaintoputki GTK 9 on noin 20 m syvä ja siiviläputkea on yhteensä 16 m pohjasta lukien. Pohjavedenpinta on noin 5 m maanpinnasta tasossa noin +100,4 m mpy. Materiaali pisteellä on pintaosissa noin 10 m saakka silttiä ja hienoa hiekkaa, syvemmällä soravaltaista. Siiviläputkea ei asennettu pintaosien hienoihin sedimentteihin. Pohjavesinäyte otettiin noin -15 m maanpinnasta (-10 m pohjavesipinnan alta) tasolta noin +91 m mpy (liite 15).

27.9.2017

Havaintoputki GTK 11 asennettiin Hiekkalammen läheisen soramontun pohjalle ja se on noin 19 m syvä, jossa on siiviläputkea kaikkiaan 14 m pohjasta lukien, koko pohjavesivyöhykkeen matkalla. Pohjavedenpinta on noin 5,5 m maanpinnasta tasolla +100,6 m mpy. Materiaali on karkeaa, käytännössä kivistä soraa pinnasta alkaen. Pohjavesinäyte otettiin -12 m syvyydeltä maanpinnasta eli tasolta +87 m mpy (liite 15).

Pohjavedenlaatua alueella tutkittiin putkista GTK 4, 5, 9 ja 11, joista tehtiin tarkempia kerroksittaisia in situ mittauksia joiden perusteella sitten otettiin pohjavesinäytteet laboratoriotutkimuksia varten. Laboratoriotutkimusten mukaan pohjavedenlaatu oli kaikissa neljässä havaintoputkessa tutkituilta osiltaan erinomaista ja ne täyttivät kaikilta tutkituilta osiltaan talousveden laatuvaatimukset. Pohjavesiputkista GTK 4, 5, 9 ja 11 otettujen näytteiden laboratorioanalyysit on esitetty taulukkomuotoisena liitteessä 14 olevassa taulukossa.

Pohjaveden laatu ja antoisuudet havaintoputkissa Hp12 ja Hp 13.

Havaintoputkista Hp12 (Jouhtenisen pohjoispuolella) ja Hp 13 (Savijärven alueella pohjoisessa) tehtiin pohjaveden laatumäärittämiä loppukevästä 2017. Molemmissa putkissa tehtiin YSI-laitteistolla in situ laatumittauksia koko pohjavesivyöhykkeen matkalla. Pohjaveden laatu osoittautui molemmissa putkissa koko pohjavesivyöhykkeen matkalla erinomaiseksi, ainakin hapen ja sähkönjohtavuuden perusteella arvioiden. YSI-mittaustulokset löytyvät taulukkomuotoisena liitteestä 12.

Varsinaiset pohjavesinäytteet otettiin Hp 12 havaintoputkesta noin -1 m, -5 m ja -10 m syvyydestä pohjavesipinnasta ja Hp 13 havaintoputkesta noin -1 m, -6 m ja -11 m syvyydestä pohjavesipinnasta lukien. Näytteistä analysoitiin koko joukko kationeja (34 kpl) ja anioneja (6 kpl) sekä lisäksi mm. nitraatit, fosfaatit ja KMnO₄ luku. Kaikilta tutkituilta osiltaan pohjaveden laatu oli molemmissa putkissa moitteeton. Pohjavedenlaatu havaintoputkissa HP 12 ja 13 eri syvyyksillä pohjavesipinnasta lukien on esitetty liitteen 13 alkuperäisellä tuloslistalla, jossa näytekoodit vastaavat havaintoputkia/syvyyksiä seuraavasti:

VE-AKI\$-2016-5.1 = **Hp12** - 1 m pohjavesipinnasta,

VE-AKI\$-2016-5.2 = **Hp12** – 5 m pvp:sta.

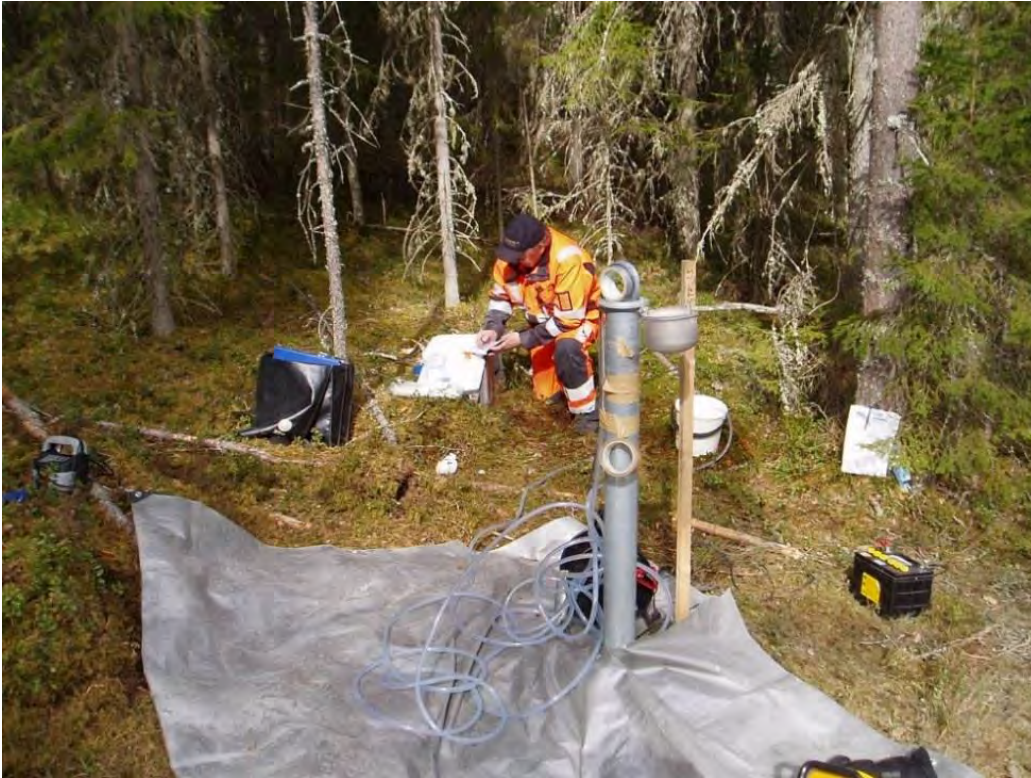
VE-AKI\$-2016-5.3 = **Hp12** – 10 m pvp:sta.

VE-AKI\$-2016-6.1.= **Hp13** – 1 m pvp:sta.

VE-AKI\$-2016-6.2.= **Hp13** – 5 m pvp:sta.

VE-AKI\$-2016-6.3.= **Hp13** – 11 m pvp:sta.

27.9.2017



Kuva 7. Näytteenottojärjestelyjä havaintoputkella Hp13 Savijärven tuntumassa toukokuussa 2017.



Kuva 8. Havaintoputken Hp12 ympäristöä Jouhtenisen pohjoispuolella toukokuussa 2017.

27.9.2017

Havaintoputkien 12 ja 13 alueella maaperä on lähes koko syvyydeltään erittäin hyvin vettä johtavaa hiekkaa ja soraa, joten ns. slug-testien käyttö antoisuuksien määrittämiseen antaisi todennäköisesti tuloksena ainoastaan vedenjohtavuuden minimiarvon. Niinpä vedenantoisuutta päätettiin tutkia kevyellä koepumppauksella. Käytössä olleen Grundfos MP1 oppopumpun taajuusmuunnin kuitenkin rikkoontui heti pumppauksen aluksi, joten pumppauksessa jouduttiin turvautumaan pienehköön Honda keskipakopumppuun.

Havaintoputkessa Hp 12 pumpattiin keskipakopumpulla pohjavettä keskimääräisellä teholla $40 \text{ m}^3/\text{d}$ noin kaksi tuntia, jona aikana pohjavedenpinta laski havaintoputkessa noin 14 cm. Pumppauksen loputtua vesipinta nousi takaisin lähtöarvoonsa noin 20 minuutissa. Mutta koska pumppausteho oli kuitenkin alueen/pisteen todennäköiseen antoisuuteen nähden varsin pieni, ei tuloksista voida tehdä kovinkaan pitkälle meneviä johtopäätöksiä. Sen sijaan havaintoputkessa Hp 13 pohjavedenpinta oli sen verran syvällä (noin 6,6 m putken päästä), että keskipakopumpulla pumppaus ei onnistunut toivotulla tavalla ja tuotto jäi erittäin pieneksi.

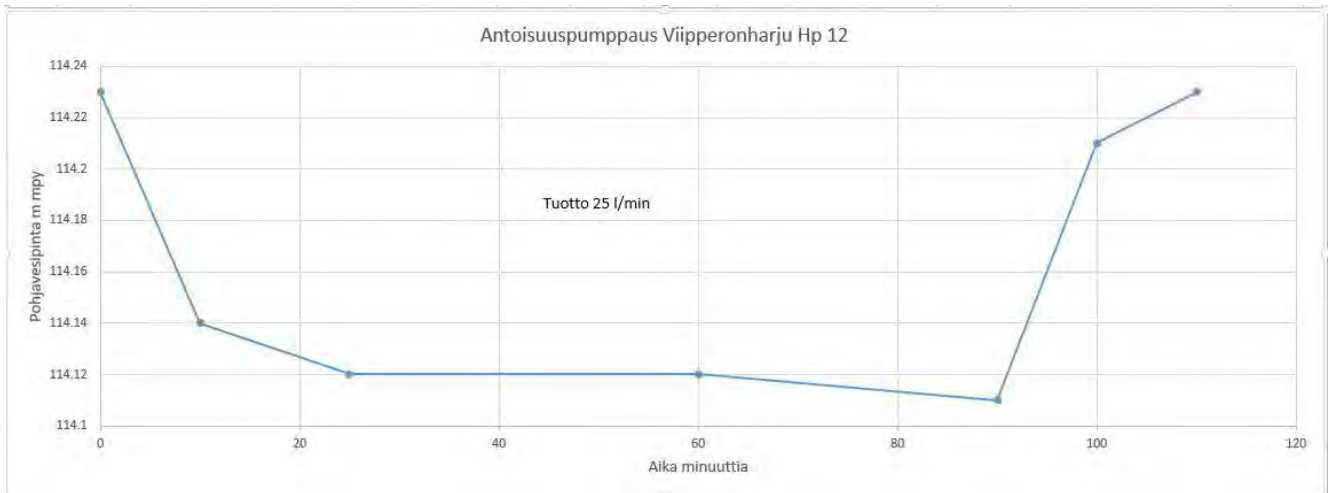
Hp 13 putkella pumpattiin 29.8.2017 käyttäen Grundfos BTI/MPI1 näytteenotto oppopumppua varustettuna taajuusmuuntajalla. Pumppaus kesti noin kaksi tuntia ja pumppaustehoa kasvatettiin tasaisesti alun tuotosta 13 l/min lopun 25 l/min tuottoon eli noin $18,7 \text{ m}^3/\text{d} \rightarrow 36 \text{ m}^3/\text{d}$. Pohjavesipinta laski kahden tunnin aikana ainoastaan 7 cm ja pumppauksen loputtua pohjavedenpinta nousi alkuperäiseen tasoonsa reilussa minuutissa. Pohjavesi oli koko ajan aistinvaraisesti arvioituna kirkasta, hajutonta ja mautonta (kuva 9).



Kuva 9. Antoisuuspumppaus havaintoputkella Hp13 elokuussa 2017, pumppauksen tuotto noin 25 l/min eli noin $36 \text{ m}^3/\text{d}$.

27.9.2017

Antoisuuspumppausten lyhydestä huolimatta voidaan molempia tutkimuspisteitä Hp12 ja Hp13 pitää erinomaisesti vedenhankintaan soveltuvina kohteina. Molempien tutkimuspisteiden valuma-alueet ovat luonnontilaista harjumaastoa ja etenkin pisteen Hp12 pohjoispuolinen alue (Jäkäläkangas) on pohjaveden muodostumisen kannalta erinomaista kumpuilevaa, luonnontilaista harjumaastoa. Muodostumisalueeltaan Hp13:n seutu on kuitenkin merkittävästi laajempi ja sinne virtaa pohjavettä myös pohjoisen suunnasta (liite 4). Antoisuuspumppauskäyrät on esitetty alla olevassa kuvassa 10. Havaintoputkien arvioitujen ”sieppausalueiden” rajaukset on esitetty liitteessä 17.



Kuva 10. Lyhyet antoisuuspumppaukset havaintoputkissa Hp12 ja Hp13. Pystyakselilla on pohjavedenpinta (m mpy) ja vaak-akselilla aika pumppauksen alusta alkaen minuutteina. Pumppauksen lopettamisen jälkeinen nopea pohjavedenpinnan nousu näkyy selvästi (Hp12 90 min ja Hp13 120 min kohdalla). HP13:ssa pumppauksen tuottoa lisättiin pumppauksen edetessä 13 -> 25 l/min.

27.9.2017

5 MALLINNUKSET JA VISUALISOINTI

Kairauksista, painovoimamittauksista ja paljastumahavainnoista saadut kallionpinnan tasotiedot yhdistettiin ArcGIS -ohjelmistolla. Aineistosta laskettiin Topo to grid -interpolointimenetelmällä mallit tutkimusalueen kallionpinnan korkokuvasta. Pohjavesipintamallit tehtiin vastaavalla tavalla hyödyntäen alueelle aiemmin ja tämän tutkimuksen yhteydessä asennettujen pohjavesiputkien pohjavedenpinnan tasotietoja.

Saadut pintamallit on visualisoitu ArcGIS-ohjelmistolla. Mallien interpoloinnin ulottuvuutena tunnetuilta tasopisteiltä on käytetty kallionpinnan osalta 150 metriä ja pohjavesipinnan osalta 300 metriä. Tutkimusalueen mallinnukset ovat liitteissä 3–7. Pintamalleja tarkasteltaessa on aina huomioitava mittaus- ja mallinnusmenetelmien rajoitukset.

Kallionpinnan korkeustaso on varmasti selvillä vain kairauspisteissä ja avokallioilla. Painovoimalinjojen mittauspisteille tulkitut syvyydet antavat ainoastaan yleiskuvan kallionpinnan korkeustasosta. Mallinnusohjelmisto tasoittaa interpoloimalla tunnettujen ja tulkittujen kallionpintapisteiden välit. Tästä johtuen interpoloidussa mallissa käytettyjen tasopisteiden välialueilla voi olla laajojakin kalliokohoumia tai -painanteita, joita ei pintamallissa voida havaita.

Kallionpintamallin reuna-alueilla myös painovoimalinjojen ja kairauspisteiden puutteesta johtuva kalliopaljastumien korkeustasojen ylikorostuminen saattaa aiheuttaa mallin vääristymistä. Pohjavesialuerajojen sisäpuolella mallin tarkkuus on kuitenkin melko hyvä.

Kalliopinnan taso saatiin selville melko kattavasti kairaustietojen, kalliopaljastumien, maatutkaluotauksen ja painovoimamittauslinjaston ansiosta. Tutkimusalueen keskeisimmissä osissa kallionpintatiedot perustuvat suurilta osin painovoimamittauksista saatujen tietojen tulkintaan ja osin myös kairaustietoihin. Näillä alueilla laskentamallit ovat melko luotettavia.

Pohjavedellä kyllästyneen maapeitteen paksuus on laskettu pohjavesi- ja kallionpintamallien erotuksena. Tämän vuoksi visualisointi on voitu tehdä vain alueilta joilta oli käytettävissä sekä kallionpinnan että pohjavedenpinnan mallit. Pohjavedenpinnan yläpuolisen irtomaapeitteen paksuus saatiin tutkimusalueen maanpinnan korkeusmallin ja pohjavesipintamallin erotuksesta.

27.9.2017

6 TUTKIMUSTULOKSET

6.1 Kallioperän koostumus, rakenne ja korkokuva

Suonenjoen eteläosan alueen kallioperä koostuu pääasiassa metamorfoituneista kivilajeista mm. kiillegneissistä ja sarvivälkegneissistä sekä syväkivistä mm. graniiteista, granodioriiteista ja kvartsidioriiteista (kallioperäkartta 1:200 000).

Kallionpintamallin muodostamiseen käytettiin aiemmissa tutkimuksissa tehtyjä kairaus-havaintoja, uusien GTK:n 2015 teettämien kairauspisteiden kalliotietoja, painovoimamittauspisteiden kallionpintatulkintaa sekä osaa tämän tutkimuksen yhteydessä tehtyä maatutkaluotaustulkintaa. Maatutkalinjoilta haettiin ne kalliopinnaksi tai pohjaksi tulkitut pisteet, joiden etäisyys oli vähintään 25 m tulkitusta painovoimamittauspisteestä tai 10 m varmistetusta kalliokairauspisteestä. Kallionpinnan muodostamiseen käytettiin myös maastotarkistusten yhteydessä havaittuja kalliopaljastumia sekä Maanmittauslaitoksen maastotietokannan kallio- ja kallioaluehavaintoja. Kallionpinta interpoloitiin ArcGis 10.3 –paikkatieto-ohjelman Topo To Raster –työkalulla

Viipperonharjulla kalliopinta vaihtelee varsin paljon ja myös keskeisellä harjualueella on runsaasti kalliopaljastumia. Kalliopinta vaihtelee noin tasolla +610 - + 120 m mpy ja esimerkiksi etelässä Jouhtenisen länsipuolella olevalla kankaalla kalliopinta on laajoilla alueilla tasossa noin +110 m mpy ja sitäkin ylempänä eli siten käytännössä myös pohjavesipinnan yläpuolella. Kallioperän painanteita toisaalta esiintyy Jouhtenisen pohjoispuolella Jäkäläkankaan alueella sekä pohjoisessa Savijärven eteläpuolisella alueella, niissä kalliopinta on tasolla noin +60 - + 70 m mpy.

6.2 Maaperän koostumus

Viipperonharjun muodostuman alueella suurimmat maakerrospaksuudet tavoitettiin kairausten yhteydessä keskeisellä harjuselänteellä kairauspisteellä GTK4, joissa kokonaismaapeitteen paksuus oli noin 44,5 m (liite 5). Kairauspisteissä maakerrosten paksuus vaihteli noin 3,0 metristä 44,5 metriin, ohuimmat maapeitteet tavattiin eteläosassa Jouhtenisen länsipuolella. Myös keskeisen harjuselänteen (Jäkäläkangas) alueella kokonaiskerrospaksuudet ovat suuria, noin 50 metrin luokkaa. Sen sijaan pohjoispuolisella alueella Savijärveltä luoteeseen maaperän kerrospaksuudet ovat noin 20 metrin luokkaa ja harju on siellä myös aikalailla kapea. Alueen maaperän kokonaiskerrospaksuudet on esitetty liitteessä 7. Viipperon alueen maaperäkartta on esitetty liitteessä 2 ja se kuvastaa maaperän laatua 1 m syvyydessä.

Maaperä alueella koostuu vaihtelevasti hiekasta ja sorasta sekä paikoitelleen keskeisellä harjualueella kivistä sorasta. Paikoitellen pohjavesialueen reunoilla esiintyy myös hienoa hiekkaa, hietaa, silttiä ja myös moreenia useiden metrien paksuudelta.. Materiaalin vaihtelua harjualueella voi seurata esimerkiksi liitteiden 10 kairausprofiileista.

27.9.2017

6.3 Pohjaveden muodostuminen, varastoituminen ja virtaus

Sekä uuden että vanhan kairaustiedon ja nyt tehtyjen maatulkuotustulkintojen perusteella koottiin mallinnuspisteaineisto, josta interpoloitiin yhdessä kallionpintamallin tiiviin eli huonosti vettäläpäisevän pohjan malli. Interpolointi tehtiin ArcGis 10.3 –paikkatieto-ohjelman Topo To Raster –työkalulla. Interpoloitu tiiviin pohjan mallin, kallionpintamallin ja maastotietokannan aineistojen avulla muodostettiin koko mallinnusalueen kattava tiiviin pohjan malli, jota käyttäen voitiin edelleen saada selville pohjavedellä kyllästetyn vettäjohtavan kerroksen paksuus (kuva 18).

Viipperonharjun pohjavesialueen havaintoputkista mitattiin vesipintamittarilla pohjavesipinnan tasoja näytteenoton yhteydessä. Pohjavedenpintahavaintojen, kallion- ja tiiviin pohjanmallin perusteella Viipperonharjun pohjavesialueella ei ole varsinaisia kalliokynnyksiä, vaikkakin paikoin kallionpinta ylittää pohjavesipinnan yläpuolelle. Pohjavesipinta vaihtelee etelän tasosta noin +107 – 112 m mpy pohjoisosan tasoon noin +100 m mpy. Korkeimmillaan pohjavedenpinta on eteläosassa Jouhtenisen järven länsipuolella tasossa noin +115 m mpy ja matalimmillaan tasossa noin +100 m mpy alueen keskiosissa Savijärven rantamailla.

Yleisellä tasolla pohjavesien virtaus alueella tapahtuu pohjoisosassa pohjoisesta etelään pohjavesien purkautuessa lähinnä Savijärven alueella. Alueen eteläosassa pohjavedet virtaavat kohti Jouhtenista, jonne ne myös purkautuvat. Keskiosissa aluetta (Jäkäläkangas) pohjavesien virtaus tapahtuu sekä pohjoiseen Savijärven suuntaan että etelään Jouhtenisen suuntaan vedenjakajan sijaitessa havaintoputkien GTK 4, 8 ja 10 alueella. Liitteessä 4 on esitetty tutkimusalueen pohjavedenpinnan tasokartta.

Vettäjohtava pohjavesivyöhyke on paksuimmillaan noin 35-40 m Jäkäläkankaan alueella, missä tavoitettiin myös suurimmat maakerrospaksuudet. Tällä alueella pohjavedellä kyllästyneen hiekkavaltaisen aineksen paksuus on yleisesti useamman kymmenen metriä. Sen sijaan pohjavesialueen eteläosassa Jouhtenisen länsipuolen kankaalla pohjavesivyöhyke esiintyy vain satunnaisesti ja pääosin pohjavedenpinta on pohjavesipinnan yläpuolella. Liitteessä 5 on esitetty vettä johtavan pohjavesikerroksen paksuusmalli, josta selviää pohjavedellä kyllästyneiden vettä johtavien kerrosten paksuudet. Liitteessä 6 on esitetty pohjavesivyöhykkeen ja tiiviin pohjan yläpuolella olevan ”kuivan” irtomaapeitteen paksuusmalli.

7 JOHTOPÄÄTÖKSET JA YHTEENVETO

Viipperonharjun vedenhankintaan soveltuvan pohjavesialueen kokonaispinta-ala on noin 3,54 km² ja pohjaveden muodostumisalueen pinta-ala 3,21 km². Alueella on arvioitu muodostuvan pohjavettä noin 1700 m³ vuorokaudessa. Suurimmat maakerrospaksuudet tavoitettiin kairauksin alueen keskiosissa Jäkäläkankaan alueella, jossa kerrospaksuudet ovat suurimmillaan noin 40 – 50 metrin luokkaa.

Pohjavesiputkihavaintojen perusteella pohjavedenpinta on tasossa noin +100 - +115 m mpy. Vettä johtava pohjavesivyöhyke on paksuimmillaan noin 25 – 30 m Jouhtenisen

27.9.2017

pohjoispuolella sekä Savijärven eteläpuolella, missä tavoitettiin myös suurimmat kokonaismaakerrospaksuudet. Kyseiset alueet ovat myös vedenhankinnan kannalta merkityksellisimmät ja alueille sijoittuvat havaintoputket Hp12 ja Hp13. Pohjaveden virtaus suuntautuu pohjois- ja keskiosassa alueetta Savijärven suuntaan ja eteläosassa aluetta pohjavedet purkautuvat pääosin Jouhteniseen. Jouhtenisen länsipuolisella kankaalla ei ole pohjavesialueen hydrogeologiassa juurikaan merkitystä. Havaintoputken Hp 13 tuntumassa on tehty myös aiempi vuoden 1988 tutkimus lyhyine koepumppauksineen ja tuota aluetta voidaan pitää tämänkin työn perusteella parhaana vedenottoalueena.

Sieppausalue (catchment area) kuvastaa sellaista aluetta esimerkiksi kaivon ympärillä, jolta pohjavettä voidaan otaksua virtaavan ko. kaivoon. Havaintoputken Hp12 sieppausalueen laajuudeksi arvioitiin noin 0,52 km² ja antoisuudeksi keskimääräisen sadannan, imeytymisen ja pintaa-alan perusteella noin 410 m³/d. Vastaavasti Hp13 sieppausalueen laajuudeksi arvioitiin noin 0,49 km² ja antoisuudeksi keskimääräisen sadannan, imeytymisen ja pintaa-alan perusteella noin 390 m³/d (liite 17). Lukuja voidaan pitää suuntaa-antavina.

Viipperonharjun pohjavesimuodostuma on vettä hyvin johtava, mutta tehokkaalta pinta-alaltaan melko pieni akviferi. Materiaali alueella on kuitenkin valtaosin hiekkaa ja soraa ja myös pohjaveden laatu osoittautui keskisillä osilla tutkituilta osiltaan hyväksi.

27.9.2017

8 JATKOTOIMENPIDE-EHDOTUKSET

Viipperonharjun geologinen rakenne saatiin selvitettyä kohtuullisen hyvin ja sen suhteen ei ole tarpeen tehdä lisätutkimuksia.

Alueelle asennettujen pohjavesiputkien Hp12 ja Hp13 antoisuuspumppauksia tehtiin alustavia tuloksia silmällä pitäen riittävällä tarkkuudella. Pumppausteho(noin 40 m³/d) oli kuitenkin varsin pieni alueen pinta-alaan nähden, eikä pohjavesipintaa saatu laskemaan riittävästi. Pohjaveden laatu oli molemmissa pisteissä koko pohjavesivyöhykkeen paksuudelta moitteeton. Toisaalta aivan tutkimuspisteen Hp13 tuntumassa on tehty 1980-luvulla lyhyt koepumppaus, jolloin pohjaveden laatu osoittautui myös hyväksi.

Pohjavesialueen antoisuuden selvittämiseksi molemmissa tutkimuspisteissä Hp12 ja Hp13 olisi syytä tehdä pitempiaikainen koepumppaus riittävällä pumppausteholla antoisuuden ja pohjaveden laadun pysyvyyden selvittämiseksi. Tutkimuspisteistä havaintoputken Hp13 alue vaikuttaisi olevan alustavien tutkimustulosten perusteella parempi piste. Koepumppauksia varten alueelle kannattaisi tehdä asianmukainen siiviläputkikaivo, jolloin koepumppauksen voisi suorittaa riittävän syvältä pohjavesikerroksesta.