

RAPORTTI

Kangasalan Vehoniemenharjun-Isokankaan
pohjavesialueen (Tavase) maatutkaluotausten
(Geo-Work Oy 2010 ja 2011) rakennetulkinta

14.10.2011

Joni Mäkinen FT

Maantieteen ja geologian laitos

Turun yliopisto

RAPORTTI

Kangasalan Vehoniemenharjun-Isokankaan pohjavesialueen (Tavase) maatutkaluotauksen (Geo-Work 2010 ja 2011) rakennetulkinta

1. Johdanto

Tämä raportti on Tavase Oy:n tilaama Kangasalan pohjavesialueen sedimentologinen rakennetulkinta, jonka tarkoituksena on tarkastella suunniteltujen imeytys- ja kaivoalueiden sijoittumista harjualueen rakenteeseen ja kalliopinnan tasoon nähden. Rakennetulkinta perustuu sekä 40 MHz:n että osin 100 MHz antennilla tehtyjen maatutkaluotausten (Geo-Work Oy 2010, 2011) tulkintaan ja sen yhdistämiseen muuhun tutkimusaineistoon. Vuonna 2010 tehdyn 40 MHz:n maatutka-aineiston tulkinnan pohjalta on tehty referenssikairauksia (421-425) sekä täydentävä maatutkaluotaus (2011) ja siihen liittyvät referenssikairaukset (600, 604-609). Täydentävällä maatutkaluotauksella on pyritty pääasiassa tarkastelemaan Pahakorven länsipuolisen soranottoalueen soveltuvuutta imeytysalueeksi.

Tämän rakenneselvityksen päätavoitteena on (1) määrittää harjun ydinosan (pääakviferin) kulku, (2) tarkentaa pinnanmuotojen perusteella tehtyä tulkintaa harjun ydinosasta lähtevien deltojen tai deltamaisten harjulaajentumien sijainnista ja rakenteesta, ja (3) antaa lisätietoa kalliopinnan tason vaihtelusta ja sen merkityksestä pohjavesivirtauksen ohjaajana.

2. Tutkimusalueesta

Vehoniemenharju-Isokangas-Syrjänharju harjumuodostuma kuuluu pitkään saumaharjujaksoon, joka on syntynyt mannerjäätikön sulamisvaiheessa kahden eri tavoin käyttäytyneen jäämassan väliin. Etelässä Syrjänharju ja pohjoisessa Vehoniemenharju ovat selvästi selännemäisiä, kun taas niiden välisellä Isokankaan alueella harjujakso kulkee suhteellisen korkealla sijaitsevan kalliomaaston halki ja muuttuu samalla laajemmalle leviäväksi muodostumaksi, jossa on havaittavissa lähinnä itään päin kerrostuneita deltoja tai deltamaisia harjulaajentumia suppakuoppineen. Harjualue on jäätikön peräydyttyä jäänyt Yoldiameren alle, jonka korkein ranta alueella on noin 155 m tasolla (Eronen & Haila 1990). Maankohoamisen myötä harju on altistunut rantaeroosiolle, millä on ollut suuri vaikutus harjun nykyisiin pinnanmuotoihin erityisesti muodostuman länsipuolella. Harjujakson rakennetta on aiemmin tarkasteltu Pälkäneen Isokankaan-Syrjänharjun välisellä osuudella (Mäkinen 2009, 2010).

3. Maatutkaluotausten tulkinta

Maatutkalinjojen sijainnin suunnittelusta on vastannut raportin tekijä, mutta tutkimuksen toteuttaja on paikoin muuttanut linjojen kulkua maasto-olosuhteiden ja muiden tekijöiden sitä edellyttäessä. Luotausten on tehnyt Geo-Work Oy käyttäen SIR-3000 maatutkaa 40 MHz ja 100 MHz antennilla. Huolimatta maaperäkerrosten yksityiskohtien erotuskyvyn heikentymisestä, 40 MHz antennilla saavutetaan riittävä maaperän suurrakenteiden erottelukyky ja 100 MHz:n antenniin verrattuna parempi syvyysulottuvuus, joka on hyvissä olosuhteissa noin 40-45 metriä. Tutkimuksessa painotetaan kallioperän tasosta saatavaa tietoa ja harjun rakenteen osalta tyydytään suurten päärakenteiden ja hydrogeologisten yksiköiden selvittämiseen. Tutkakuvien tulkinta perustuu pääosin niiden ristiin tulkintaan ja alueelle tyypillisten, referenssiaineiston avulla varmistettujen tutkaheijasteiden vaihteluun. Rakennetulkinnassa maatutkaprofiilien tulkinta yhdistetään geomorfologiseen karttatulkintaan, kairaus- ja pohjavesipinta-aineistoon, sorakuopista tehtyihin havaintoihin ja painovoimamittauksiin. Eri aineistojen synteessin avulla tehdään muodostuman syntyvaiheita ja kerrostumisympäristöjä kuvaava tulkinta, jonka perusteella voidaan arvioida rakenteiden jatkumista myös alueilla, joista tutkimustietoa on vähemmän.

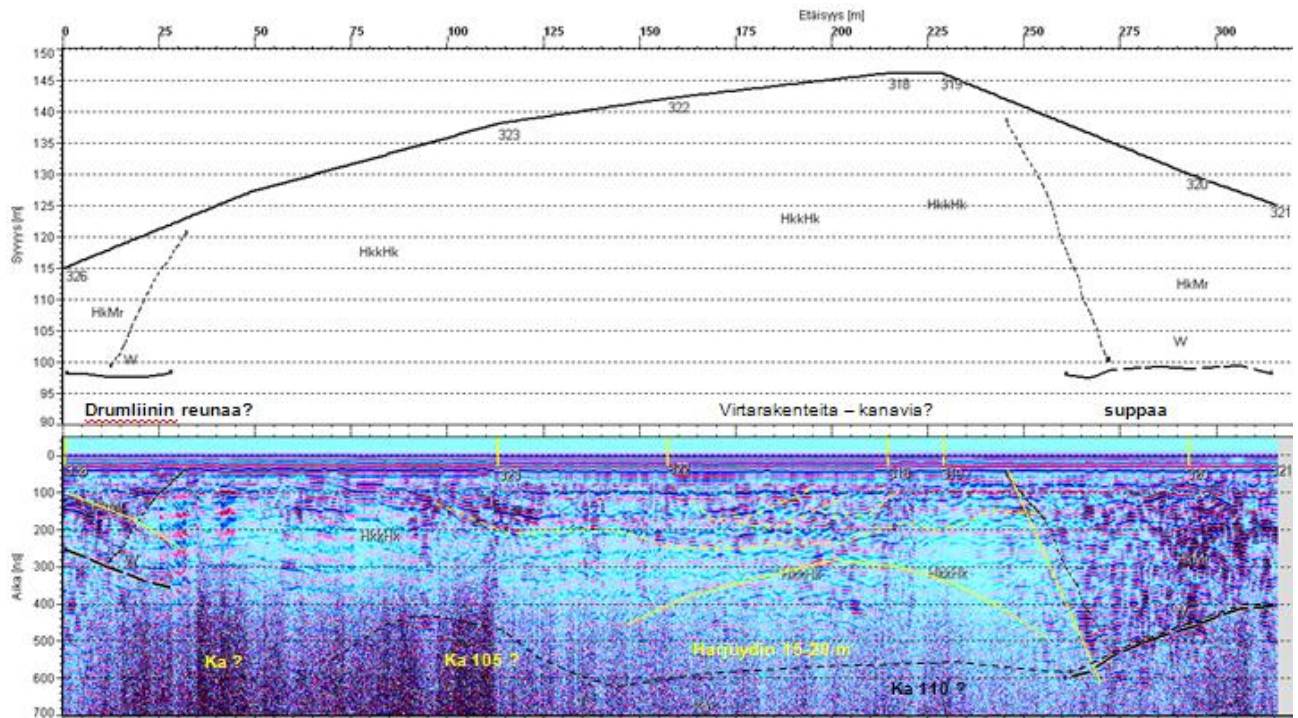
Rakennetulkinnan yhteenveto on esitetty karttamuodossa Pöyryn toimittaman maatutkalinjaston ja kairauksen sijaintia kuvaavan kartan päällä (Liite 1). Vuoden 2010 maatutkalinjojen tulkinta on esitetty liitteissä A1-A25 ja vuoden 2011 linjojen tulkinta liitteissä B1-B37. Liitteet ovat vain digitaalisessa muodossa powerpoint -tiedostoina. Raportissa esiintyvien maatutkalinjapisteiden numerot viittaavat tutkaprofiilikuvissa näkyviin numeroihin (Liite 2). Tutkaprofiileja tarkasteltaessa on huomattava, että syvyysulottuvuus pohjavesipinnan alapuolella noin puolet kuivan maakerroksen syvyysulottuvuudesta. Lisäksi on huomattava, että profiilien maanpinnan korkeus ja Geo-Work Oy:n tulkinnat on korjattu vain kuvien yllä olevaan viivapiirrokseen.

4. Rakennetulkinta

4.1 Harjuydin ja supat

Harjualueen pääselänteen kohdalla kulkee yhtenäinen soravaltainen ja kairauksissa (vrt. nro 16) usein moreenina (= isokivinen sora) merkitty harjuydin, jonka leveys on noin 100 m ja korkeus keskiosassa 20-40 m. Ydin on paksuimmillaan ja leventynyt deltamaisten laajentumien kohdalla ja ohuimmillaan kalliokynnysten kohdalla (kuva 1). Harjuydin on varsinkin itäreunaltaan, joka rajautuu korkeammalla sijaitsevaan kalliomaastoon, suurten suppakuoppien reunustama (kuva 1). Länsireunan suppien vähyys johtuu ainakin osittain suppien poiskulumisella rantavoimien työn tuloksena. Tästä viitteenä muutamia tutkalinjoilta tulkitut piilosupparakenteet, jotka erottuvat tutkakuvista jyrkillä (siirrosmaisilla) heijastemuutoksilla (vrt. kuva 1) ja sekavina tai jyrkästi alaspäin tippuvina, usein kuppimaisina kerrosrakenteina. Piilosupparakenteita saattaa

olla ytimen läheisyydessä enemmänkin, mutta ytimen länsipuolella olevan suhteellisen harvan maatutkalinjaston takia niitä ei saada tulkittua. Harjuytimen päällä esiintyy lisäksi usein isoja kaukalomaisia rakenteita (uomia), jotka syntyneet avoveteen tunnelin kohdalle avautuneeseen jään railoon (kuva 1).

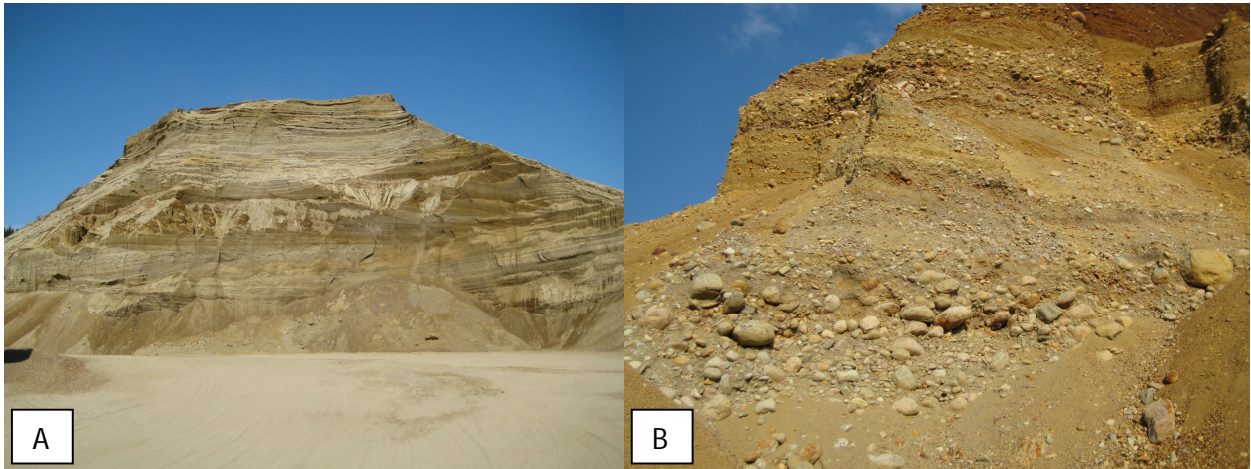


Kuva 1. Harjun poikkileikkaus alueen keskiosan kalliokynnyksellä tutkakuvassa 2010/L13 lännestä itään. Huomaa ytimen sijainti ja sen oikealla puolella (idässä) jyrkkä muutos suppakuopan ainekseen. Ytimen päällä nähdään tyypillisesti kaukalomaisia virtarakenteita, jotka syntyneet jäätikön railovaiheessa jään alla tunneliin syntyneen harjuytimen päälle. Kairauksessa 608 noin 125 m pohjoiseen kallio 110 m tasolla. Huomio, että tutkakuvaa ei ole maanpinnan muodon mukaisesti korjattu. Korkeudet (syvyys) vasemmalla m mpy, w = pohjavesipinta.

4.2 Harjulaajentumat ja deltat

Harjun ydinosasta erkanee noin 400-500 m välein kaikkiaan 11 deltamaista hiekkavaltaista harjulaajentumaa (liite 1, kuva 2A), joiden aines tutkakuvissa muistuttaa (varsinkin ytimen läheisyydessä) usein hiekkaista moreenia, mutta kyseessä lienee hyvin vaihteleva kerrosrakenne (kuva 2B), jonka aines on hienosta hiekasta kiviseen hiekkaan (osa kerroksista koostuneen aineksen vierimisen synnyttämästä sekoittuneesta harjuaineksesta, eng. debris-flow). Laajentumien aines muuttuu yleisesti ottaen hienommaksi hiekaksi deltan reunoilla ja sen kerrostumissuunnassa (vrt. liite 1). Itään päin suuntautuneet laajentumat ovat yleensä pinnanmuodoiltaan ja sorakuopista näkyvien luiskakerrosten (foreset) -rakenteiden perusteella selviä, muinaiseen Yoldiameren pintaan kasvaneita deltoja. Paksuimmillaan deltakerrostumat ovat paikoin noin 60-70 m paksuja. Deltojen kerrostumiseen itään on todennäköisesti vaikuttanut vähemmän aktiivisen ja jäävuoriksi poikineen jään nopeampi häviäminen sekä

vastaavasti paksumman ja aktiivisemmän jään esiintyminen ytimen länsipuolella. Deltojen suuntaan ovat lisäksi vaikuttaneet sulamisvesivirtauksia ohjanneet suuret hautautuneet jäämassat, jotka näkyvät nyt laajoina suppakuoppina.



Kuva 2. A) Harjudeltan hiekkavaltaista ainesta motocross-radan kuopalta (kuva kerrostumissuuntaan) ja B) deltan vaihtelevaa kerrosrakennetta ja ainesta, joka antaa tutkakuissa moreenia muistuttavan heijasteen.

Sen sijaan suoraan harjun suunnassa tai hieman etelään-lounaaseen matalammalle kalliialustalle suuntautuneet laajentumat ovat pääosin muinaisten rantavoimien suuresti muokkaamia ja mahdollisten deltojen piirteet ovat merkittävästi tuhoutuneet. Lisäksi pohjavesiputkien 4 >> 299 ja 21 >> 10 alueella ja harjulaajentumien/deltojen kohdalla on havaittavissa karkean aineksen leviämistä kohti harjualueen reunoja, mikä johtuu kallioperän ohjaavasta vaikutuksesta. Harjun lounaispuolella esiintyy laajalti hienoa, vettä heikosti läpäisevää ainesta, kun taas itäpuolen deltat rajautuvat Lahdentien läheisyydessä olevaan kalliomaastoon.

4.3 Moreenimuodostumat

Alueen reunaosissa tavataan harjuaineen alla pohjamoreenia, joka verhoaa usein ohuena kerroksena kallion pintaa. Ytimen poikki kulkevien kalliokynnysten länsireunalla esiintyy kaksi suurehkoa kallio- ja moreenimuodostumaa, jotka voidaan tutkaheijasteiden eroavuuden, sijainnin ja suuntauksen perusteella tulkita drumliineiksi tai drumliinimaisiksi muodostumiksi (liite 1). Näistä harjujakson keskikohdilla, kalliokynnyksen eteläpuolella sijaitsevalla muodostumalla on pohjavesivirtausta osittain ohjaava vaikutus.

5. Hydrogeologiset pääalueet

Harjuydin ja siihen liittyvät deltojen proksimaaliosat muodostavat alueen parhaiten vettä johtavan akviferin, jonka kallioperän kynnykset jakavat kahteen vesipinnaltaan huomattavasti (noin 12 m) eroavaan pohjavesiesiintymään. Liitteessä 1 on esitetty mustalla yhtenäisellä

viivalla pohjavesipinnan yläpuolelle nousevan kalliopinnan rajausta. Alueen pohjoisosassa rajausta on aineiston vähäisyydestä johtuen arvioitu suhteellisen karkeasti, kun taas eteläosassa aluetta rajausta on tarkempi.

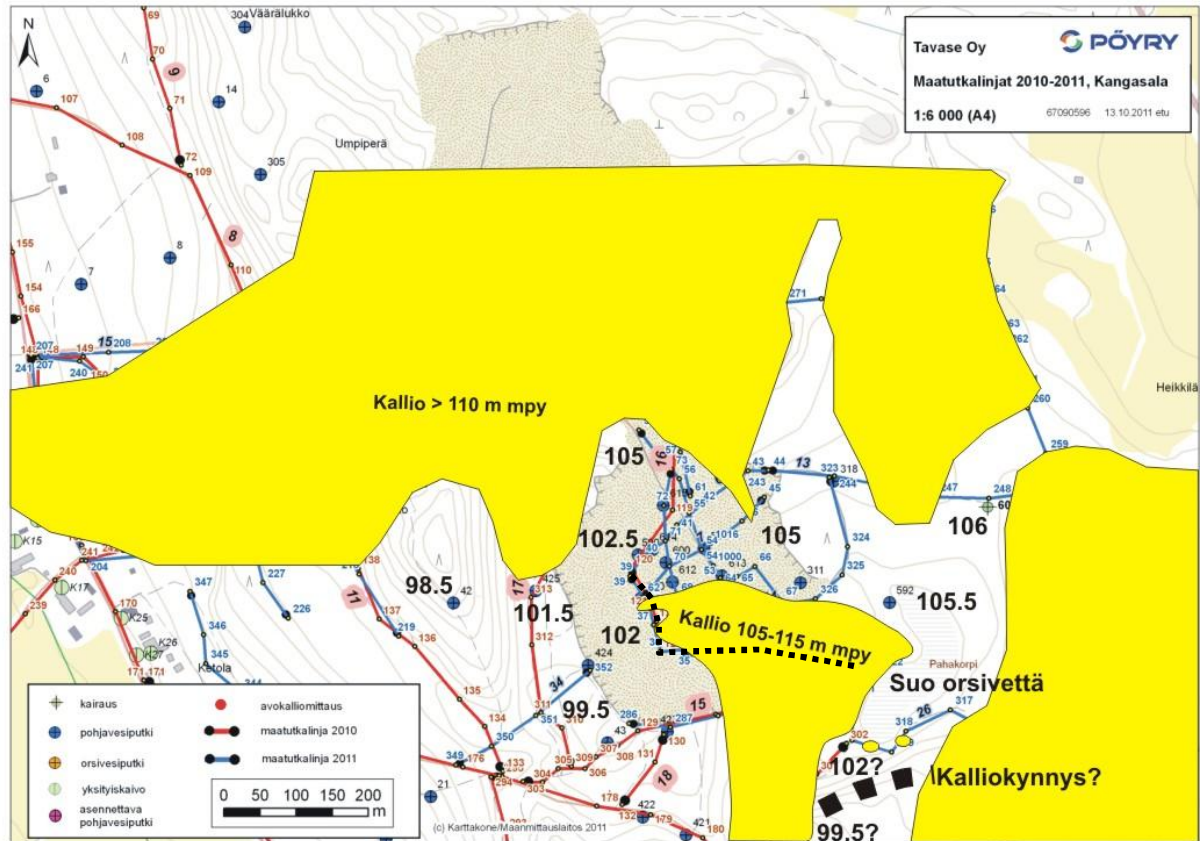
Tulkittava harjualue voidaan tutkakuvista arvioidun kalliopinnan tason ja pohjavesipintatietojen perusteella jakaa kolmeen pohjaveden virtauskuvan kannalta keskeiseen hydrogeologiseen pääalueeseen (Liite 1). Lisäksi alueelta 1 voidaan erottaa kolme erilaista osaluuetta 1A-1C.

5.1 Alue 1

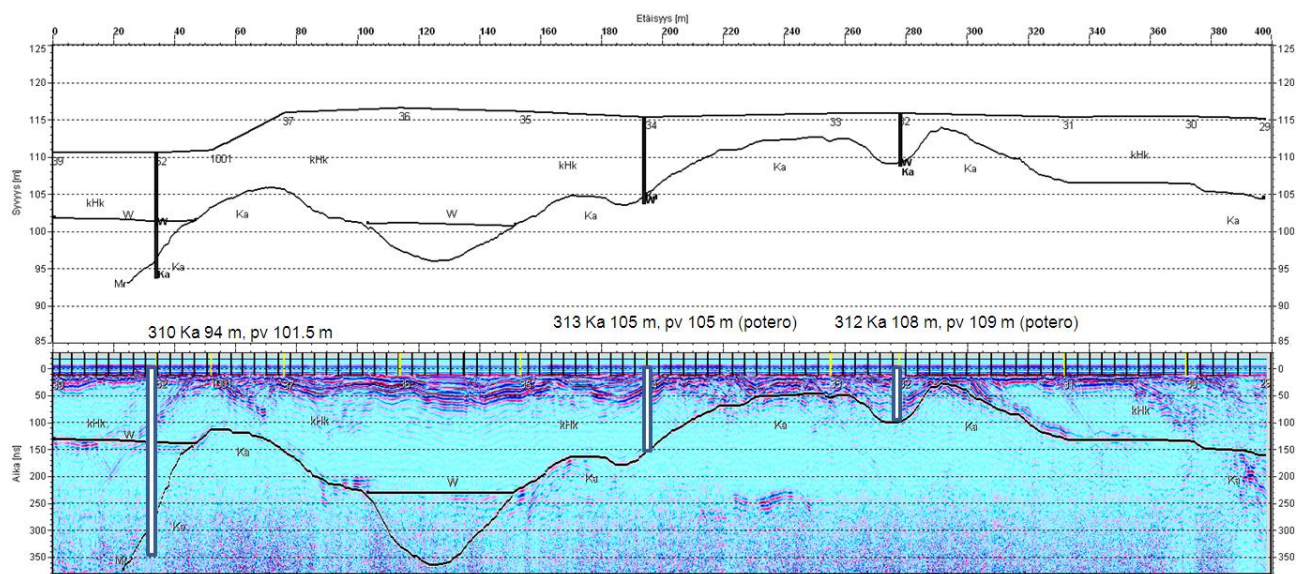
Harjujakson itä- ja koillispuolella sijaitsee yhtenäinen kallioalue, joka nousee laajalti pohjavesipinnan yläpuolelle. Alueella on pääosin kalliopinnan määrittäviä pienehköjä pohjavesialtaita tai poteroja (vrt. kuva 4), joiden pinnat vaihtelevat huomattavasti. Lisäksi esiintyy paikoin pienehköjä saven pidättämiä orsivesialueita (mm. Pahakorpi).

Alueen eteläpäässä (Alue 1A) harjuytimen poikki kulkeva kalliokynnys sijoittuu Vehoniemelle vievän tien läheisen kalliopaljastuman ja motocross -radan väliselle alueelle (liite 1). Täältä kynnys kulkee hieman matalampana luoteeseen harjuytimen kohdalla ja päättyy lähelle pohjavesiputkien 11 ja 40 välistä linjaa (tutkakuva 2010/12/282-283). Alueen pohjavesipinnat vaihtelevat välillä 102-118 m mpy ja ovat näin ollen kallioperän poteroihin liittyviä vesipintoja. Suunniteltu imeytysalue IA3 on sijainniltaan ongelmallinen, koska se sijoittuu harjuytimen lisäksi suoraan sen suunnassa kulkevalle kalliokynnykselle kahden suppakuopan väliin. Harjuytimen kohdalla kalliokynnys kääntyy itään, missä motocross-radan pohjoispuolisen soranottoalueen keskiosassa näkyy laajalti kalliota tasolla 115-121 m. Sorakuopalta kynnys jatkuu Punamultalukon suuren supan itäpuolitse kohti Mustalukon ja Pahakorven välistä laajaa maa-ainestenottoaluetta, missä kallio on myös monin paikoin näkyvissä kuopan pohjalla tasolla 110-125 m (kuva 3, Alue 1B).

Alueen 1B kohdalla pohjaveden pinta vaihtelee tasolla 99,5-106 m mpy ja kallio nousee laajalti pohjavesipinnan yläpuolelle (kuva 3). Kalliopinnan vaihtelu on jyrkkäpiirteistä ja se on selvästi vaikuttanut harjudeltan kerrostumiseen alueella. Deltan keskiosista sorakuopan kohdalta itäkoilliseen kulkee kallioperän syvä painanne, joka jatkuu kapeana solana Heikkilän suuntaan (kuva 3). Painanteen pohjaosissa on monin paikoin soraista aineista ja pohjavesipinta kohoaa alueella noin 1-2 m itää kohden. Painanteen sorakuopan puoleisessa päässä pohjavesipinta tippuu suhteellisen lyhyellä matkalla tasolta 105 m tasolle 99,5 m (kuva 3). Täällä pohjavesipinnan tason määrää sen osuminen vasten deltan itään viettäviä kerroksia sekä painanteeseen sijoittuva supparakenne, jossa on jyrkästi tippuvia



Kuva 3. Kalliooperän kohoaminen pohjavesipinnan yläpuolelle soranottoalueella ja sen läheisyydessä. Kuopassa pohjavesipinta tippuu koilliseen viettävien harjudetlta kerrosten vaikutuksesta tasolta 105 m tasolle 102 m. Soranottoalueelta on mahdollinen pohjavesiyhteys Heikkilän suuntaan kohti itää. Pahakorven suon eteläpuolella on mahdollisesti kapea kalliokynnys. Mustalukon supan itäreunalla, tutkalinjan 2010/17 ja kairauksen 425 kohdalla kalliopinta on lähellä pohjaveden pintaa.



Kuva 4. Kalliooperän kohoaminen pohjavesipinnan yläpuolelle soranottoalueella tutkalinjalla 2011/5 (linjan sijainti merkitty pisteiviivalla kuvassa 3, referenssikairaukset 310, 312 ja 313). Huomaa, että tutkakuvan kalliopinta ja pohjavesipinta on korjattu oikealle tasolle yläpuoliseen piirrookseen.

hienoja kerroksia. Pahakorven suon luoteisreunalla sijaitsee sorakuopalta alkava, todennäköisesti yhtenäinen kallioniemeke, joka ulottuu lounaaseen Mustalukon reunalle (vrt. kairaus 604). Tutkalinjan 2011/26 kohdalla heijasteiden vaihtelu on jyrkkäpiirteistä ja vaikeaa tulkita ilman referenssikairasta, mutta linjan läheisyydessä on todennäköisesti kapea kalliokynnys (kuva 3). Alueen 1B eteläraja noudattelee Punamultalukolta harjun poikki itään kulkevaa tietä (tutkalinja 2010/19), joka sijoittuu kahden vierekkäisen deltan väliin. Deltojen rajalla aines on pääosin hienoa hiekkaa ja kallio kohoaa pääosalla tielinjaa yli pohjaveden pinnan tason.

Alueen 1C eteläosassa (alueen 1B pohjoisrajalla) kalliopinnan taso (>110 m mpy) nousee laajalti selvästi yli pohjavesipinnan tason ja ulottuu itä-länsi suunnassa kulkevana selänteenä harjuytimen poikki. Kynnyksen länsipää rajoittuu drumliinimaiseen moreenimuodostumaan, jolla on osin pohjavesivirtausta ohjaava merkitys (tutkalinjat 2010/1 ja 14 ja 2011/18). Kalliokynnys jakaa koko harjujakson kahteen eri tasolla olevaan pohjavesiesiintymään (Alueet 2 ja 3, liite 1). Alueen 1 keskiosasta kalliokynnys kulkee lähes etelä-pohjoinen suuntaisena kohti Raikun vedenottamon itäpuolella sijaitsevaa Naistenlinnan soranottoaluetta. Suunnitellun imeytysalueen 1 koillisreunalla, kairauksen 300-303-15-304 ja maatutkalinjan 2010/7 keskiosan kohdalla kallion pinta on suhteellisen laajalla alueella lähellä pohjaveden pintaa. Naistenlinnan ja sen läheisen päätien pohjoispuolella sijaitsee Raikunjärvi, jonka vedenpinta on noin 90,4 m mpy eli noin 6 m ylempänä kuin läheisen Vehoniemenharjun pohjaveden pinta.

5.2 Alue 2

Pohjaveden pinta on alueella pääosin 97,0-99,5 m tasolla. Alueen parhaiten vettä johtava osa on noin 1,5 km pitkä harjujakson ydinosa, jonka kautta/läpi pohjavesi purkautuu kohti alueen keskiosaan suunniteltua kaivoaluetta 2 ja täältä Koivulinna ja Mäki-Tiitolan väliselle harjun reuna-alueelle. Kaivoalueen lounaispuolella on kalliopainanne, jonka aines lähellä harjuselännettä (maatutkalinja 2010/1, pisteet 227-234) on todennäköisesti pääosin silttistä hiekkaa (vrt. Kairaus 38). Parhaat imeytysalueet sijoittuvat harjuytimen ja itäpuolen kalliokynnyksen väliselle supprien hallitsemalle alueelle sekä Alueen 1B sorakuopan lounais- ja länsireunaan, missä pohjavesipinta tippuu tasolta 104-105 m tasolle 99,5 m (kuva 3). Punamultalukon itäpuolella tavataan pintaosissa hienompaa hiekkaa (vrt. tutkalinja 2011/23), jonka kerrosrakenteet viettävät kohti kaakkoa kääntyen myöhemmin Pahakorven alueella kohden koillista. Laajan soranottoalueen eteläpäässä deltan pohjaosat ovat yleisesti soraa ja pintaosa hiekkaa ja paikoin hienompaa hiekkaa-silttiä.

5.3 Alue 3

Pohjaveden pinta on alueella pääosin 84-87 m tasolla. Pääasiallinen pohjaveden virtausreitti liittyy harjun noin 2 km pitkään ydinosaan ja suuntautuu alueiden 2 ja 3 rajalta luoteeseen päin kohti Raikun vedenottamoa ja suunniteltua kaivoaluetta 1. Suunniteltu imeytysalue 1 sijoittuu

harjuytimen päälle. Imeytysalueen ja Vehoniemenkylän välisellä alueella, harjun ydinosan länsipuolella, kalliopinta nousee paikoin pohjaveden pinnan yläpuolelle. Maatutkalinjan 2010/1 pisteiden 148-158 välillä kalliopinta on paikoin lähellä pohjaveden pintaa ja pohjavesikerroksen paksuus on enimmillään noin 5-10 m. Maatutkalinjan 2010/1 pisteiden 174-80 kohdalla sijaitsee alueen toinen merkittävä kalliopainanne, mutta täällä harjuselänteen läheinen aines on pääosin karkeaa hiekkaa ja soraa. Raikun vedenottamon itäpuolella sijaitsee jyrkästi kohoava ja pohjavedenjakajana toimiva kallioselänne, jonka jatke Naistenlinnan suuntaan näkyy tutkalinjalla 2010/6 noin 85-95 m tasolla.

6. Johtopäätökset

Rakennetulkinnan perusteella voidaan sanoa seuraavaa:

** Harjujakso voidaan jakaa kallio- ja pohjavesitasojen perusteella kolmeen hydrogeologiseen pääalueeseen (ks. Liite 1).*

** Harjuydin seuraa suunnilleen harjujakson pääselännettä ja on pohjavesivirtauksen pääreitti.*

** Harjujakson keskiosassa ja motocross-radan länsipuolella kalliokynnykset kulkevat harjuytimen poikki ja jakavat tutkimusalueen kahteen selvästi eri tasolla (84-87 m ja 97-100m) olevaan pohjavesialueeseen.*

** Harjuyttimeen liittyy noin 400-500 m välein esiintyviä harjulaajentumia, joista itään suuntautuneet laajentumat ovat selväpiirteisiä deltoja ja harjuselänteen suunnassa olevat laajentumat lähinnä jään rajaamaan jäätikköjokilahteen syntyneitä railokerrostumia. Deltojen kohdilla esiintyy laajalti pohjavesipinnan yläpuolelle kohoavia kallioalueita ja pohjavesipinnan gradientti on kohti harjuydintä.*

** Suppa- ja piilosupparakenteiden vaikutusta pohjavesivirtaukseen ei voida määritellä saatavilla olevan tutkimusaineiston pohjalta. Yleisesti ottaen niillä on pohjaveden virtausta ohjaava vaikutus.*

** Tutkimusalueen parhaat imeytysalueiden paikat sijoittuvat selkeästi harjun ydinosan ja itäreunan kalliokynnyksen väliselle, suurten suppakuoppien luonnehtimalle alueelle sekä Mustalukon itäpuolisen soranottoalueen länsi ja lounaisreunalle.*

** Imeytysalue 1 sijoittuu harjuytimen päälle ja se itäreunalla pohjavesipinta on lähellä kalliopintaa.*

** Imeytysalue 2 sijaitsee osin harjuytimen ja osin deltan proksimaaliosan päällä. Imeytysalue voidaan todennäköisesti siirtää läheisen soranottoalueen länsi- ja lounaisreunalle kalliokynnyksen sijainnin ohjaamana. Tässä tapauksessa on tärkeää huomioida kapean kalliopainanteen kautta itään oleva pohjavesiyhteys, jonka matkalla pohjavesipinta nousee*

ensin sorakuopassa tasolta 102 m tasolle 105 m ja täältä edelleen itään Heikkilän suuntaan tasolle 106-(107) m.

** Motocross-radan luoteispuolella kalliokynnys kulkee myös osittain ytimen suunnassa. Suunnitellun imeytysalueen 3 sijainti juuri tällä kohtaa on ongelmallinen. Vaihtoehtoinen sijoituspaikka lienee kaivoalueen 2 itäpuolella sijaitsevan supan itäreunalla, missä Pahakorven suuntaan esiintyy mahdollisesti kapea kalliokynnys, joka tulee varmistaa referenssikairauksilla.*

7. Muita havaintoja

Tutkimusalueen tulkinnessa on hyödynnetty painovoimamittausten tuloksia, mutta on todennäköistä, että ne antavat liian korkeita kalliopinta-arvoja erityisesti isokivisen harjuytimen kohdalla.

Turussa 14.10.2011

Joni Mäkinen, FT

Viitteet:

Eronen, M. & Haila, H. (1990). Tärkeimmät muinaisrannat. Suomen Kartasto, vihko 124. Geologia, maaperä (kuva 17a), 17.

Mäkinen, J. (2009). Pälkäneen Isokankaan-Syrjänharjun maatutkaluotauksen (Geo-Work 16.4.2009) sedimentologinen rakennetulkinta. Raportti 11.6.2009.

Mäkinen, J. (2010). Pälkäneen TAVASE-pohjavesialueen Mäljän kynnyksen maatutkaluotauksen (Geo-Work 26.5.2010) rakennetulkinta. Raportti 06.09.2010.