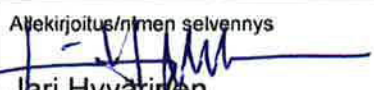


Haminämäki-Humpin pohjavesialueen geologinen rakennetutkimus ja pohjavesien virtausmallinnus Lapinlahdella



28.8.2017

28.8.2017 / GTK/643/00.03.10/2016

Tekijät Jari Hyvärinen, Arto Hyvönen, Juha Mursu, Arto Kiiskinen ja Kari Mäntykenttä		Raportin laji Yhteisrahoitteinen tutkimus	
		Toimeksiantaja Lapinlahden kunta, Ylä-Savon Vesi Oy, Pohjois-Savon ELY-keskus	
Raportin nimi Haminamäki-Humpin pohjavesialueen geologinen rakennetutkimus ja pohjavesien virtausmallinnus Lapinlahdella			
Tiivistelmä Haminamäki-Humppi (0840202) on vedenhankintaa varten tärkeäksi luokiteltu pohjavesialue, joka sijaitsee suurelta osin Lapinlahden kirkonkylän alueella valtatie 5:n ja rautatien varrella. Muodostumisalueella on pinta-alaa noin 2,64 km³. Keskeisinä lähtökohtina tutkimusprojektissa ovat alueen maankäytön suunnittelun (yleiskaavoitus) tukeminen sekä pohjavesialueen nykyisten rajausten tarkistaminen. Tutkimustuloksia hyödynnetään alueelle laadittavassa pohjavesien matemaattisessa virtausmallissa. Haminamäki-Humpin pohjavesialueella tehdään täydentäviä geofysikaalisia tutkimuksia sekä maaperäkairauksia, lähinnä painovoimamittauksia, maatutkaluotauksia sekä raskaita ja kevyitä maaperäkairauksia. Tutkimus toteutettiin yhteistyöprojektina ja rahoitetaan projektiin osallistuvien tahojen kesken. Projektiin osallistuvat Lapinlahden kunta, Pohjois-Savon ELY-keskuksen Liikenne- ja Ympäristö-vastuualueet, Ylä-Savon Vesi Oy sekä Geologian tutkimuskeskus (GTK).			
Asiasanat (kohde, menetelmät jne.) Pohjavesialue, geologinen rakenneselvitys, geofysiikka, maatutkaluotaus, maaperäkairaukset, pohjavesien virtausmallinnus			
Maantieteellinen alue (maa, lääni, kunta, kylä, esiintymä) Suomi, Pohjois-Savo, Lapinlahti			
Karttalehdet 3332 05, 06 ja 08 P5212 ja P5221			
Arkistosarjan nimi Arkistoraportti		Arkistotunnus 77/2017 x/2017	
Kokonaissivumäärä 32 s., 53 liitesivua	Kieli suomi	Hinta -	Julkisuus Julkinen
Yksikkö ja vastuualue GTK PVI		Hanketunnus Projektinumero 50404-400882	
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	3
2	Tutkimusalueen kuvaus	3
2.1	Harjumuodostumien syntymekanismeista	4
3	Tutkimusmentelmät	6
3.1	Maastokartoitus	6
3.2	Maaperäkairaukset ja havaintoputkiasennukset	7
3.3	Painovoimamittaus	8
3.4	Maatutkaluotaus	9
4	Tehdyt tutkimukset	10
4.1	Maastokartoitus	10
4.2	Maaperäkairaukset ja havaintoputkiasennukset	10
4.3	Painovoimamittaus	11
4.4	Maatutkaluotaus	11
5	Mallinnukset ja visualisointi	12
6	Tutkimustulokset	13
6.1	Kallioperän koostumus, rakenne ja korkokuva	13
6.2	Maaperän koostumus	14
6.3	Pohjaveden muodostuminen, varastoituminen ja virtaus	14
7	Pohjavesien virtausmallinnus	15
8	Pohjavesien virtaussimulaatiot	21
9	Johtopäätökset ja yhteenveto	27
10	Jatkotoimenpide-ehdotukset	28

LIITTEET

Liite 1 Mittauslinjat ja kairauspisteet 1:20 000

Liite 2 Maaperäkartta 1:20 000

Liite 3 Kallionpinnan taso 1:20 000

Liite 4 Pohjavedenpinnan taso 1: 20 000

Liite 5 Pohjavesivyöhykkeen paksuus 1:20 000

Liite 6 Pohjaveden yläpuolisen maakerroksen paksuus 1:20 000

Liite 7 Maaperän kokonaispaksuus 1:20 000

Liite 8 Painovoimamittausten tulkintaprofiilit

Liite 9 Havaintoputkikortit

Liite 10 Tulkittu kairaustieto

Liite 11 Kallioperäkartta 1:20 000

Liite 12 Vedenjohtavuusvyöhykkeet virtausmallinnuksessa

Liite 13 Pohjaveden virtaussimulaatiot eri vedenottomäärillä

Liite 14 Pohjavesialueen rajaukset

28.8.2017

1 JOHDANTO

1.1 Yleistä

GTK toteutti Lapinlahden kunnan taajama-alueella pääosin sijaitsevan Haminämäki-Humpin pohjavesialueen rakennetutkimuksiin liittyvän yhteisrahoitteisen tutkimusprojektin Lapinlahden kunnan, Ylä-Savon Vesi Oy:n sekä Pohjois-Savon ELY-keskuksen Y- ja L-vastuualueiden kanssa vuosien 2016 - 2017 aikana. Rakennetutkimuksen tavoitteena oli selvittää Haminämäki-Humpin pohjavesialueen geologista rakennetta ja pohjavesiolosuhteita hyödyntäen geofysikaalisia mittauksia, maaperäkairauksia, pohjavesiputkien havaintotietoja, maastokartoitusta sekä hyödyntäen myös soveltuvia aikaisempia tutkimustietoja. Kerätyn ja analysoidun taustatiedon avulla alueelle laadittiin lopuksi pohjavesien matemaattinen virtausmalli.

Tutkimusten tavoitteena oli hankkia riittävästi tietopohjaa alueen vesihuollon turvaamisen, vesienhoitosuunnittelun ja maankäytön suunnittelun/toteuttamisen edellyttämille toimenpiteille alueella sekä erityisesti Lapinlahden kirkonkylän alueelle laadittavan yleiskaavan taustaksi. Kirkonkylällä keskellä pohjavesialuetta sijaitsee Lapinlahden kunnan omistama Haminämäen pohjavedenotamo.

Projektin tavoitteiden saavuttamiseksi pyrittiin pohjavesialueelta paikantamaan vedenhankinnan kannalta keskeiset maaperäyksiköt ja samalla selvitettiin alueen kallionpinnan topografiaa eri maastotutkimusmenetelmillä, kuten maaperäkairauksin ja painovoimamittauksin. Pohjavesialueella on jo aiemmin tehty erityyppisiä pohjavesitutkimuksia, mutta kuitenkin pääasiassa alueen eteläosassa. Tässä työssä täydennettiin aiempia tutkimuksia pääasiassa pohjavesialueen pohjoisosassa sekä keskeisellä taajama-alueella. Taajama-alueella maastotutkimusten teko on tosin varsin hankalaa. Toisaalta myös alueen eteläosassa tehtiin täydentäviä tutkimuksia.

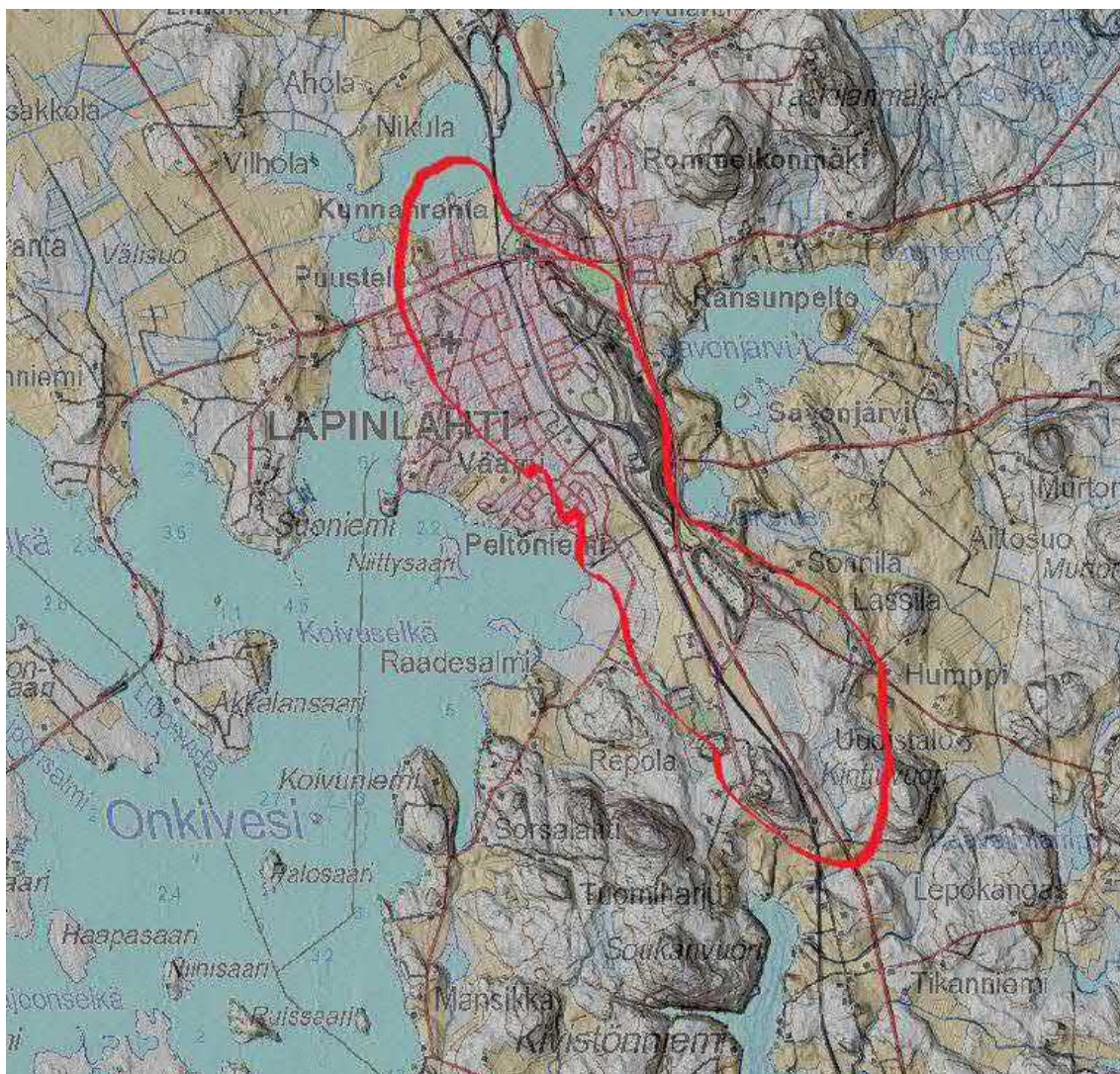
Projektiin osallistuivat GTK:sta Jari Hyvärinen, Arto Hyvönen, Arto Kiiskinen, Kari Mäntykenttä ja Juha Mursu sekä joukko kenttätutkimushenkilöitä, Lapinlahden kunnasta Helena Tukiainen ja Eero Mykkänen, Ylä-Savon Vesi Oy:stä Helena Valta ja Sari Pyyny (sijaisena Minna Taskinen) sekä Pohjois-Savon Ely-keskuksesta Jussi Aalto ja Hanna Turunen. Maaperäkairaukset ja pohjavesiputkien asennuksen suorittivat GTK:n tilaustyönä Suomen GPS-mittaus Oy. Tutkimusprojektin koordinoinnista vastasi projektiryhmä, johon kuuluivat Helena Valta, Eero Mykkänen, Hanna Turunen, Jussi Aalto ja Jari Hyvärinen.

Tutkimusta varten käytettiin Geologian tutkimuskeskuksen maa-ainestietokannan muodostumarajauksia, Maanmittauslaitoksen maastotietokantaa (vektoriaineisto, rasteriaineisto ja 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 kairauksin ja luotauksin. Tutkimusmenetelminä käytettiin lähinnä maatutkaluotausta ja painovoimittausta sekä

28.8.2017

maaperäkairauksia. 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.



Kuva 1. Tutkimusalueen sijainti Lapinlahden kirkonkylän alueella.

28.8.2017

1.2 Aikaisemmat tutkimukset

Haminämäki-Humpin pohjavesialueen tutkimuksia suunniteltaessa olivat käytössä GTK:n omien maaperä- ja kallioperäkartoitus, maa-ainestutkimus sekä geofysiikanaineistojen lisäksi seuraavat alueella tehtyt pohjavesitutkimusraportit. Myös Mäki-Torkon pro gradu-tutkielman laaja tausta-aineisto oli käytettävissä Pohjois-Savon Ely-keskuksen toimittamana.

- Maa ja Vesi Oy. Pohjavesitutkimus Haminämäen Humpin alueella. 7.6.1977.
- Suunnittelukeskus Oy. Kaivonpaikka- ja öljyvahinkotutkimus, työ no 5029. 15.6.1978.
- Paavola Jorma. Lapinlahden kartta-alueen (3332) kallioperä. Geologian tutkimuskeskus. 1988.
- Nenonen Keijo et al. Lapinlahden entisen kaatopaikka-alueen maaperägeologiset tutkimukset. Geologian tutkimuskeskus. 5.10.1992.
- Kejonen Aimo. Maaperäkartan Mäntylahti 333208 selitysosa. Geologian tutkimuskeskus. 2005.
- Suomen IP-Tekniikka Oy. Haminämäki-Humpin pohjavesialueen torjunta-ainetutkimus. 22.9.2006.
- Remes, Paula ja Valta, Helena. Pohjavesialueiden suojelusuunnitelma. Pohjois-Savon ympäristökeskuksen raportteja 1/2007.
- Valjus, Tuire. Lapinlahden pohjavesialueen kallionpintaselvitykset ja aerogeofysikaalinen tulkinta. Geologian tutkimuskeskus 13.3.2008.
- Mäki-Torkko T T. Lapinlahden harjun 3-D hydrogeologinen rakennemalli. Turun yliopisto, Geologian laitos, Pro gradu. 2009.

2 TUTKIMUSALUEEN KUVAUS

Haminämäki-Humpin pohjavesialue (0877802) sijaitsee Lapinlahden kunnan kirkonkylän alueella ja sen eteläpuolella. Pohjavesialueen kokonaispinta-ala on noin 3,13 km² ja muodostumisalueen pinta-ala noin 2,26 km². Pohjavesialueen antoisuudeksi on arvioitu noin 1900 m³/d. Haminämäki-Humpin alue on osa lähes pohjoinen-eteläsuuntaista harjujaksoa, jota jaksoa voidaan seurata kaakosta Outokummun ja Tuusniemen kautta Siilinjärvelle, jossa harjujakso haarautuu länteen Maaningan ja pohjoiseen Lapinlahden suuntaan. Lapinlahdelta jaksoa voidaan seurata lialmen ja Vieremän kautta luoteeseen aina Pohjanlahden rannikolle saakka.

Keskellä pohjavesialuetta taajama-alueen laidalla sijaitsee vuonna 1981 käyttöön otettu Haminämäen pohjavedenottamo, jossa pohjavesi pumpataan yhdestä siiviläputkikaivosta. Ottamosta on lupa ottaa vettä maksimissaan keskimäärin 2 000 m³/d, tosin viime vuosina vedenotto on ollut keskimäärin noin 500 m³/d, sillä pohjavedenottoa on jouduttu viime vuosina vähentämään raakavedestä löytyneiden torjunta-ainejäämien takia. Haminämäen ottamosta ja pohjoispuolisen Honkalammen pohjavesialueella sijaitsevasta Honkalammen pohjavedenottamosta saa yhteensä ottaa vettä kuukausikeskiarvona yhteensä keskimäärin 4 600 m³/d. Haminämäen ottamon pohjaveden laatu on kohtuullisen hyvä ja käsitellään ennen verkostoon johtamista ainoastaan lipeällä pH:n nostamiseksi. Lisäksi vesi desinfioidaan UV-suodattimilla ennen käyttöön ottoa. Pohjavedestä on kuitenkin analysoitu sekä koholla olevia Cl-pitoisuuksia että torjunta-ainejäämiä, mutta pitoisuudet eivät ole ylittäneet talousvesien raja-arvoja.

28.8.2017

2.1 Harjumuodostumien syntymekanismeista

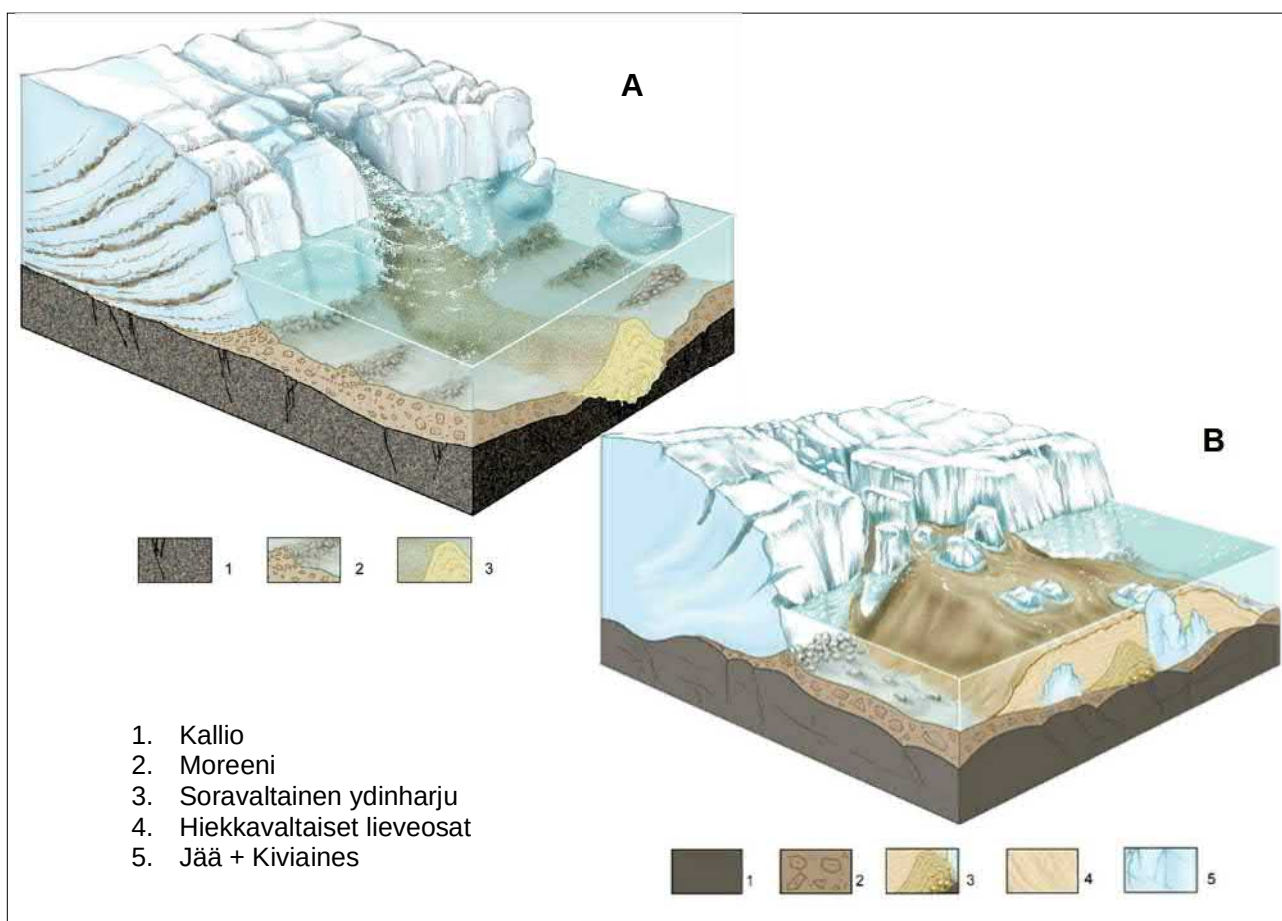
Mannerjäätikön sulamisvesien vaikutuksesta syntyneitä glasifluviaalisia eli jäätikköjokimuodostumia ovat pitkittäisharjut, deltat sekä ns. lajittuneet sauma- ja reunamuodostumat kuten esim. Salpausselät. Yleisesti puhutaan kuitenkin harjumuodostumista, jotka ovat materiaaliltaan pääasiassa hiekkaa ja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

Jäätikköjoet syntyvät mannerjäätikön sulamisvesien hakeutuessa jäätikön sisään ja pohjalle, missä ne virtaavat kohti jäätikön reunaa 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 itäisessä Suomessa 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. Syntytavasta 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 hiekkoja. Harjun karkea ydinosa on tavallisesti myöhemmin kerrostuneiden hienompirakeisten lievehiekkojen ja/tai rantahiekkojen 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. 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.

28.8.2017



Kuva 2: Kaaviollinen piirros pitkittäisharjun synnystä mannerjäätikön edustalle syvään veteen. A) Harjun karkea ydinosaa syntyi 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 (Piirroksen: 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 jättämättä jälkeensä varsinaista sulamisvesien virtausuoman sijaintia osoittavaa harjua. Harjun lievehiekkojen ulkopuolella esiintyy puolestaan lähinnä moreenia sekä syvän veden silttejä, jotka ovat kerrostuneet (lähes) seisovaan veteen jäätikön reunan vetäydyttyä kauemmas. Viimeisessä vaiheessa syntyneitä ovat kaikkia edellisiä kerrostumia peittävät hiekkavaltaiset ranta- ja tuulikerrostumat sekä turpeet.

28.8.2017

3 TUTKIMUSMENETELMÄT

3.1 Maastokartoitus

Tutkimusalueella heinä- elokuussa 2016 tehdyillä maastokartoituksilla muodostettiin yleiskäsitys tutkimusalueen geologisista ja hydrogeologisista olosuhteista. Maastokartoituksessa tehtiin geomorfologisia pintahavaintoja tutkimusalueen keskeisiltä osilta, mm. mahdollisista kalliopaljastumista ja niiden laajuudesta. Maastokartoituksen yhteydessä pyrittiin myös määrittämään sekä geofysikaalisten mittauslinjojen että raskaiden kairauspisteiden sijainteja ja mahdollisia kulkureittejä. Samalla tutustuttiin alueen yleispiirteisiin, kuten rakennetun ympäristön, maa-ainesten ottoalueiden, vesistöjen ja harjumuodostuman sijaintiin (kuva 3). Maastohavaintoja tehtiin luonnollisesti myös myöhemmässä vaiheessa tarkentavien tutkimusten yhteydessä. Alueella ei ollut juurikaan hyviä (tuoreita) maa-ainestenottoon liittyviä leikkauksia, joista olisi voinut selvittää tarkemmin harjun pohjavesipinnan yläpuolista rakennetta, joten niiden suhteen turvauduttiin aiempina vuosina tehtyihin havaintoihin (mm. valokuvat).



Kuva 3. Tutkimusalueen eteläosan luonnontilaista harjumaastoa Humpin alueella. Kuva GTK.

28.8.2017

3.2 Maaperäkairaukset ja havaintoputkiasennukset

Porakonekairaus on erittäin käyttökelpoinen kairausmenetelmä, kun tutkimuskohteen maakerrospaksuudet ovat huomattavat ja maaperä on karkearakeista. Porakonekairauksella saadaan (ainoana tutkimusmenetelmänä) luotettava tieto kallionpinnan asemasta. Kairaus tehdään poraamalla samanaikaisesti tangolla ja suojaputkella kallionpintaan saakka (kuva 4). Kallion tavoittamisen jälkeen kalliovarmistus (3 m) tehdään vielä tankoporauksella. Porakonekairauksen yhteydessä voidaan ottaa myös (häiriintyneitä) maanäytteitä tyhjentämällä kairauksissa käytettyä suojaputkea ilmahuuhtelulla. Maaperäkerrosten laatua voidaan näytteiden perusteella siten tarkentaa myöhemmin, joko silmämääräisesti arvioiden tai laboratoriotutkimuksin. Häiriintymättömiä näytteitä voidaan ottaa erityisillä putkiottimilla.



Kuva 4: Porakonekairaus ja havaintoputkiasennus. Kuva A. Eskelinen, GTK.

Tärykairaus (cobra) soveltuu maaperäkerrosten laadun havainnointiin esim. pohjavesimuodostuman reuna-alueilla, missä maaperä on laadultaan hienorakeisempaa. Tärykairauksessa ei voida ottaa näytteitä rakeisuusanalyysiin, mutta kairakaluston läpivirtausterästä saatavista pienistä maanäytteistä voidaan tehdä aistinvarainen maalajimääritys. Tärykairauksella ei voida määrittää kallionpinnan asemaa luotettavasti.

28.8.2017

3.3 Painovoimamittaus

Painovoimamittausten avulla voidaan tutkia tiheydeltään ympäristöstä poikkeavien muodostumien paksuutta ja tilavuutta. Koska maaperän tiheys on huomattavasti kallioperän tiheyttä pienempi (tiheysero 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 maatutkaluotaus) voidaan kuitenkin hyödyntää painovoimamittausten tulkinnessa.

Maapeitteen paksuutta määritettäessä painovoimaprofiilit sijoitetaan maastoon siten, että niiden alku- ja loppupäät ovat kallion paljastumilla tai pisteissä, joissa kallionpinnan tarkka korkeustaso tunnetaan (kuva 5). 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 kallion tiheydestä riippuva alueellinen painovoimataso että irtomaapeitteen tiheys voivat vaihdella mittauslinjalla ja siten vaikuttaa tulkintatulokseen. Tulos kuvaa yleensä hyvin kallionpinnan tason vaihtelua, vaikka maapeitteen tulkitussa paksuudessa saattaa paikoitellen olla epätarkkuutta.



Kuva 5. Painovoimamittausta Scintrex CG5-Autograv gravimetrillä. Kuva GTK.

28.8.2017

3.4 Maatutkaluotaus

Maatutkaluotaus on geofysikaalinen tutkimusmenetelmä, joka perustuu sähkömagneettisten pulssien lähettämiseen maaperään ja takaisin heijastuvien pulssien rekisteröintiin. Maatutkaluotauksella saadaan jatkuvaa profiilitietoa maaperän rakenteesta (kuva 6). 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 etenkin alueilla, joilla on vähän maaperäleikkauksia.

Maatutkaluotausten tuloksia on tässä raportissa hyödynnetty soveltuvin osin sekä kallion- että pohjavedenpinnan syvyyden määrittämisessä ja muodostumien sisäisen rakenteen tulkinnassa. Maatutkalinjat on tallennettu GTK:n tietokantaan, mistä niitä on tarvittaessa saatavana sekä numeerisena että paperitulosteina.



Kuva 6. Maatutkaluotausta käyttäen jalkaisin (tai autolla) vedettävää Ramac ProEx –maatutkakalustoa ja suojaamattomia Rough Terrain letkuantenneja. Repussa näkyy myös paikannukseen käytettävän tarkkuus-GPS:n antenni. Kuva A. Hyvönen, GTK.

28.8.2017

4 TEHDYT TUTKIMUKSET

4.1 Maastokartoitus

Alueella tehtiin maastokartoituksia kesä-heinäkuun 2016 aikana, jossa yhteydessä suunniteltiin mm. alueella tehtäviä maatulvakuutuksia sekä painovoimamittauksia sekä myös raskaita maaperäkairauksia ja pohjavesiputkien asennuksia. Maastokartoitukset keskittyivät lähinnä alueen eteläosiin, jossa täydennettiin aiemmin tehtyjä maastokartoituksia ja tarkistettiin mm. mahdollisia kallio- ja moreenialueita. Pohjoisosan keskeisellä taajama-alueella tarkasteltiin lähinnä painovoimamittausten linjausten sijoittelua sekä niihin liittyviä raskaita maaperäkairauksia ja pohjavesiputkiasennuksia. Uusia maa-ainestenottoon liittyviä harjuleikkauksia ei alueelle ole avattu ja suurin osa vanhoista leikkauksista on joko maisemoitu tai ne ovat maisemoitumassa. Mahdollisia lähdepurkautumapaikkoja kartoitettiin lähinnä pohjavesialueen reuna-alueilla. Lisäksi reuna-alueilla tarkasteltiin pohjavesialueen rajauserusteisiin liittyviä tekijöitä.

4.2 Maaperäkairaukset ja havaintoputkiasennukset

Haminämäki-Humpin alueelle tehtiin 25. - 30.11.2016 raskaita maaperäkairauksia viiteen (5) pisteeseen kirkonkylän alueella, joista kaikkiin viiteen pisteeseen asennettiin myös asianmukainen pohjaveden havaintoputki. Havaintoputkien sisähalkaisija on 50 mm ja niiden siiviläosuus kattaa koko pohjavesivyöhykkeen ja ne on varustettu lukitulla vandaaliputkella. Maaperäkairaukset toteutti kuopiolainen Suomen GPS-mittaus Oy (keski)raskaalla GM150 – kairausyksiköllä. Kairausvyvytydet vaihtelivat 18,2 m – 48,4 m välillä ja syvin kairauspiste (Kp 21) kairattiin aivan pohjavesialueen pohjoisosaan radanvarteen Honkalahden rannalle.

Myöhemmin joulukuussa 2016 kairattiin Lapinlahden kunnan ja Pohjois-Savon ELY-keskuksen erillisrahoituksella vielä alueen eteläosaan kaikkiaan yhdeksän (9) pistettä, joihin kaikkiin asennettiin pohjaveden havaintoputket. Kairaukset ulotettiin määräsyvytyteen noin 4 – 5 metriä pohjavesipinnan alapuolelle. Projektin tulosten kannalta oli ensiarvoisen tärkeää, että Hamina- ja Humpin pohjavesialueelle, ja varsinkin sen eteläosaan, asennettiin riittävä määrä asianmukaisia havaintoputkia eritoten alueen pohjaveden virtauskuvion sekä pohjaveden laadun vaihteluiden selvittämiseksi. Myös alueelle laadittavan pohjavesien matemaattisen virtausmallinnuksen tueksi oli saatava lisää havaintoputkia ja niistä saatavia pohjavesipintatietoja.

Kairauspisteet on esitetty tutkimuskartassa liitteessä 1. Tämän tutkimuksen yhteydessä tehdyt kairaukset/havaintoputket on esitetty punaisella värillä ja ne on numeroitu Ely-keskuksen kanssa sovitulla juoksevalla numeroinnilla (havaintoputket Hp 21 – Hp 34). Liitteessä on esitetty myös joukko vanhempia kairauspisteitä erivärisin pistein. Havaintoputkikortit on esitetty liitteessä 9 ja kairautiedot profiileina liitteessä 10.1. – 10.26.

28.8.2017

4.3 Painovoimamittaus

Painovoimamittaukset tutkimusalueella toteutettiin 13. - 16.12.2016 pohjavesialueen pohjoisosassa eli käytännössä Lapinlahden kirkonkylän alueella. Pohjavesialueen eteläosan osalta olivat käytettävissä aiemmin tehdyt mittaustulokset. Mittauksissa käytettiin Scintrex CG5-Autograv ja Worden Master -gravimetrejä. Mittaukset tehtiin 20 metrin pistevälillä ja kaikkiaan mitattiin painovoima 275 pisteessä viidellä tutkimuslinjalla ja mittaustulosten yhteispituus oli noin 5,5 km. 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.

Painovoimamittaustulokset redukoitiin Bouguer-anomaliaksi keskitiheydellä 2670 kg/m^3 . Tämän jälkeen Bouguer-anomalialelle tehtiin ns. topografinen korjaus Geosoftin Oasis montaj 8.3 –ohjelmistolla (topografisella korjauksella pyritään poistamaan maanpinnan topografiavaihtelun aiheuttamia painovoima-anomaliaita). Korjauksessa käytettiin laserkeilausaineistoa, 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 . Malli sidottiin pisteissä, joissa kallion pinnan taso tunnettiin (kairauspiste, kalliopaljastuma tai muu tunnettu piste). Liitteessä 1 on esitetty punaisella värillä mittaustulosten sijainti ja tulkitut painovoimaprofiilit on esitetty liitteissä 8/1 – 8/5. Alueen kallioperä on pintaosistaan paikoitellen varsin rikkonaista, joka saattaa vaikuttaa tulkitun kalliopinnan syvyyteen.

4.4 Maatutkaluotaus

Menetelmässä maankamaraan lähetetään radioaaltoja, jotka heijastuvat maakerroksissa olevilta rajapinnoilta takaisin laitteistossa olevaan vastaanottoimeen, missä ne rekisteröidään ja tallennetaan digitaalisesti. Heijastavat rajapinnat johtuvat vesipitoisuuden muutoksista eri maalajitekerrosten välillä. Menetelmä on parhaimmillaan juuri harjuaalueilla. Hyvissä olosuhteissa maatutkaluotauksen syvyysulottuvuus on antennin lähettämästä taajuudesta riippuen maksimissaan 25 - 35 metriä. Useimmissa harjukohteissa voidaan maatutkaprofiililta erottaa kerrostumisrakenteita ja maalajitteiden vaihtumispintoja. Yleensä saadaan kallion ja pohjaveden pinta tulkittua jatkuvana rajapintana, varsinkin kun tulkinnan yhteydessä on käytössä kohteelle tehtyä maakairaustietoa referenssiaineistona. Tulkintarajapintoihin tulee suhtautua varovaisesti varsinkin pohjaveden pinnan alapuolella, mikäli luotauslinjalle ei ole tehty varmistavia referenssikairauksia.

28.8.2017

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. Maatutkaluotausdatan tulkinta tehtiin GeoDoctor-ohjelmistolla.

Haminämäki-Humpin pohjavesialueilla tehtiin maatutkaluotauksia 30. - 31.8.2016 sekä 15.2.2017. Luotauksissa 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. Myös pohjaveden pinta oli monin paikoin molemmilla mittausaajuuksilla tehdyissä luotausprofiileissa näkyvissä, ja varsinkin 25 MHz:n tutkakuvalta 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. Maatutkaluotausdata toimitetaan tarvittaessa tutkimusosapuolille erillisellä CD-levyllä.

5 MALLINNUKSET JA VISUALISOINTI

Kairauksista, maatutkaprofiileista, 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 varmuudella 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.

28.8.2017

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. Lapinlahden alueella kallioperä on havaintojen perusteella pintaosistaan rikkonaista, joka toisaalta saattaa häiritä painovoimamittausten tulkintaa.

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

Haminämäki-Humpin alueella harjun korkeimmat kohdat ovat Kirkonkylän itäpuolella Haminämäellä, jossa harjulaki on korkeimmillaan tasolla noin +150 m mpy. Kirkonkylän alueella ollaan tasossa noin + 100 m mpy ja eteläosassa Humpin alueella noin tasossa + 110 m mpy. Onkivesi harjualueen länsipuolella on tasossa noin + 85 m mpy ja itäpuolella Savonjärvi noin tasossa + 93 m mpy.

6 TUTKIMUSTULOKSET

6.1 Kallioperän koostumus, rakenne ja korkokuva

Lapinlahden alueen kallioperä koostuu pääasiassa gabroista sekä eteläosassa tonaliiteistä (ote alueen kallioperäkartasta 1:20 000, liite 11). Alueen kallioperä on yleisellä tasolla rikkonaista ja lohkoutunutta. Pääosa pohjavesialueen kallioperästä on gabroa, aivan eteläosa on migmatoitunutta tonaliittia ja keskiosan lävistää länsi-itä suunnassa muutaman sata metriä leveä anortosiittijuoni.

Kallionpintamallin muodostamiseen käytettiin aiemmissa tutkimuksissa tehtyjä kairaus-havaintoja, uusien GTK:n 2015 teettämien kairauspisteiden kalliotietoja, painovoimamittaus-pisteiden kallionpintatulkintaa sekä osaa tämän tutkimuksen yhteydessä tehtyä maatutka-luotaustulkintaa. Maatutkalinjoilta haettiin ne kalliopinna- tai pohjaksi tulkitut pisteet, joiden etäisyys oli vähintään 25 m tulkitusta painovoimamittauspisteestä tai 10 m varmistetusta kalliokairauspisteestä.

Kalliopinnan muodostamiseen käytettiin myös maastotarkistusten yhteydessä havaittuja kalliopaljastumia sekä Maanmittauslaitoksen maastotietokannan kallio- ja kallioaluehavaintoja. Kallionpinta interpoloitiin ArcGis 10.3 –paikkatieto-ohjelman Topo To Raster –työkalulla.

Alimmillaan kalliopinta on muodostuman pohjoisosassa Kunnanrannan alueella, jossa se on laajalla alueella tasossa +30 m mpy sekä alueen eteläosassa, jossa kalliopinta putoaa laajalla

28.8.2017

alueella noin tasoon +40 m mpy. Valtaosilla aluetta kallioperän asema on kuitenkin noin tasossa +70 - 80 m mpy. Pohjavesipinnan yläpuolelle kallionpinta näyttää nousevan keskeisen harjuselänteen alueella. Myös etelä-kaakkoisosassa pohjavesialue rajautuu kallioalueisiin ja kallioperä onkin laajoilla alueilla pohjavesipinnan yläpuolella (liite 3).

6.2 Maaperän koostumus

Tutkimusalueen suurimmat maakerrospaksuudet tavoitettiin kairausten yhteydessä pohjavesialueen pohjoisosasta Kunnanrannan alueelta, jossa maaperän kerrospaksuus on 50 m luokkaa, jossa topografia on varsin tasaista. Toki myös keskeisen harjuselänteen alueella kokonaiskerrospaksuudet ovat suuria, (luokkaa noin 55 m) mutta siellä pääosa harjumateriaalista on pohjavesipinnan yläpuolella. Sen sijaan alueen eteläosassa Humpin alueella kerrospaksuudet ovat laajoilla alueilla 20 metrin luokkaa ja allekin. Alueen maaperän kokonaiskerrospaksuudet on esitetty liitteessä 7. Haminämäki-Humpin alueen maaperäkarta on esitetty liitteessä 2 ja se kuvastaa maaperän laatua 1 m syvyydessä.

Maaperä koostuu vaihtelevasti hiekasta ja sorasta sekä paikoitelleen keskisellä harjualueella kivisestä sorasta. Paikoitellen pohjavesialueen reunoilla esiintyy myös hienoa hiekkaa, hietaa ja silttiä useiden metrien paksuudelta (esimerkiksi liitteet 10.8., 10.15. ja 10.16). Materiaalin vaihtelua harjualueella voi seurata esimerkiksi liitteiden 10 kairausprofiileista ja yksinkertaistettuna maaperän koostumus on esitetty virtausmallia varten laaditusta vedenjohtavuusvyöhyke kartasta liitteessä 12.

6.3 Pohjaveden muodostuminen, varastoituminen ja virtaus

Pohjavedenpinta alueella on korkeimmillaan pohjavesialueen etelä- ja keskiosissa laajoilla alueilla noin tasossa + 93 - 95 m mpy, josta se laskee pohjoista kohti lyhyellä matkalla tasolle noin +85 - 86 m mpy eli Onkiveden pinnan tasoon. Alueella muodostuvat pohjavedet purkautuvat pohjoisessa Kunnanrannan alueella Onkiveden Lapinlahteen sekä alueen keskiosissa Valkeisen kautta itään Savonjärveen. Alueen länsiosissa muodostuma rajautuu hienorakesiin sedimentteihin (hietä, hiesu) ja pohjavesien virtaus ja purkautuminen siihen suuntaan on heikkoa. Myöskään pohjavesivirtausta etelän suuntaan Onkiveden Pajulahteen (kaatopaikan/Paskosuon alueen kautta) ei voida osoittaa, joten pohjavesien päävirtaussuunta on tutkimusalueen eteläosasta kohti pohjoista.

Alueen pohjoisosassa pohjaveden pinta laskee siis vajaan kilometrin matkalla (keskeisen harjuselänteen alueella) jopa lähes 10 metriä, tasosta noin +95 m mpy tasoon noin +86 m mpy (kts. liite 4). Tarkat pohjavesipintahavainnot on tehty Väärninkallion ja hautausmaan välin havaintoputkista P11-14 ja Hp24 (+95.76 ja + 94.85 m mpy) sekä pohjoisempaa kirkon tienoilta havaintoputkista Hp 23 ja Hp 24 (+86.33 ja +85.90 m mpy). Sen sijaan noiden havaintopisteiden väliltä ei ole käytettävissä luotettavia pohjavesipintahavaintoja, joten

28.8.2017

varmuudella ei voida tietää putoaako pohjavesipinta äkisti (esim. pohjavesipinnan yläpuolisen kalliokynnyksen takia) vaiko tasaisesti ja vähitellen johtuen esimerkiksi moreenikerrostumista tai osittaisesta kalliokynnyksestä. Liitteeseen 4 merkitty pohjavesipintahavainto +90,0 m mpy on vanha ja epävarma tieto, eikä kyseistä havaintopistettä (kaivo) ole enää olemassa. Pohjavesipinta esitetään kuitenkin siten, että se laskee tasaisella gradientilla kohden pohjoista ja Lapinlahtea (järveä) joka toimii pohjavesien alimpana purkutasona.

Pohjavettä alueella varastoituu erityisesti pohjoisosan ja eteläosan (liite 5) kallioperän painannealueilla, joissa pohjavesivyöhykkeen kokonaispaksuus on noin 30 – 50 metrin luokkaa. Sen sijaan keskeisellä harjuaalueella pohjavesivyöhykkeen paksuus on otaksuttua vähemmän, ainoastaan noin 10 – 15 metrin luokkaa. Liitekarttaan 5 merkityillä vaaleanpunaisilla alueilla ei pysyvää pohjavesivyöhykettä kallioperän korkean aseman takia ole käytännössä ollenkaan, alueilla kuitenkin muodostuu pohjavettä.

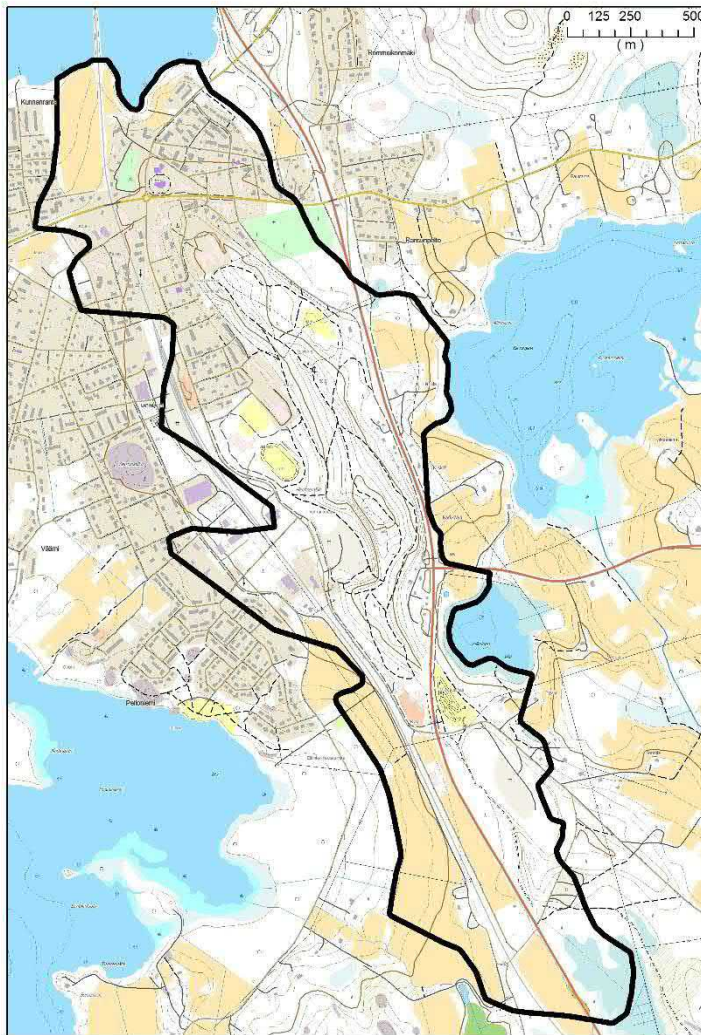
Alueella nyt sekä aiemmin tehtyjen hydrogeologisten selvitysten perusteella (ml. jäljempänä esitetty virtausmallinnus) voidaan Haminämäki-Humpin pohjavesialueen rajausta muuttaa liitteessä 14 esitetyn mukaisesti. Käytännössä sekä pohjavesialueen että muodostumisalueen pinta-alat tulisivat laajenemaan merkittävästi. Erityisesti rajauserämuutoksia on pohjavesialueen pohjoisosassa taajama-alueella sekä lounaisosassa.

7 POHJAVEDEN VIRT AUSMALLI

7.1 Haminämäki – Humppi: Virtausmallinnusalue

Pohjaveden virtausmallinnusalue pyritään rajamaan siten, että siihen kuuluva harjuaalue rajoittuu mahdollisimman hyvin pohjaveden virtauksen kannalta mielekkäisiin maastoalueisiin, kuten vesistöihin tai pohjavettä johtamattomiin tiiviisiin maakerrostumiin ja kalliomäkiin tai alueisiin, jonne pohjavesiä purkautuu. Samalla pyritään siihen, että mallinnusalueella lajittuneen maakerroksen paksuus olisi minimissään kahden metrin luokkaa. Kuvassa 7 on esitetty Lapinlahden Haminämäki – Humppi – pohjavesialueen virtausmallinnusalue. Sen pituus luode-kaakkosuunnassa on n. 4 km ja pinta-ala n. 300 ha.

28.8.2017



Kuva 7. Pohjaveden virtausmallinnusalue (pinta-ala n. 300 ha)

7.2 Mallinnuksen tausta

Harjualueen pohjaveden virtausmalli tehtiin Groundwater Modeling System (GMS) – virtausmallinnusohjelmistolla. Malli on ns. ”steady state” 1 – kerros – malli, jossa pohjaveden virtaus pyritään saamaan mahdollisimman hyvin tasapainoon malliin tulevan ja siitä poistuvan pohjaveden määrän suhteen (= steady state).

Virtausmallinnusohjelma laskee virtausmalliin syötetyn lähtöaineiston (pohjavedeksi imeytyvän sadannan määrä, maalajien vedenjohtavuusarvot, virtausmalliin annetut reunaehdot sekä niihin liittyvät parametrit, maanpinnan taso, kalliopinnan tai tiiviin maakerroksen pinnan taso) numeeristen arvojen pohjalta pohjavedenpinnan aseman (head) mallinnusalueella.

28.8.2017

Ohjelmaan liittyvän partikkelimallinnuksen (MODPATH) avulla voidaan havainnollistaa pohjaveden virtausreittejä ottamoille. Samalla saadaan ohjelman laskema ennuste siitä, kuinka laajalle alueelle ottamon imuvaikutus (ns. "kaappaus alue") ulottuu pohjavesivyöhykkeessä eri virtausmallinnussimulaatioissa annetuilla ottomäärillä.

7.3 Mallinnuksen tavoitteet

Lapinlahden harjualueen rakennetutkimustiedon pohjalta arvioitiin, että rakennetiedon määrä ja tarkkuus riittävät parhaiten ns. steady state – yksikerrosmallin laadintaan. Toteutuneessa yksikerrosmallissa Haminämäki – Humppi – alueen virtausmallinnusalue on käsitelty maanpinnasta kalliopintaan saakka yhtenä hilaverkkona (grid), jossa yksittäisen hilan ruutukoko on 10 x 10 metriä. Ottamokaivon alueella käytettiin tihennettyä hilaverkkoa.

Mallinnuksen tavoitteena oli saada yleinen ja yhtenäinen kuva pohjavedenpinnan tasoista, purkaussuunnista sekä pinnan viettosuunnista virtausmallinnusalueella ja ennuste siitä, kuinka laaja alue on pohjavedenottamon välittömässä vaikutuspiirissä (ns. kaappausalue) nykyisellä keskimääräisellä ottomäärällä (490 m³/vrk). Lisäksi mallintamalla simuloitiin vastaavasti tilanteita, jossa pohjaveden ottomääräksi asetettiin virtausmalliin 800 m³/vrk ja 1 000 m³/vrk.

7.4 Aineistot mallinnusta varten

7.4.1 Pinta-aineistot (maa- ja kalliopinta)

Pohjaveden virtausmallia varten laaditussa yksikerrosmallissa koko virtausmallinnusalue käsiteltiin yhtenäisenä maanpinnasta kalliopintaan saakka ulottuvana hilaverkkona (ns. finite difference grid). Yksittäisen hilan ruutukooksi määriteltiin 10 x 10 metriä. Hilojen korkeus määryytyy maakerrospaksuuden mukaan.

Hilaverkon pinnan tasoksi määriteltiin maanpinnan taso (m mpy, N2000), joka saatiin Maamittauslaitoksen laserpistepilviaineistosta. Hilaverkon pohjan tasona käytettiin alueelle interpoloimalla (Topo to raster) laadittua kalliopinnan pintamallia, joka perustuu olemassa olevaan aineistoon (vanhat tutkimusraportit, erityyppiset kartoitusaineistot) ja alueelle tämän tutkimuksen yhteydessä tehtyihin kairauksiin, pohjavesiputkiasennuksiin, painovoimamittauksiin ja maatulokaluotauksiin.

7.4.2 Sadanta ja imeytyminen

Virtausmalliin syötettiin arvio siitä, kuinka paljon vuosittaisesta harju-alueelle sataneesta vedestä keskimäärin imeytyy pohjavedeksi harjun eri osissa. Sadevedestä maaperään ja siitä pohjavedeksi suotautuvan veden määrään vaikuttaa maalajin ohella kasvillisuuden laatu ja ihmistoiminta (esim. asfaltoidut alueet, sora- ja kiviluotaukset). Yleisesti harju- ja kangasalueilla

28.8.2017

sadannasta muuttuu pohjavedeksi 30 – 60 % (Airaksinen 1978).

Vuosisadannan määrä laskettiin Lapinlahden Lamminkäyrän säähavaintoaseman vuoden 2016 mittausaineistosta, koska Haminämäki - Humppi -alueen pohjavesiputket asennettiin ja niiden vedenpintoja mitattiin pääosin (VRS - GPS – mittaus) syksyn 2016 aikana: Vuoden 2016 kokonaissademäärä oli 565 mm, josta arvioitiin keskeisellä harjualueella imeytyvän pohjavedeksi keskimäärin 40 %, harjun lievealueilla 30 % ja tiiviiden maakerrosten (siltti) sekä asfaltoiduilla alueilla 10 %.

7.4.3 Maalajien vedenjohtavuus (K – arvo)

Mallinnuksen kannalta keskeisin asia on jakaa mallinnettava harjualet vedenjohtavuusvyöhykkeisiin sen mukaan, miten raekooltaan erilaiset lajittuneet maalajit ovat sijoittuneet harjun eri osiin pohjavesivyöhykkeessä. Tämän jälkeen kullekin vedenjohtavuusvyöhykkeelle arvioidaan vedenjohtavuuskertoimen arvo (ns. K – arvo, perustuu kirjallisuuteen), joka kuvaa kunkin vedenjohtavuusvyöhykkeen pohjavesivyöhykkeessä olevien eri maalajien yhteistä keskimääräistä vedenjohtavuutta.

Haminämäki-Humppi virtausmallinnusalueella karkein soravaltainen ja parhaiten vettä johtava lajittunut harjuaines sijoittuu harjun keskiselänteeseen alueelle, sekä sen molemmiin puoliin. Lajittuneet maalajit ovat keskeisen harjualet pohjavesivyöhykkeessä pääosin erittäin hyvin vettä johtavia. Hienoin hiekka, joka on myös vettä johtavaa, sekä huonommin vettä johtava siltti, sijoittuvat harjun lievealueille (liite 12)

Yksittäisten maalajien vedenjohtavuutta kuvataan vedenjohtavuuskertoimen (K – arvo) avulla, Taulukossa 1 on kuvattu eri maalajien vedenjohtavuuksia.

Maalaji	K – arvo (m/s)	Kuvaus
Hyvin lajittunut sora	$10^{-2} - 10^{-4}$	Erittäin hyvin vettä johtava
Hyvin lajittunut hiekka	$10^{-3} - 10^{-5}$	Hyvin vettä johtava - vettä johtava
Hieno hiekka	$10^{-5} - 10^{-7}$	Vettä johtava - heikosti vettä johtava
Siltti, Moreeni	$10^{-6} - 10^{-8}$	Heikosti - huonosti vettä johtava

Taulukko 1. Kirjallisuuden mukaisia vedenjohtavuus eli K – arvoja (C. W. Fetter 2001).

7.4.4 Virtausmallin reunaehdot

Virtausmalliin tulevan veden ja siitä poistuvan pohjaveden määrää kontrolloidaan virtausmallinnuksessa ns. reunaehdoilla. Niitä määritetään yleisimmin vesistöjen rantoihin ja pohjavesien purkausalueille. Harjualetalla tai sen reunamilla olevat suuremmat vesistöt voivat olla kokonaan tai osittain yhteydessä pohjaveteen ja toimia siten harjun pohjaveden purku- tai pintaveden imeytymispaikkoina. Lapinlahdella virtausmallinnusalue rajautuu pohjoisessa Lapinlahti -järveen sekä idässä osin Savonjärveen. Matala (1.5 m) Valkeinen lampi on

28.8.2017

määritelty virtausmalliin pohjavesien purkauspaikkana. Lisäksi Lapinlahdella virtausmalliin on annettu reunaehto niin, että pohjavesiä purkautuu tihkupintoina jonkin verran taimitarhan peltoalueen länsioista Hujalanlahden suuntaan.

7.4.4.1 Vesistöt

Tässä tutkimuksessa virtausmallinnuskohteena olevalla harjualueella pääasiallisin pohjavettä täydentävä tekijä on sadanta. Järvet puolestaan voivat toimia joko pohjaveden purku- tai imeytymispaikkoina, kuten mallinnusalueen pohjoisosissa olevat Lapinlahti -järvi sekä mallinnusalueen länsipuolella sijaitseva Savonjärvi.

Niissä kohdin missä harju rajoittuu järviin, on järven rannat määritelty malliin ns. general head – reunaehdolla. Em. reunaehto mahdollistaa harjun pohjavesien purkautumisen järveen tai järveden imeytymisen malliin järven pohjan maalajin arvioidun vedenjohtavuuden ja siitä johdetun ns. konduktanssiarvon puitteissa. Konduktanssiarvon avulla voidaan virtausmallinnuslaskennassa ottaa huomioon, kuinka helposti vesi (pohjavesi tai järvivesi) pääsee suotautumaan esim. lammen tai järven pohjan sedimenttikerroksen läpi. Tässä yhteydessä on huomioitava, että tutkimuksissa ei ole selvitetty tarkemmin järvien ja harjun kontaktivyöhykkeiden rakennetta (esim. järven pohjan tiiviitä maalajeja tai mahdollisia liejukerroksia ja niiden paksuuksia), joiden pohjalta konduktanssiarvo laskentaan.

Alueen lampi (Valkeinen) sijoittuu virtausmallinnusalueen reunaosiin Savonjärven eteläpuolelle. Myös Valkeinen – lammen osalta ei ole tarkempaa tutkimustietoa siitä, miten hyvin se on yhteydessä läheiseen harjuun. Oletuksena tässä virtausmallinnustyössä on, että matala Valkeinen -lampi toimii pohjavesien purkauspaikkana.

7.4.4.2 Pohjaveden ottamot (ottamokaivot) ja pohjaveden havaintoputket

Mallinnusalueella on yksi pohjavedenottamo (Haminamäen ottamo). Siitä pumpattiin pohjavettä vuoden 2017 neljän ensimmäisen kuukauden aikana keskimäärin 486 m³/vrk.

Haminamäki – Humppi -pohjavesialueelle asennettiin vuonna 2016 uusia pohjavedenpinnan havaintoputkia 14 kpl (GM-150 – kalusto) ja ne kartoitettiin VRS-GPS – laitteistolla (syksy 2016). Putkista mitattuja vedenpinnan tasotietoja hyödynnettiin virtausmallinnuksen kalibrointivaiheessa.

7.2.4.3 Muut reunaehdot

Mallinnusalueen pohjavettä purkavat alueet (esim. lähteet, pohjaveden purkupaikkoina toimivat ojat ja lammet) on mallinnettu ns. drain – reunaehtona, jolloin virtausmallinnusohjelma voi poistaa niiden kautta mallista pohjavettä ko. reunaehdolle määritellyn purkutason ja maalajin vedenjohtavuuskertoimen sekä siitä johdetun konduktanssiarvon määräämänä.

28.8.2017

Haminämäki – Humppi – virtausmallissa Valkeinen lampi on määritelty pohjaveden purkupaikaksi (drain). Myös taimitarhan peltoalueen Hujalanlahden puoleinen reuna on määritelty malliin pohjaveden purkausalueena (drain) noin 800 metrin pituiselta matkalta.

Koska taimitarhan peltoalueen länsiosissa pohjavesi on paineellista, niin tälle alueelle määritelty drain – reunaehto kuvaa tihkualuetta, jonka alueella pohjaveden purkautumisen suuruutta on rajoitettu käyttämällä virtausmallissa alhaista konduktanssikertoimen arvoa. Todennäköisesti maalajit vaihtuvat em. alueelta länteen päin (Hujalanlahden suuntaan) mentäessä kauttaaltaan hyvin hienojakoisiksi (savi - siltti) ja vettä huonosti johtaviksi (vrt. maaperäkartta, liite 2). Siten on hyvin epätodennäköistä, että harjun pohjavesiä pääsisi varsinaisesti purkautumaan järveen Hujalanlahden alueella.

Harjun reunaosille, jotka rajoittuvat tiivisiin maakerroksiin (moreeni, hienot siltit, savet tai kallioalueisiin), on reunaehto määritelty niin, että pohjavettä ei voi poistua mallista niiden ”läpi” (ns. ”no flow boundary”): Näillä alueilla pohjaveden virtaus mallissa sallitaan vain reunaehdon suunnassa.

7.4.4.4 Mallin kalibrointi

Kalibrointi voidaan tehdä GMS – ohjelmassa manuaalisesti tai automaattisesti (ns. PEST - kalibrointi). Tässä mallinnustyössä kalibrointi tehtiin manuaalisesti, koska virtausmallinnusohjelman automaattinen kalibrointi ei toteuttanut eri maalajivyöhykkeiden vedenjohtavuusarvoja (K – arvoja) niin, että putkista mitatut pohjavesipintojen tasohavainnot olisivat toteutuneet lopullisessa virtausmallissa riittävällä tarkkuudella.

Käytännössä mallin manuaalisessa kalibroinnissa muutetaan virtausmallinnusalueelle rajattujen eri vedenjohtavuusvyöhykkeiden K – arvoja, kunnes virtausmalli toteuttaa mahdollisimman hyvin pohjavesiputkihavainnot. Lisäksi reunaehdoille annetaan arvot, joiden puitteissa ohjelman tulee laskennassaan pysyä (vesistöjen vedenpinnan tasot, pohjaveden purkutasot, konduktanssiarvot).

Lapinlahden virtausmallinnussimulaatioissa mallinnus toteutettiin pohjavedenpinnan tasohavainnot vedenottamolta länteen ja taajaman suuntaan vasta silloin, kun taajaman ja ottamon välisellä alueella kalliopinta määriteltiin malliin niin, että se kohoaa mallissa pohjaveden virtausta rajoittavaksi kynnykseksi. Ts. malli ennustaa, että jossain kohdin Lapinlahden vanhainkodin länsi-luoteispuolisella taajama-alueella kalliopinta kohoaisi ympäröivää kalliopinnan tasoa korkeammalle tasolle. Mallinnussimulaation mukaan pohjavesi kuitenkin pääsisi virtaamaan em. kalliokynnyksen yli.

Alla olevassa taulukossa 1 on esitetty mallinnusalueelle sijoittuvat uudet havaintoputket, jotka on asennettu ja kartoitettu VRS-GPS – laitteistolla syksyn 2016 aikana (putkien pohjavedenpinta sidottu VRS-GPS – mittaukseen). Sarakkeessa ”Erotus” on esitetty virtausmallinnusohjelman laskeman ja pohjavesiputkesta mitatun pohjavedenpinnan tason (m mpy, N2000) välinen ero metreinä manuaalisen kalibroinnin jälkeen.

28.8.2017

Vanha putkitunnus	Uusi putkitunnus	Mitattu pohjavesipinta (m mpy)	Mallinnuksella saatu pohjavesipinta	Erotus
Hp1ELY	26	94.87	94.74	0.13
Hp4ELY	29	94.91	95.07	-0.16
Hp5ELY	30	94.98	95.15	-0.17
Hp6ELY	31	95.20	95.31	-0.11
Hp1GTK	21	85.67	85.74	-0.07
Hp2GTK	22	86.33	86.29	0.04
HP3GTK	23	85.90	85.98	-0.08
Hp4GTK	24	94.85	94.44	0.41
Hp1LA	33	95.00	95.51	-0.51
Hp2LA	34	95.00	95.42	-0.42

Taulukko 2. Mallinnusalueen havaintoputket.

8. POHJAVEDEN VIRTAUSSIMULAATIOT

8.1 Johdanto

Haminämäki – Humppi -alueelta tehtiin kolme erillistä virtausmallinnussimulaatiota: Ensimmäisessä simulaatiossa mallinnettiin Lapinlahden toiminnassa olevan Haminämäen vedenottamon osalta vuoden 2017 neljän ensimmäisen kuukauden keskimääräistä ottoa ($490 \text{ m}^3/\text{vrk}$) vastaava tilanne. Toinen simulaatio tehtiin $800 \text{ m}^3/\text{n}$ vuorokausiotolla ja kolmas vastaavasti $1\,000 \text{ m}^3/\text{n}$ vuorokausiotolla.

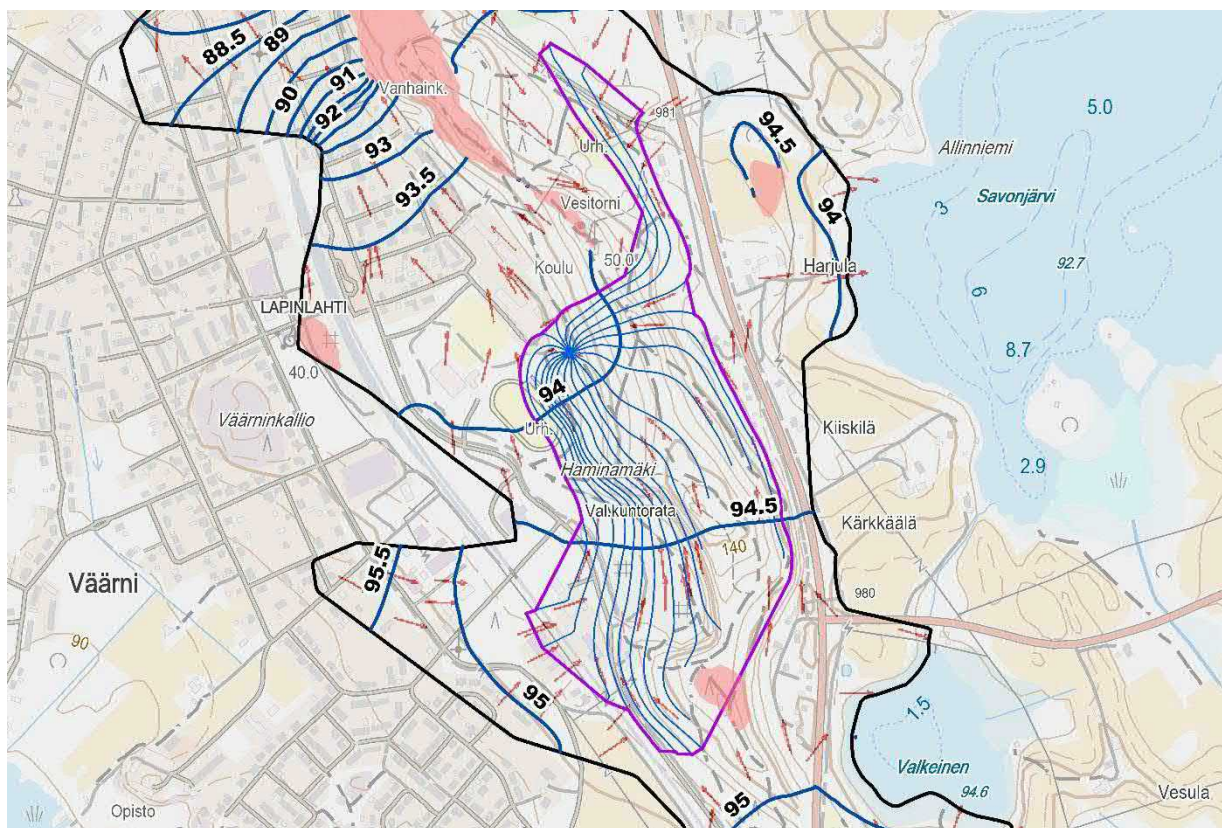
8.2 Haminämäen ottamo: Ottomäärä $490 \text{ m}^3/\text{vrk}$

Liitteessä 13 on esitetty virtausmallinnusohjelman laskemat pohjavesipinnan tasot ja pohjaveden virtaussuunnat koko mallinnusalueen osalta, sekä vedenottamon välittömässä vaikutuspiirissä oleva harjualue, kun ottomäärä on $490 \text{ m}^3/\text{vrk}$. Yleisesti ottaen voidaan todeta, että koko mallinnusalueen osalla pohjavesipinnan tasot viettävät Haminämäki – Humppi pohjavesialueen kakkosisosista kohden luodetta ja Lapinlahden taajama-alueen pohjoispuolella sijaitsevaa Lapinlahti – järveä. Myös pohjaveden liikesuunta on pääosin sama. Virtausmallin mukaan pohjavesiä purkautuu kuitenkin vesistöihin kaikkialla, joissa harju (virtausmallinnusalue) rajoittuu vesistöön.

Virtausmallinnusohjelmisto laskee pohjavesipintatasojen lisäksi ottamokaivon ympäristöön alueen, jolta pohjavettä virtaa ko. ottamokaivoon (ns. ”kaappausalue”). Kaappausalueen koko ja muoto määrittyy pääasiallisesti ottomäärän, kalliopinnan topografian sekä pohjavesivyöhykkeen pohjavettä johtavien harjumateriaalien sijainnin ja kerrospaksuuksien ohjaamana. Kuvassa 8 alla on esitetty virtausmallinnusohjelman laskema pohjaveden

28.8.2017

kaappausalue (vrt. edellinen kappale), kun Haminamäen ottamosta pumpataan pohjavettä 490 m³/vrk.



Kuva 8. Pohjavedenottamon vaikutuspiiriin (ottomäärä 490 m³/vrk) kuuluva harjuaalue (violetti raja) ja pohjaveden virtausreitit ottamolle (ohuet siniset viivat). Punaisella rasterilla on merkitty alueet, joissa virtausmallinussimulaation mukaan kalliopinta kohoaa yleisesti alueella vallitsevan pohjavesipinnan tason yläpuolelle (kalliokynnys tai alue, jolla on vain ajoittain pohjavettä). Siniset tasokäyrät (m mpy) ovat virtausmallinussimulaation laskemia pohjavedenpinnan tasokäyriä. Punaiset nuolet kuvaavat pohjaveden virtaussuuntia.

Saatujen simulaatiotulosten mukaan Haminamäen ottamon vaikutuspiiriin kuuluva pohjaveden kaappausalue (41 ha) rajautuu ottomäärällä 490 m³/vrk pääosin ottamon itä-, etelä- ja kaakkoispuolen keskeiselle harjuaalueelle harjun keskilänteen suunnassa. Ottamon imuvaikutus (kaappausalueen eteläosa) ulottuu simulaation mukaan maksimissaan noin 850 metrin etäisyydelle ottamosta eteläkaakkoon Matin ja Liisan aseman pohjoispuolelle. Idässä kaappausalue ulottuu, lähes 5 – tiehen saakka (korkean harjun keskilänteen itäpuolelle). Simulaatio ennustaa, että pohjavesiä pääsee virtaamaan ottamolle myös ottamon koillispuolisilta harjuaalueilta (kuva 8).

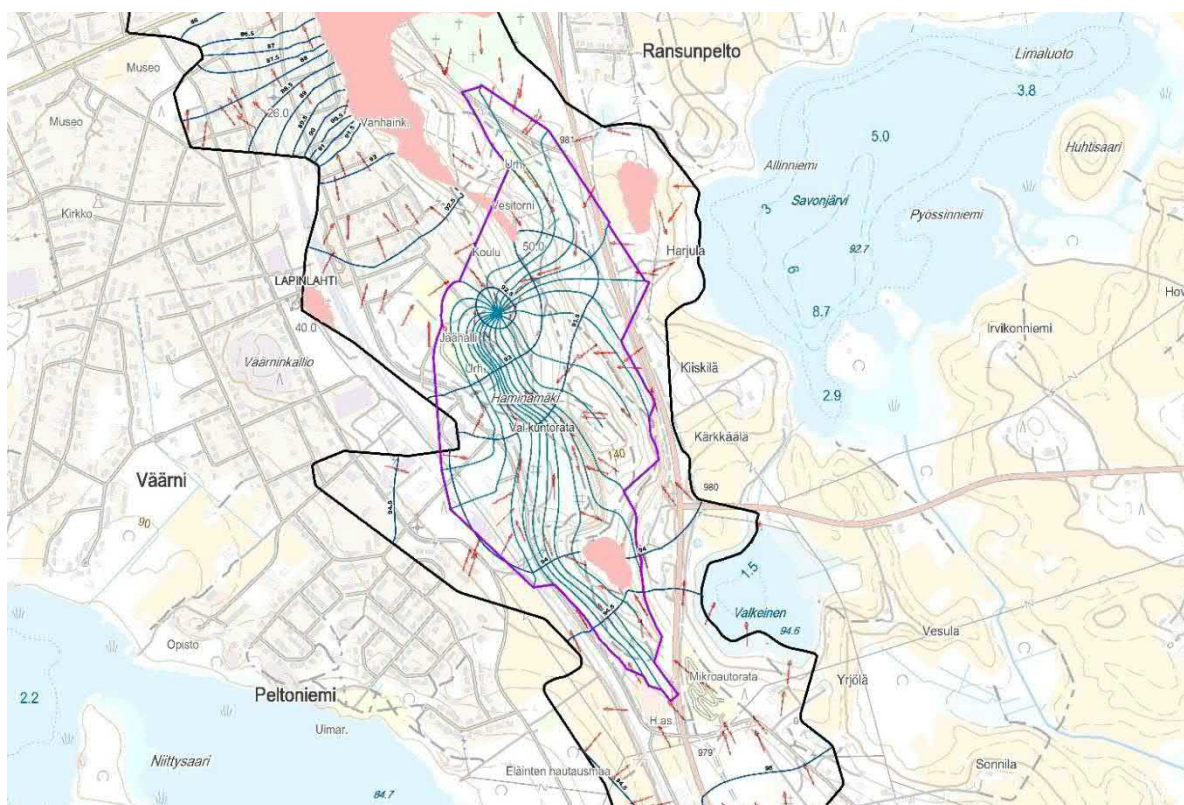
Pohjavesipinnan vietto ja pohjaveden yleinen virtaussuunta on koko virtausmallinussimulaation osalla eteläkaakosta taimitarhojen kautta kohden luodetta ja Lapinlahti -järveä, jonne pohjavesiä purkautuu simulaation mukaan n. 390 m³/vrk. Pohjavesiä purkautuu simulaation mukaan myös Savonjärveen (110 m³/vrk) sekä Valkeinen – lampeen (240 m³/vrk).

28.8.2017

Hujalanlahden itäpuolella olevan taimitarhan peltoalueen länsireunalla 800 metrin pituisella matkalla virtausmallin laskema pohjavesien purkaumamäärä (paineellisen pohjaveden tihku) on 220 m³/vrk.

8.3 Haminamäen ottamo: Ottomäärä 800 m³/vrk

Liitteessä 14 on esitetty virtausmallinnusohjelman laskemat pohjavesipinnan tasot ja pohjaveden virtaussuunnat koko mallinnusalueen osalta, sekä vedenottamon välittömässä vaikutuspiirissä oleva harjuaalue, kun ottomäärä simulaatiossa on 800 m³/vrk. Kuvassa 9 on esitetty virtausmallinnusohjelman laskema pohjaveden kaappausalue, kun Haminamäen ottamosta pumpataan pohjavettä 800 m³/vrk.



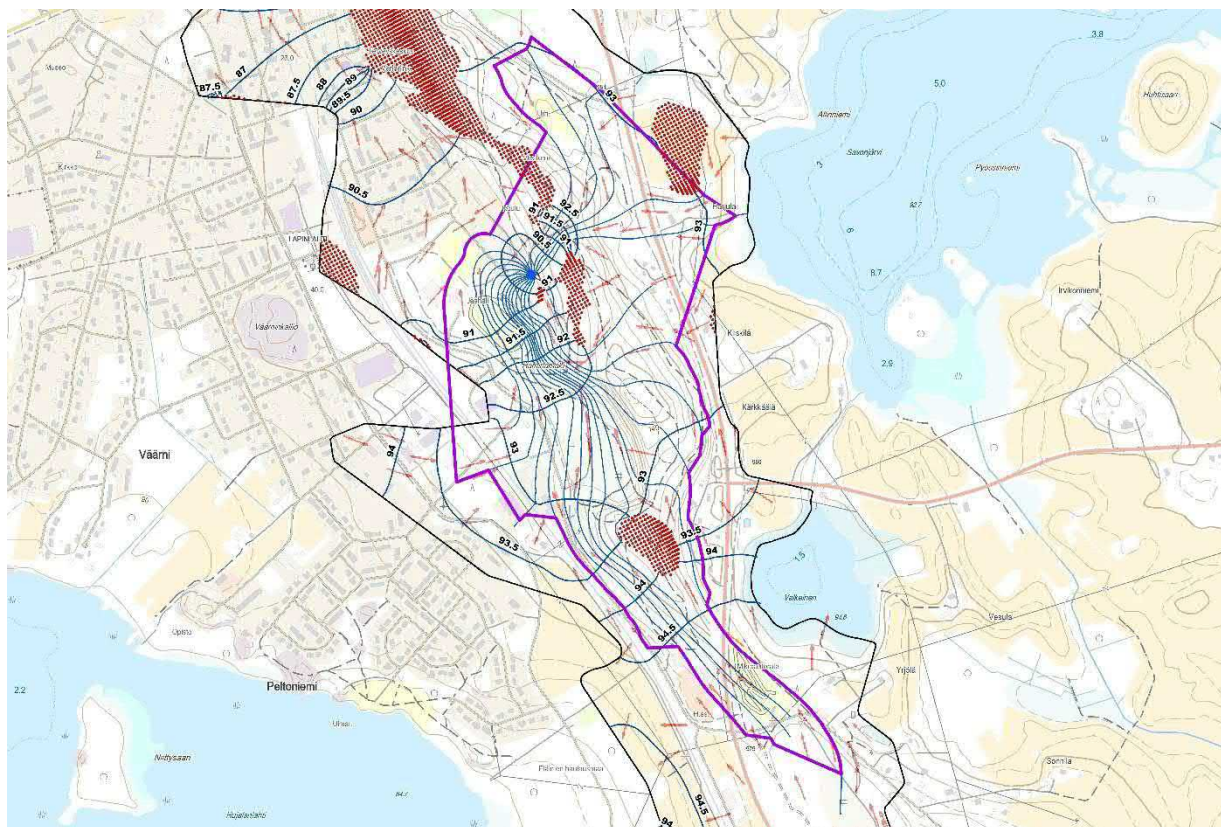
28.8.2017

(kaappausalue) ulottuu maksimissaan noin 1.2 kilometrin etäisyydelle ottamosta eteläkaakkoon Matin ja Liisan asemalle saakka.

Pohjavesipinnan vietto ja pohjaveden yleinen virtaussuunta on koko virtausmallinnusalueen osalla edelleen eteläkaakosta taimitarhojen kautta kohden luodetta ja Lapinlahti – järveä, jonne pohjavesiä purkautuu simulaation mukaan 270 m³/vrk, mutta Savonjärveen purkautuva pohjavesimäärä olisi enää 10 m³/vrk. Valkeinen – lampeen purkautuvaksi pohjavesimääräksi malli ennustaa 135 m³/vrk. Taimitarhan länsireunalla 800 metrin pituisella matkalla virtausmallin laskema pohjavesien purkaumamäärä (paineellisen pohjaveden tihku) on 200 m³/vrk.

8.4 Haminamäen ottamo: Ottomäärä 1 000 m³/vrk

Liitteessä 15 on esitetty virtausmallinnusohjelman laskemat pohjavesipinnan tasot ja pohjaveden virtaussuunnat koko mallinnusalueen osalta, sekä vedenottamon välittömässä vaikutuspiirissä oleva harjualue, kun ottomäärä virtausmallinnussimulaatiossa on 1 000 m³/vrk.



Kuva 10. Pohjavedenottamon vaikutuspiiriin (ottomäärä 1 000 m³/vrk) kuuluva harjualue (violetti raja) ja pohjaveden virtausreitit ottamolle (ohuet siniset viivat). Punaisella rasterilla on merkitty alueet, joissa virtausmallinnussimulaation mukaan kalliopinta kohoo yleisesti alueella vallitsevan pohjavesipinnan tason yläpuolelle (kalliokynnys tai alue, jolla on vain ajoittain pohjavettä). Siniset tasokäyrät (m mpy) ovat virtausmallinnusohjelman laskemia pohjavedenpinnan tasokäyriä. Punaiset nuolet kuuvavat pohjaveden virtaussuuntia.

28.8.2017

Saatujen simulaatiotulosten mukaan Haminamäen ottamon vaikutuspiiriin kuuluva pohjaveden kaappausalueen pinta-ala on 79 ha ottomäärällä 1 000 m³/vrk. Haminamäen ottamon välittömässä vaikutuspiirissä oleva harjualue laajenee edelleen ottamon ympäristössä keskeisen harjualueen osalla niin, että kaappausalue yltää idässä 5 – tien itäpuolella sijaitsevan Savonjärven rantaan saakka. Ottamon imuvaikutus ulottuu maksimissaan noin 1.5 kilometrin etäisyydelle ottamosta eteläkaakkoon motocross radalle ja sen eteläpuolisille sora- ja hiekkasuonoalueille saakka sekä osin taimitarhan peltoalueen pohjois-itäreunamille saakka.

Yleinen virtausmallinnusalueen pohjavesipintojen vietto ja pohjavesien virtaussuunta on (ottomäärä 1 000 m³/vrk) luoteeseen kohden Lapinlahti – järveä, jonne pohjavesiä purkautuu simulaation mukaan n. 210 m³/vrk. Valkeinen – lampeen purkautuva pohjavesimäärä on enää 70 m³/vrk. Taimitarhan länsireunalla 800 metrin pituisella matkalla virtausmallin laskema pohjavesien purkaumamäärä (paineellisen pohjaveden tihku) on 180 m³/vrk. Simulaatio ennustaa, että 1 000 m³:n vuorokausiottolla pohjavesiä alkaisi imeytymään pieniä määriä ottamon suuntaan Savonjärvestä (50 m³/vrk).

8.5. Virtausmallinnustulosten yhteenveto

Lapinlahden harjualueelle laadittiin pohjaveden virtausmalli, jossa pohjavesien virtausta simuloitiin kolmella eri ottomäärällä (490 m³/vrk, 800 m³/vrk ja 1 000 m³/vrk). Mallinnustyö toteutettiin käyttäen tarkoitukseen soveltuvaa virtausmallinnusohjelmistoa (GMS – ohjelmisto). Mallinnuksen tavoitteena oli saada yleinen ja yhtenäinen kuva pohjavedenpinnan tasoista, purkaussuunnista sekä pinnan viettosuunnista virtausmallinnusalueella sekä kuva pohjavedenottamon välittömässä vaikutuspiirissä olevan harjualueen laajuudesta kullakin mallinnetulla ottomäärällä. Saadut tulokset palvelevat ensisijaisesti kaavoitusta sekä pohjaveden oton suunnittelua ja toteutusta.

Saatujen virtausmallinnustulosten mukaan pohjavedenpinnan tason yleinen vietto ja virtaussuunnat ovat Lapinlahden virtausmallinnusalueella kaikilla kolmella ottomäärällä simuloitaessa mallin kaakkoisosista (taimitarhan kaakkoispuoli) kohden luodetta ja Lapinlahti – järveä. Nykyisellä keskimääräisellä ottomäärällä (490 m³/vrk) malli ennustaa, että pohjavesiä virtaa ja purkautuu myös Savonjärveen ja Valkeinen -lampeen.

Suuremmilla ottomäärillä (800 m³/vrk ja 1 000 m³/vrk) vesien purkautuminen Savonjärveen loppuu tai Savonjärvestä alkaa jopa imeytyä järvivettä malliin. Suurimmalla ottomäärällä (1 000 m³/vrk) malli ennustaa, että pohjaveden purkautuminen Valkeinen – lampeen vähenee huomattavasti ja samalla Savonjärven suunnalta alkaisi imeytyä pieniä määriä järvivettä pohjavedeksi (rantaimeytyminen).

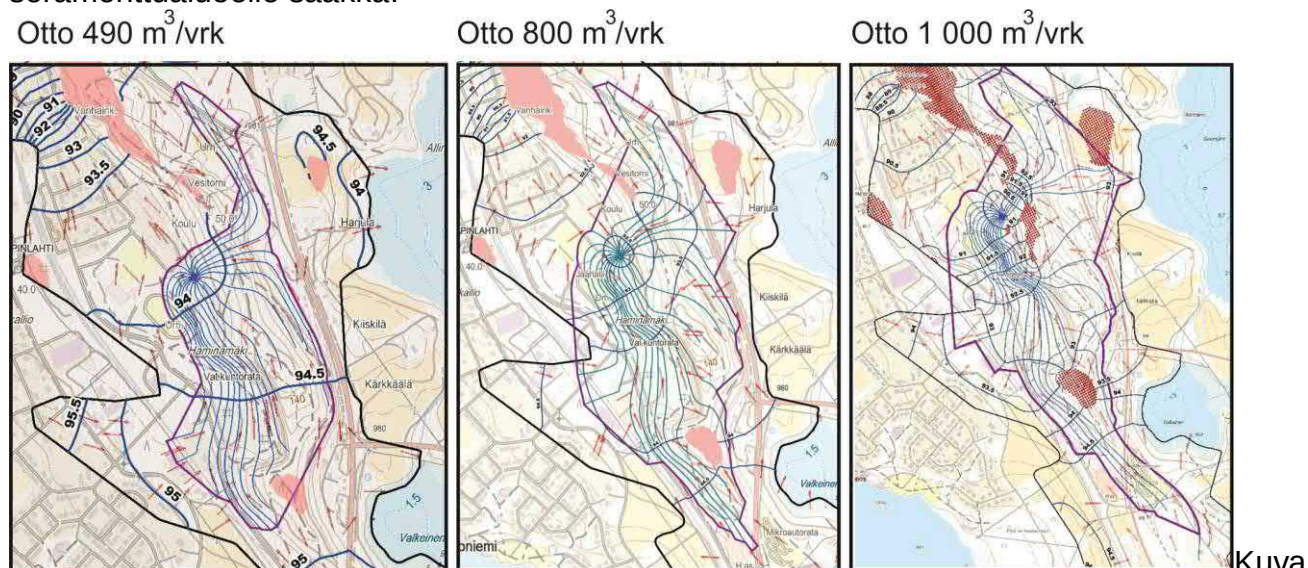
28.8.2017

Paikka	Ottomäärä		
	490 m ³ /vrk	800 m ³ /vrk	1 000 m ³ /vrk
Lapinlahti -järvi	-390 m ³ /vrk	-270 m ³ /vrk	-210 m ³ /vrk
Savonjärvi	-110 m ³ /vrk	-10 m ³ /vrk	+50 m ³ /vrk
Valkeinen -lampi	-240 m ³ /vrk	-135 m ³ /vrk	-70 m ³ /vrk
Taimitarhan länsireuna	-220 m ³ /vrk	-200 m ³ /vrk	-180 m ³ /vrk

Taulukko 3. Virtausmallinnusohjelmiston laskemat pohjaveden vuorokautiset purkautumismäärät (miinusmerkkiset luvut) sekä rantaimeytymisen suuruus (plus – merkinen luku) eri ottomäärillä

Virtausmallinnusohjelmisto laskee ottamon välittömässä vaikutuspiirissä olevan harjualueen laajuuden (ns. kaappausalue) mallinnusohjelmalle annetuilla ottomäärillä sekä simuloi samalla pohjaveden virtausreitit kaappausalueella ottamolle. Kaappausalueen koko määräytyy ensisijaisesti sen mukaan, kuinka paljon ottamolta pumpataan pohjavettä.

Kuvassa 11 on esitetty kaappausalueiden laajuudet eri ottomäärillä (vrt. luku 10). Nykyisellä keskimääräisellä otolla (490 m³/vrk) alue on pinta-alaltaan 41 ha ulottuen ottamolta Matin ja Liisan aseman pohjoispuolelle. On kuitenkin huomioitava, että pohjavesiä virtaa kaappausalueelle kaakosta, taimitarhan ja 5 – tien suunnalta. Suuremmalla 800 m³/vrk – otolla kaappausalue laajenee Matin ja Liisan asemalle saakka ja on kooltaan 66 ha. Kun ottomäärää kasvatetaan 1 000 m³/vrk, niin kaappausalue on kooltaan 76 ha ja yltää ottamolta 1.5 km:n etäisyydelle eteläkaakkoon motocross radalle ja sen kaakkoispuolen soraomnttualueelle saakka.



Kuva 11. Pohjavedenottamon välittömässä vaikutuspiirissä oleva harjualue (violetti raja) simuloituna eri ottomäärillä.

28.8.2017

9 JOHTOPÄÄTÖKSET JA YHTEENVETO

Haminämäki-Humpin tärkeän pohjavesialueen (0840202) kokonaispinta-ala on noin 3,13 km² ja pohjaveden muodostumisalueen pinta-ala on noin 2,26 km². Alueella on arvioitu muodostuvan pohjavettä noin 1 900 m³ vuorokaudessa. Tutkimuksessa rajattu pohjavesien virtausmallinnusalue oli vajaa puolet pohjavesialueen kokonaispinta-alasta.

Suurimmat maakerrospaksuudet tavoitettiin kairauksin aivan kankaan pohjoisosassa lähellä Honkalahden rantaa, jossa kokonaismaapeitteen paksuus oli noin 50 m ja materiaali oli hyvin lajittunutta harjutavaraa, karkeaa hiekkaa, soraa ja kivistä soraa. Pohjavesiputkihavaintojen perusteella pohjavedenpinta alueella vaihtelee varsin paljon, tasossa noin +86 - +95 m mpy. Pohjavesivyöhyke on paksuimmillaan noin 50 m luokkaa sekä alueen pohjois- että eteläosassa, keskiosissa aluetta pohjavesivyöhykkeen paksuus on parinkymmenen metrin luokkaa.

Pohjaveden virtaus suuntautuu harjun pituussuunnassa aivan eteläosasta alkaen kohti pohjoista ja Lapinlahden taajamaa. Pohjaveden pinta laskee Väärnikallioiden ja hautausmaan välisellä alueella lyhyellä matkalla tasosta +95 m mpy noin tasolle +86 m mpy, mikä ei normaaleissa harjuolosuhteissa ole mahdollista ja alueella täytyy olla pohjaveden virtausta haittaava/estävä kalliokynnys. Näiden tai aikaisempien tutkimusten yhteydessä asiaan ei kuitenkaan saatu varmuutta.

Pohjaveden virtausmallin ja alueen geologisen rakenteen perusteella voidaan päätellä, että harjumuodostuma on geologisesti yhtenäinen etelästä Humpin alueelta pohjoiseen Kunnanrantaan Lapinlahden(järven) rantaan saakka. Sen sijaan Haminämäen ottamon kaivolle pohjavedet virtaavat pääasiassa etelän suunnasta sillä pohjoisen suunnasta virtausta ahdistaa joko kallio tai moreeniselänne, joka nousee pohjavesipinnan tuntumaan ja yläpuolelle. Kynnyksen tarkkaa sijaintia ei voi esittää, mutta se sijaitsee pohjavesialueeseen nähden poikittain. Vedenottamon valuma-alueen raja pohjoisen suunnassa on vain muutaman sadan metrin päässä vedenottamon kaivosta.

Lapinlahden yleiskaavoituksen kannalta ajateltuna ja Haminämäen ottamon valuma-alueen kannalta, vesitorni/Väärnikallio linjalta pohjoiseen oleva pohjavesialueen osa vaikuttaisi olevan erillään muusta pohjavesialueesta ja siellä muodostuvat pohjavedet virtaavat pohjoiseen purkautuen Lapinlahteen, eivätkä etelään pohjavedenottamon suuntaan.

Eteläosassa Valkeisen, mikroautoradan ja VR:n montun alueella olevan korkeahkon kallioalueen tarkempi sijoittuminen ja asema suhteessa pohjavedenpintaan jäi hiukan avoimeksi ja se vaikuttaa pohjavesien virtaukseen etelän suunnasta vedenottamolle. Mikäli alueella on selkeä kalliokohouma, aiheuttaa se käytännössä sen, että pohjavesiä pääsee helpommin virtaamaan taimitarha-alueen suunnasta pohjoiseen vedenottamoa kohti. Ajatusta tukee myös alueen havaintoputkista tehdyt torjunta-ainehavainnot ja se että pohjavedenottamon pumppausmäärien puolittaminen (noin 1000 -> 500 m³/d) on vähentänyt ottamon veden ja myös välialueen havaintoputkien torjunta-ainepitoisuuksia.

28.8.2017

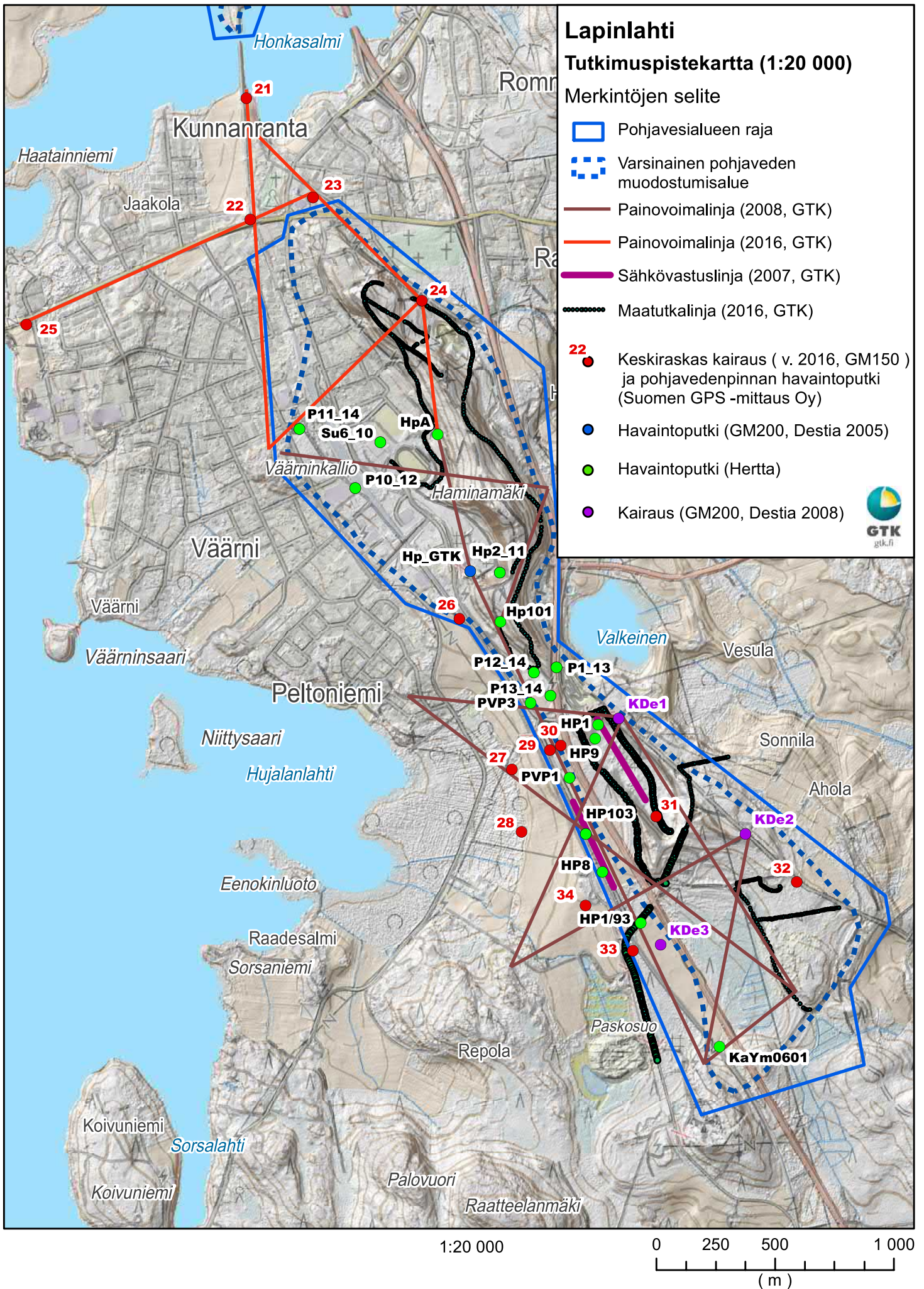
Nyt tehtyjen ja aiempien tutkimusten perusteella Haminämäki-Humpin pohjavesialueen rajausten muutokselle löytyy vankat hydrogeologiset perusteet. Pääosalla aluetta sekä muodostumis- että pohjavesialueen rajaukset laajenevat, ainoastaan alueen eteläosassa sekä itärajalla alue pienenee tai pysyy samana. Eniten alue laajenee sekä pohjoisosassa taajama-alueella että lounaisosassa taimitarhan alueella. Huomioitavaa kuitenkin on, että keskeisellä taajama-alueella tutkimuspisteiden ja –linjojen määrä on kuitenkin vähäinen ja toisaalta tehtyihin tulkintoihin liittyy aina epävarmuuksia.

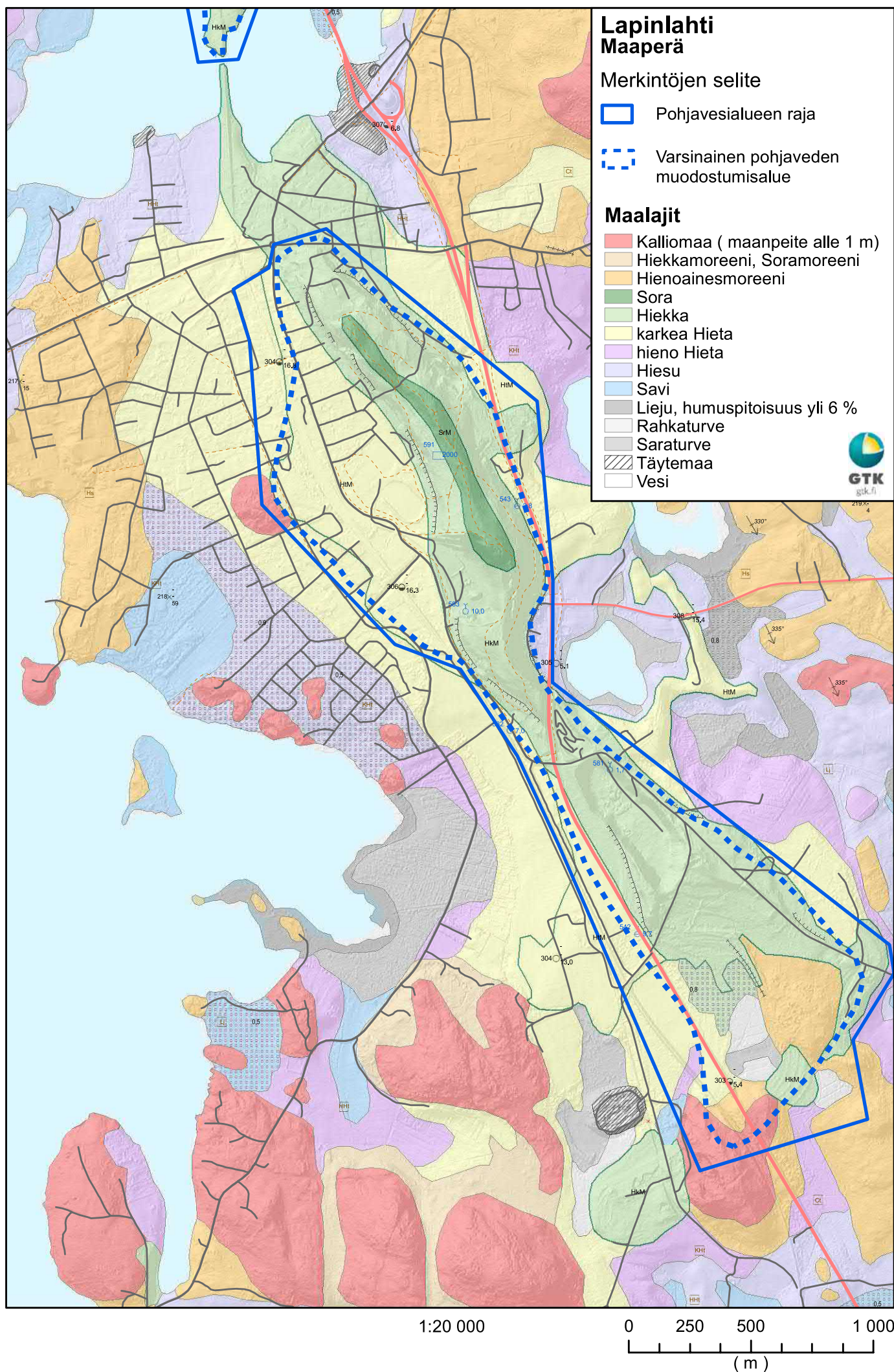
10 JATKOTOIMENPIDE-EHDOTUKSET

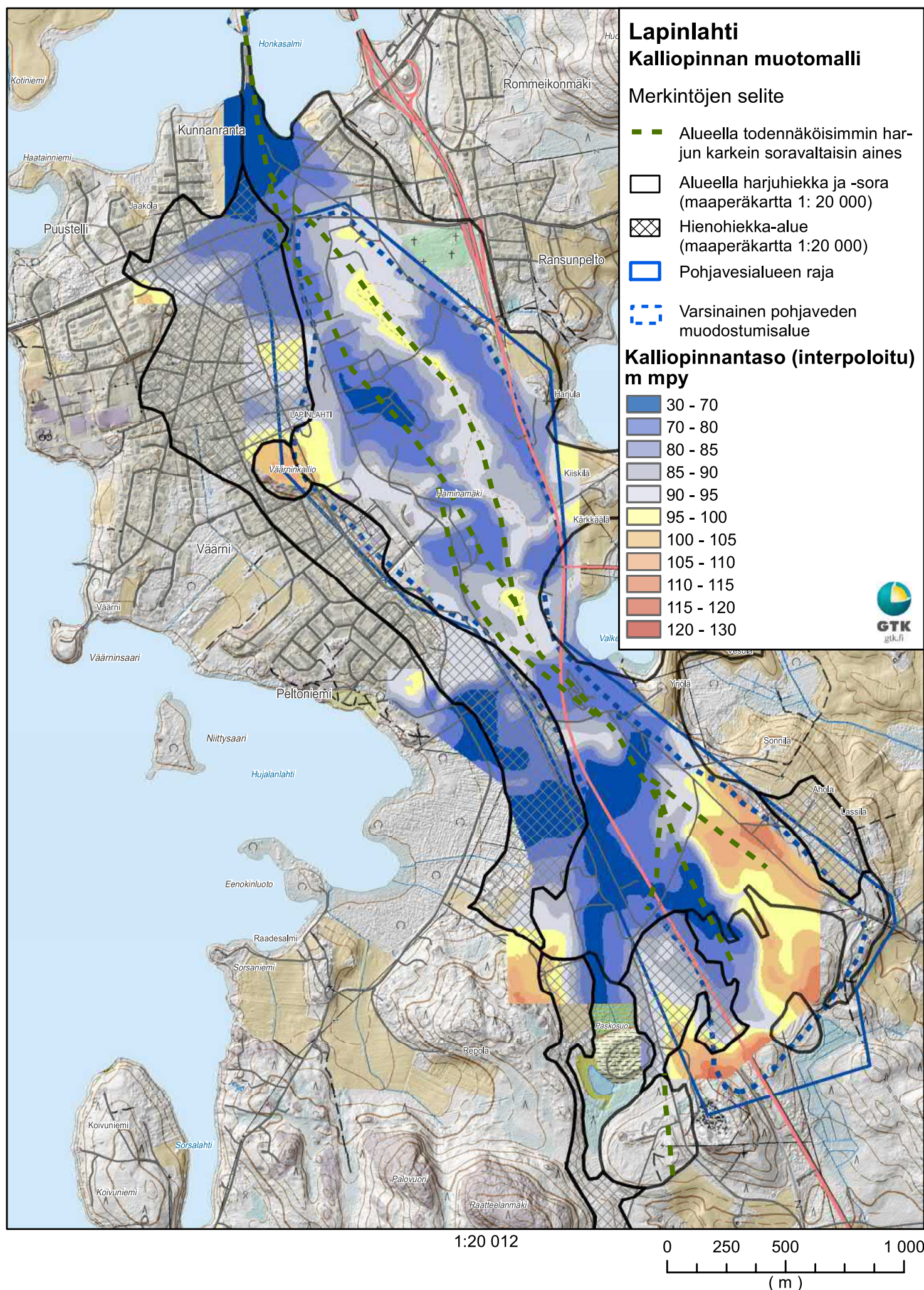
Lapinlahden taajama-alueella olisi syytä tehdä lisätutkimuksia ja etenkin pohjavedenottamon ja Kunnanrannan välisellä alueella sijaitsevan pohjavesien virtausta heikentävän/estävän kynnyksen paikan tarkka selvittäminen hyödyntäisi mm. vedenottamon valuma-alueen tarkkaa paikantamista. Aluetta olisi mahdollista tutkia painovoimamittauksin, sillä taajama-alueella muiden menetelmien käyttö on hankalaa ja osin mahdotontakin monenlaisten häiriötekijöiden vuoksi. Toisaalta alueelle olisi syytä asentaa myös muutama uusi pohjaveden havaintoputki sopiviin kohtiin varmistamaan pohjavedenpinnan asemaa.

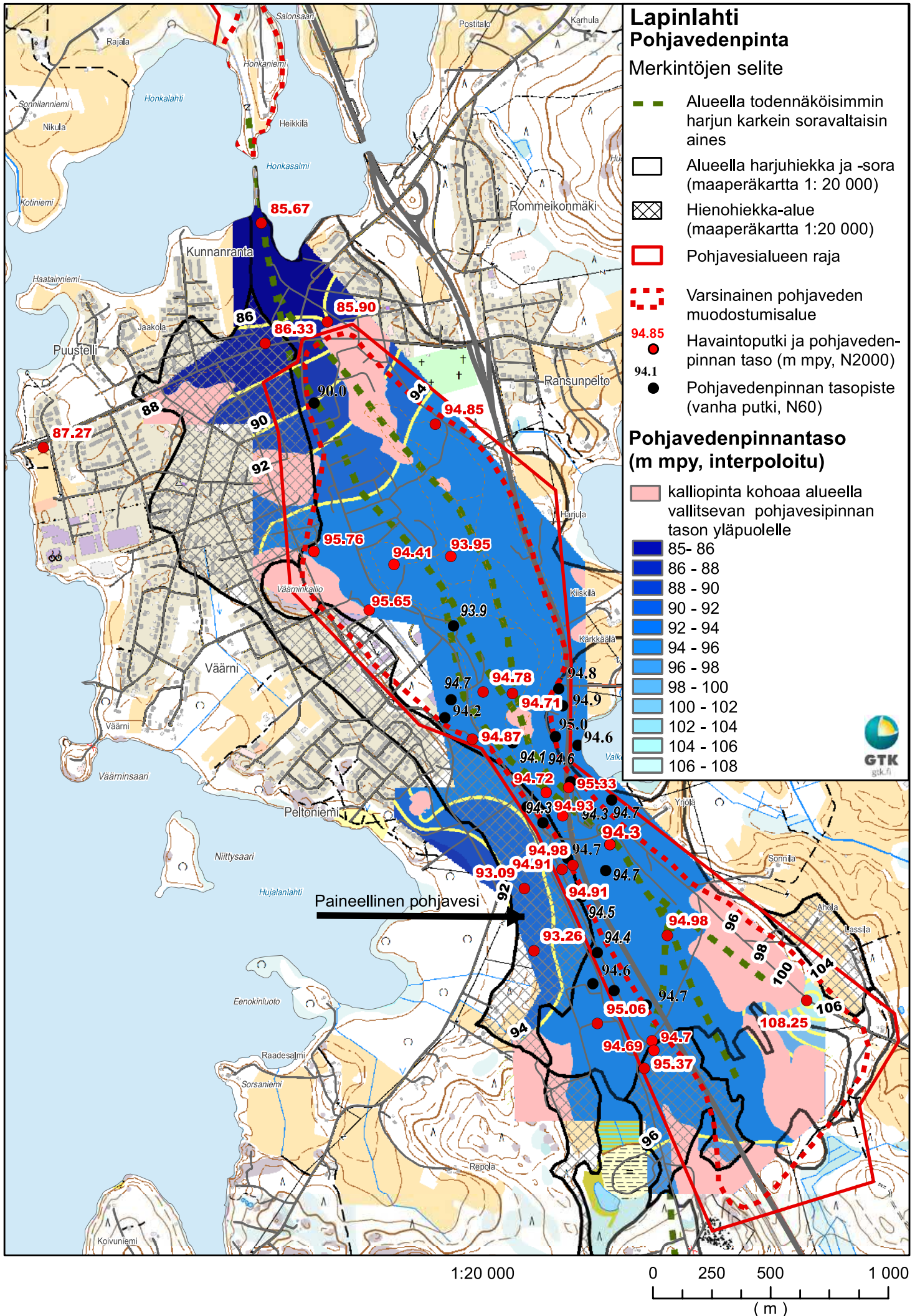
Painovoimamittauksissa on mahdollista hyödyntää nykyisiä olemassa olevia kairaustietoja ja työ pitää tehdä ns. GPS-mittauksena, koska tutkimusalueella on runsaasti taloja ja muuta infrastruktuuria, joka vaikeuttaa suorien tutkimuslinjojen tekemistä. Tarkentavien painovoimamittausten avulla alueella sijaitsevan pohjavesikynnyksen todentaminen on mahdollista.

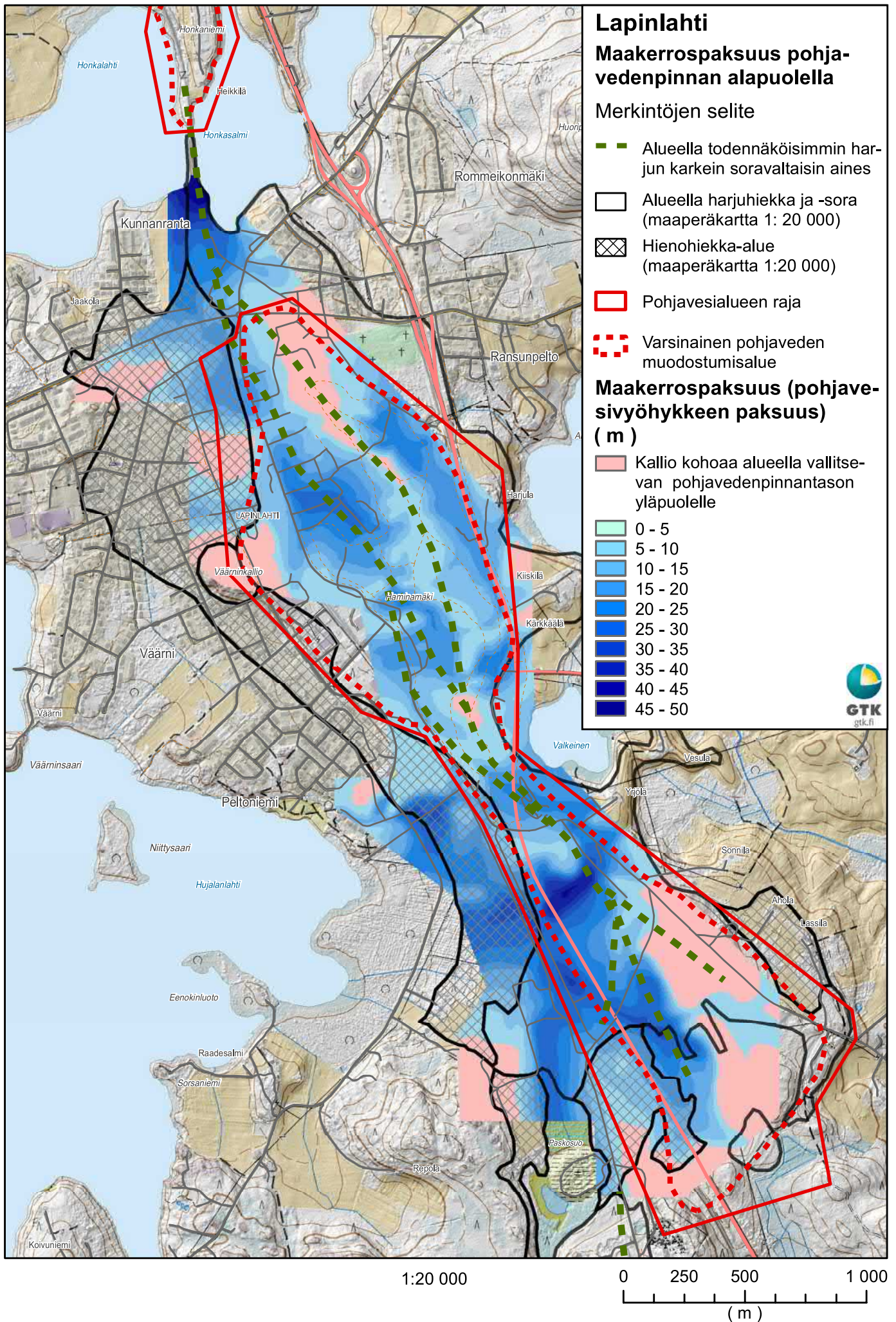
Tutkimusalueen pohjoisosan pohjaveden laadun selvittämiseksi alueelle asennetuista uusista pohjavesiputkista olisi syytä ottaa vesinäytteet sekä tehdä in situ profiilimittauksia pohjaveden kerrostuneisuuden selvittämiseksi.

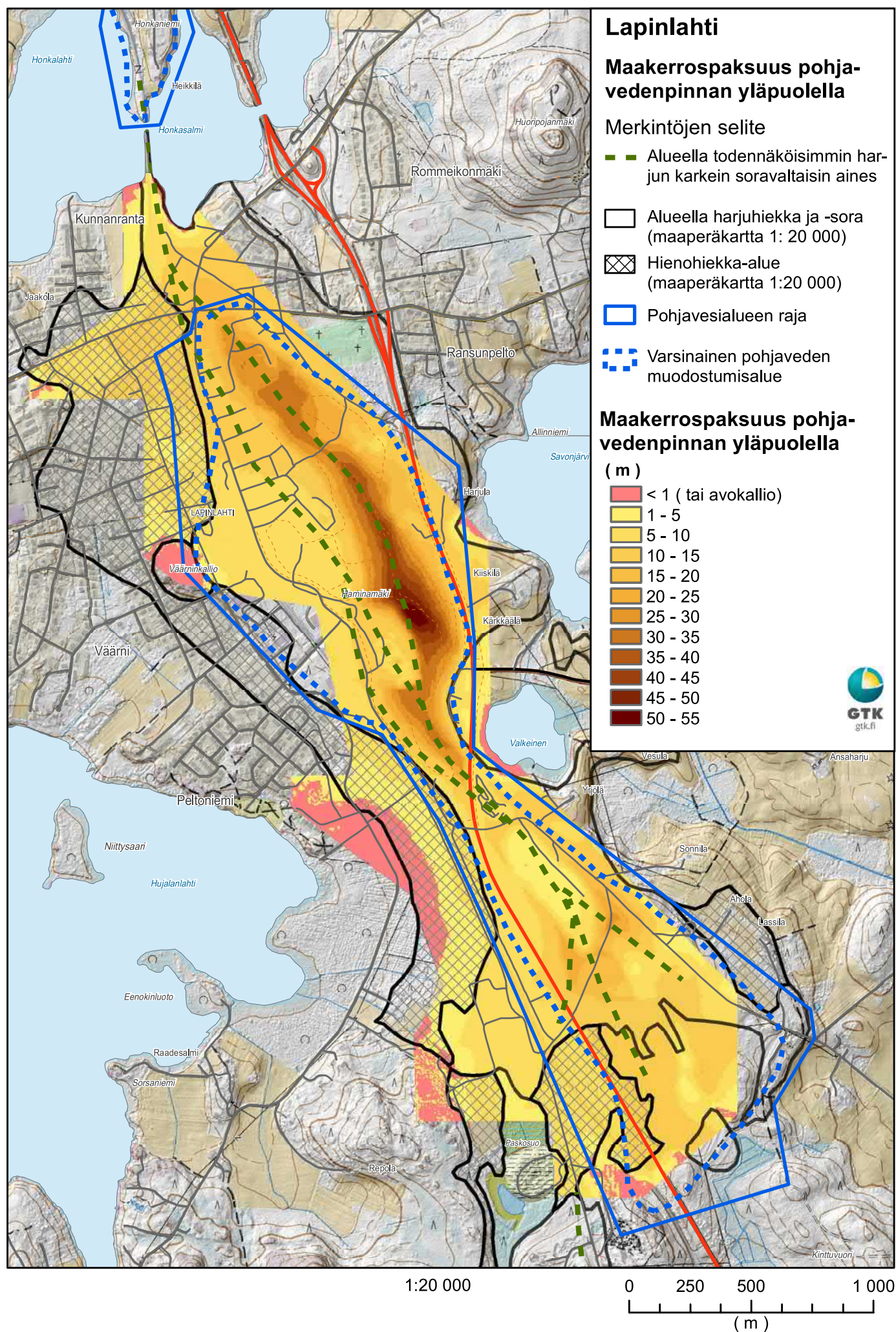


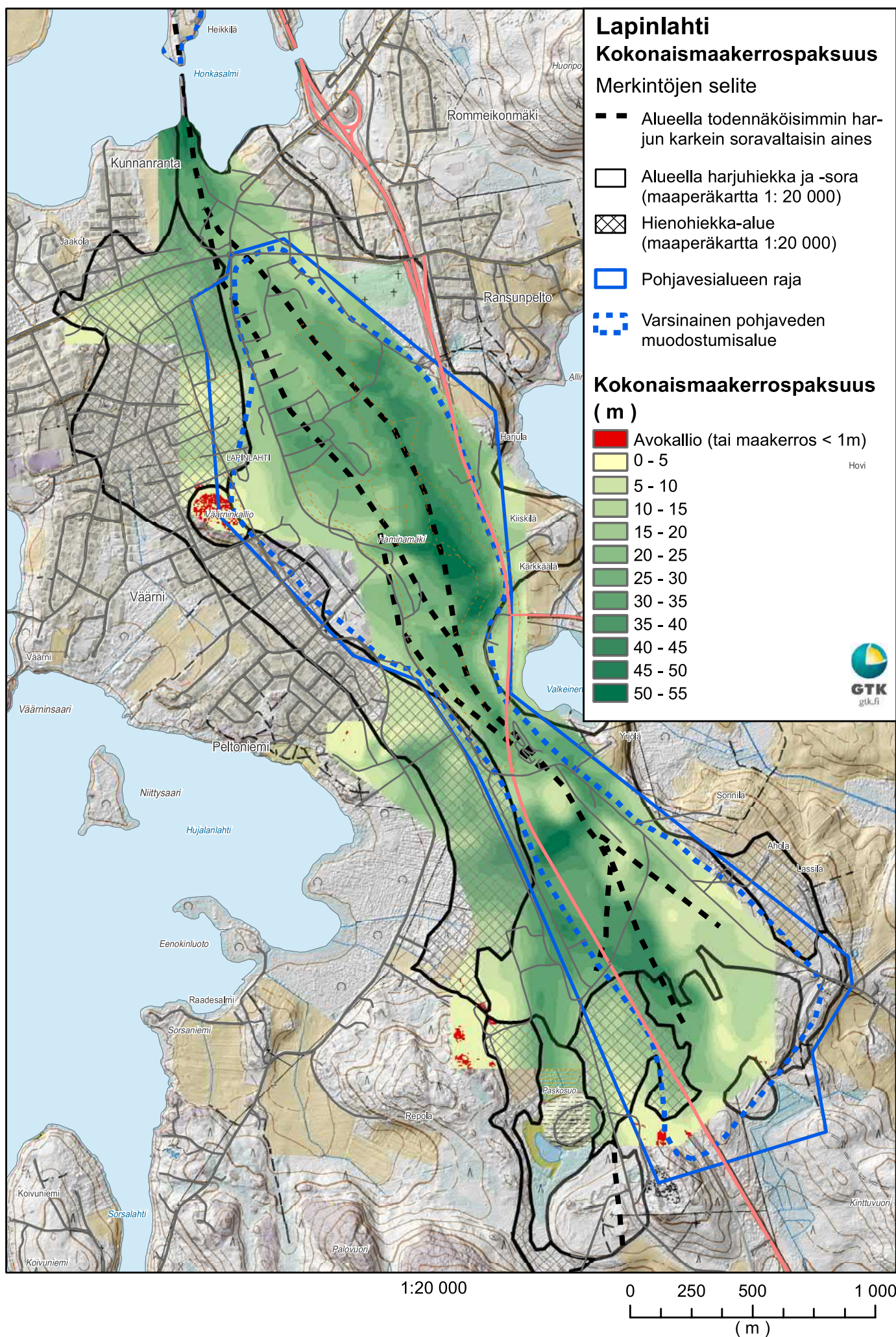




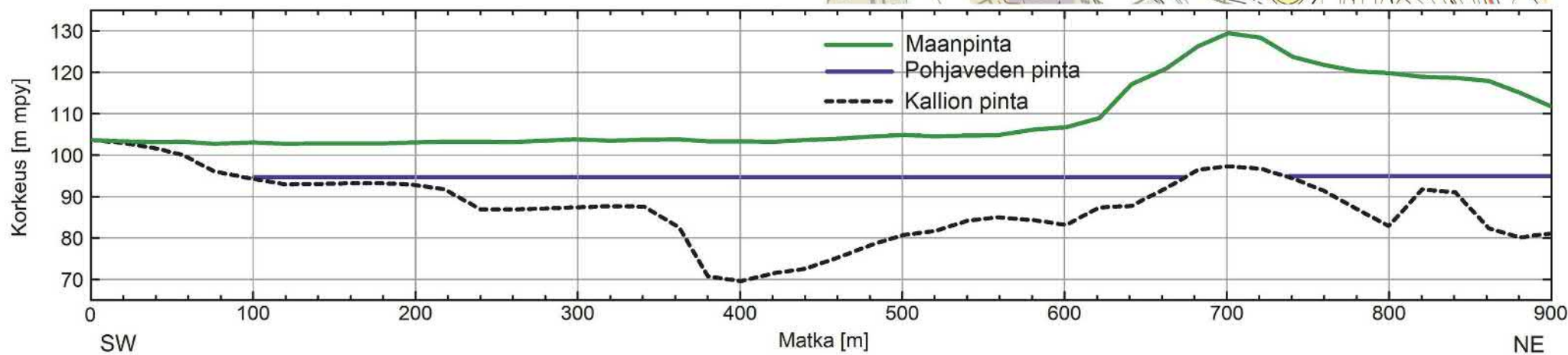
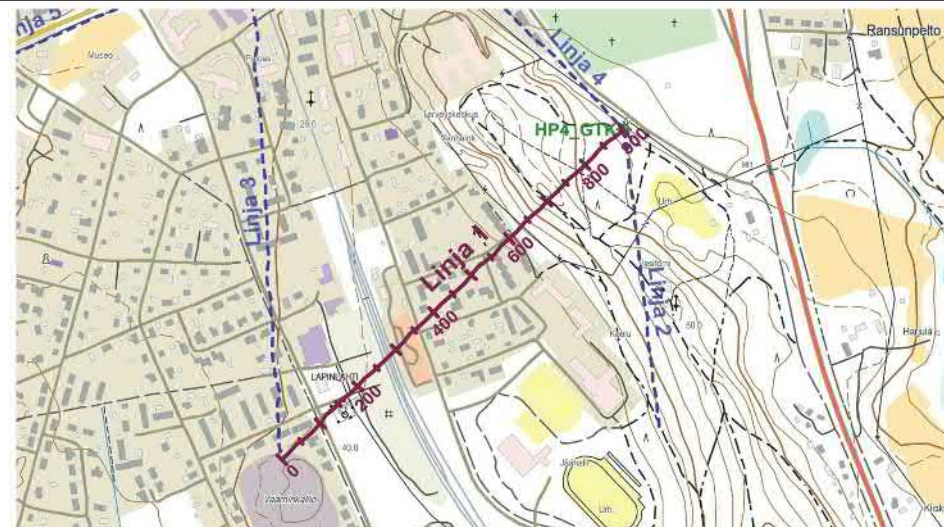




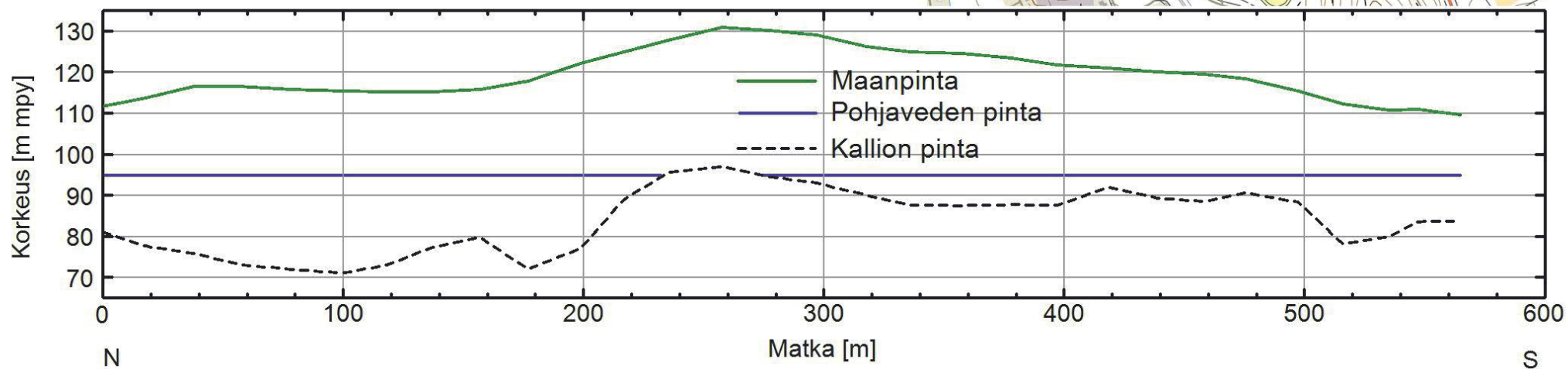
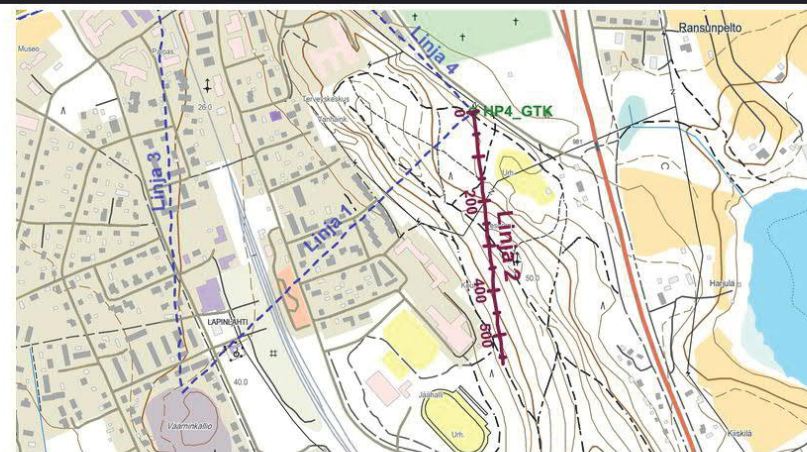




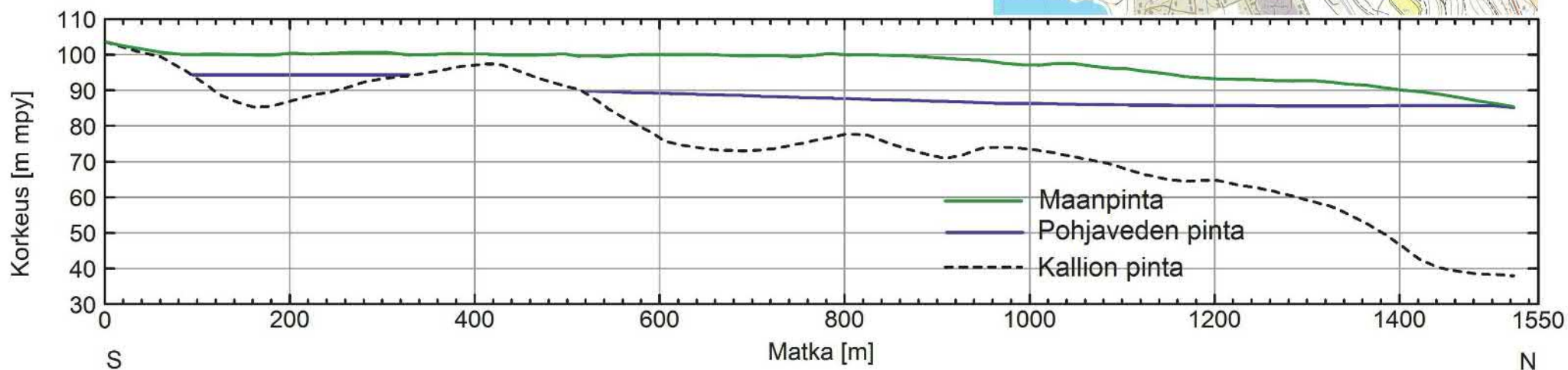
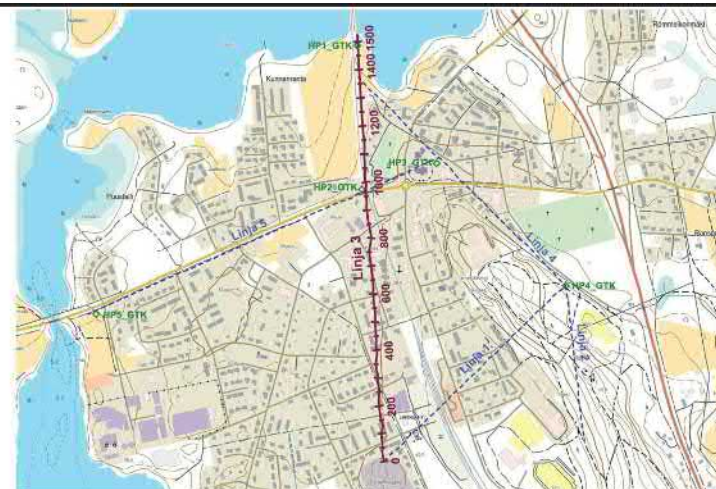
LAPINLAHTI, Haminmäki Painovoimamittausten tulkinta Linja 1



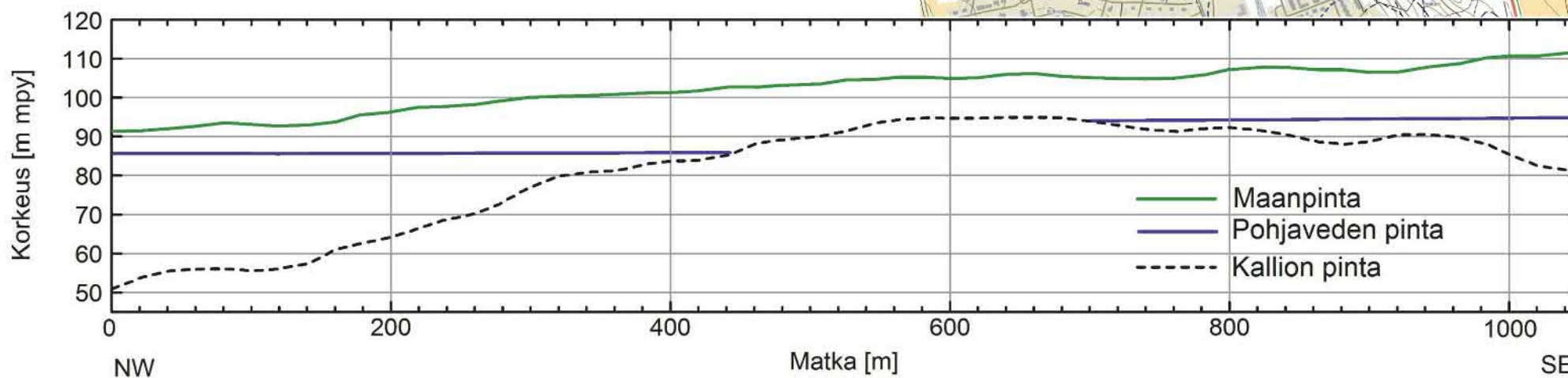
LAPINLAHTI, Haminmäki Painovoimamittausten tulkinta Linja 2



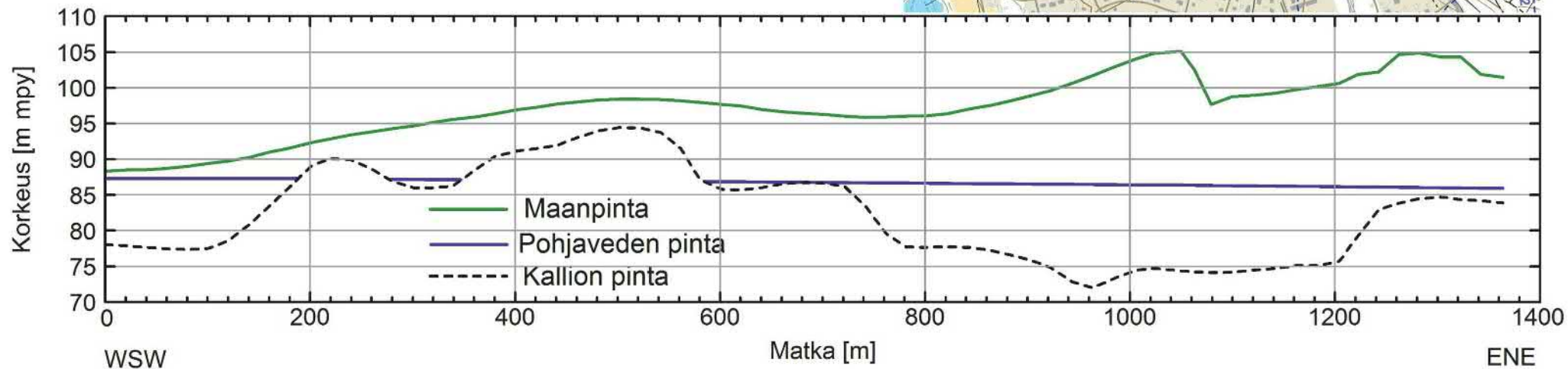
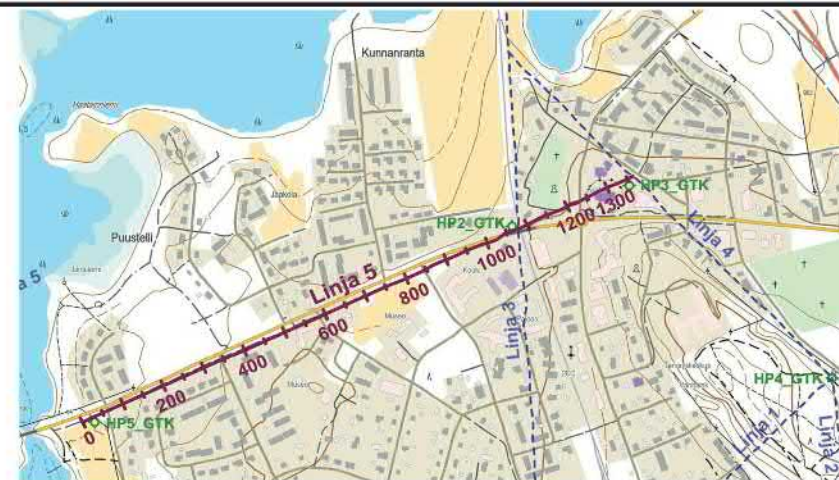
LAPINLAHTI, Haminmäki Painovoimamittausten tulkinta Linja 3



LAPINLAHTI, Haminmäki Painovoimamittausten tulkinta Linja 4



LAPINLAHTI, Haminamäki Painovoimamittausten tulkinta Linja 5



		Suomen GPS-Mittaus Oy Suurahontie 5 70460 KUOPIO		HAVAINNOT			
				Pvm.	Syv.putken yläpäästä	Pv-pinnan taso	Mittaja / Otettu näyte
Kunta:		Lapinlahti					
Ottoalue/tilannimi:				28.11.2016	2.20		
Kiinteistörekisteri tunnus:							
Asennus pvm:		28.11.2016					
Asentaja:		JH					
Putken tunnus:		Lapinlahti 21					
Koordinaatisto ja korkeusjärj.:KKJ							
7029955							
3519613							
TASOTIEDOT JA RAKENNE							
Putken yläpää + 0.75							
Maanpinta + 0							
Suodattimen alapää +							
Yläosan rakenne:							
Putkiaines, halkaisija: PEH 60							
Suodatin malli: Rakosiivilä 0,30mm							
Jatkoputken pituus: 1.50							
Suodattimen pituus: 48.00							
Kokonaispituus: 49.50							
NÄYTTEENOTON PERUSTIEDOT							
Putken tuotto/antoisuus:							
Putken vesitilavuus:							
Veden väri:							
Suositeltava näytteenottotapa:							
Lukitus:		Lukittu Pos Ely sarjaa					
				Wmax = + 0.00			
				Wmin = + 0.00			
Maaperätiedot		Putken rakenne					
Syvyys (m)	Maalaji	Pp + 0.75					
0-11.40	Hk						
11.4-16.8	Sr						
16.8-20.8	Hk						
20.8-24.4	Sr	Mp + 0.00					
24.4-26.2	Hk						
26.2-27.6	Sr						
27.6-31.2	KiSr	Suodattimen yläpää +					
31.2-32.0	Sr						
32.0-33.0	Hk						
33.0-40.5	KiSr						
40.5-44.0	Sr	Vp +					
44.0-48.4	KiSr						
48.4-51.7	Kallio	Pohja + 0.00					

		Suomen GPS-Mittaus Oy Suurahontie 5 70460 KUOPIO		HAVAINNOT			
		Pvm.	Syv.putken yläpäästä	Pv-pinnan taso	Mittaja / Otettu näyte		
Kunta: Lapinlahti							
Ottoalue/tilannimi:		25.11.2016	12.30				
Kiinteistörekisteri tunnus:							
Asennus pvm: 25.11.2016							
Asentaja: JH							
Putken tunnus: Lapinlahti 22							
Koordinaatisto ja korkeusjärj.:KKJ							
7029447							
3519627							
TASOTIEDOT JA RAKENNE							
Putken yläpää + 0.80							
Maanpinta + 0							
Suodattimen alapää +							
Yläosan rakenne:							
Putkiaines, halkaisija: PEH 60							
Suodatin malli: Rakosiivilä 0,30mm							
Jatkoputken pituus: 11.50							
Suodattimen pituus: 18.00							
Kokonaispituus: 29.50							
NÄYTTEENOTON PERUSTIEDOT							
Putken tuotto/antoisuus:							
Putken vesitilavuus:							
Veden väri:							
Suositeltava näytteenottotapa:							
Lukitus: Lukittu Pos Ely sarjaa							
		Wmax = + 0.00					
		Wmin = + 0.00					
Maaperätiedot		Putken rakenne					
Syvyys (m)	Maalaji	Pp + 0.80					
0 1.60	Sr						
1.60-6.20	Hk						
6.20-9.00	Sr						
9.00-14.0	Hk	Mp + 0.00					
14.0-15.8	hHk/Hk						
15.8-20.6	Hk						
20.6-27.4	Sr	Suodattimen yläpää +					
27.4-30.6	Kallio						
		Vp +					
		Pohja + 0.00					

		Suomen GPS-Mittaus Oy Suurahontie 5 70460 KUOPIO		HAVAINNOT			
				Pvm.	Syv.putken yläpäästä	Pv-pinnan taso	Mittaja / Otettu näyte
Kunta:		Lapinlahti					
Ottoalue/tilannimi:				29.11.2016	16.30		
Kiinteistörekisteri tunnus:							
Asennus pvm:		29.11.2016					
Asentaja:		JH					
Putken tunnus:		Lapinlahti 23					
Koordinaatisto ja korkeusjärj.:KKJ							
7029538							
3519892							
TASOTIEDOT JA RAKENNE							
Putken yläpää + 0.85							
Maanpinta + 0							
Suodattimen alapää +							
Yläosan rakenne:							
Putkiaines, halkaisija: PEH 60							
Suodatin malli: Rakosiivilä 0,30mm							
Jatkoputken pituus: 14.30							
Suodattimen pituus: 6.00							
Kokonaispituus: 20.30							
NÄYTTEENOTON PERUSTIEDOT							
Putken tuotto/antoisuus:							
Putken vesitilavuus:							
Veden väri:							
Suositeltava näytteenottotapa:							
Lukitus:		Lukittu Pos Ely sarjaa					
				Wmax = + 0.00			
				Wmin = + 0.00			
Maaperätiedot		Putken rakenne					
Syvyys (m)	Maalaji	Pp + 0.85					
0-0.60	Sr						
0.60-8.20	Hk						
8.20-15.6	KiSr						
15.6-17.6	Hk	Mp + 0.00					
17.6-18.2	Sr						
18.2-21.0	Kallio						
		Suodattimen yläpää +					
		Vp +					
		Pohja + 0.00					

		Suomen GPS-Mittaus Oy Suurahontie 5 70460 KUOPIO		HAVAINNOT			
				Pvm.	Syv.putken yläpäästä	Pv-pinnan taso	Mittaja / Otettu näyte
Kunta:		Lapinlahti					
Ottoalue/tilannimi:				30.11.2016	17.10		
Kiinteistörekisteri tunnus:							
Asennus pvm:		30.11.2016					
Asentaja:		JH					
Putken tunnus:		Lapinlahti 24					
Koordinaatisto ja korkeusjärj.:KKJ							
7029100							
3520350							
TASOTIEDOT JA RAKENNE							
Putken yläpää + 1.00							
Maanpinta + 0							
Suodattimen alapää +							
Yläosan rakenne:							
Putkiaines, halkaisija: PEH 60							
Suodatin malli: Rakosiivilä 0,30mm							
Jatkoputken pituus: 15.00							
Suodattimen pituus: 16.00							
Kokonaispituus: 31.00							
NÄYTTEENOTON PERUSTIEDOT							
Putken tuotto/antoisuus:							
Putken vesitilavuus:							
Veden väri:							
Suositeltava näytteenottotapa:							
Lukitus:		Lukittu Pos Ely sarjaa					
				Wmax = + 0.00			
				Wmin = + 0.00			
Maaperätiedot		Putken rakenne					
Syvyys (m)	Maalaji	Pp + 1.00					
0-1.80	Sr						
1.80-3.60	Hk						
3.60-8.0	HkSr						
8.0-18.8	Hk	Mp + 0.00					
18.8-20.6	Sr						
20.6-28.2	Hk						
28.2-30.0	Mr	Suodattimen yläpää +					
30.0-33.2	Kallio						
		Vp +					
		Pohja + 0.00					

		Suomen GPS-Mittaus Oy Suurahontie 5 70460 KUOPIO		HAVAINNOT			
				Pvm.	Syv.putken yläpäästä	Pv-pinnan taso	Mittaja / Otettu näyte
Kunta:		Lapinlahti					
Ottoalue/tilannimi:				24.11.2016	2.50		
Kiinteistörekisteri tunnus:							
Asennus pvm:		24.11.2016					
Asentaja:		JH					
Putken tunnus:		Lapinlahti 25					
Koordinaatisto ja korkeusjärj. KKJ							
7029001							
3518684							
TASOTIEDOT JA RAKENNE							
Putken yläpää + 0.80							
Maanpinta + 0							
Suodattimen alapää +							
Yläosan rakenne:							
Putkiaines, halkaisija: PEH 60							
Suodatin malli: Rakosiivilä 0,30mm							
Jatkoputken pituus: 3.50							
Suodattimen pituus: 8.00							
Kokonaispituus: 11.50							
NÄYTTEENOTON PERUSTIEDOT							
Putken tuotto/antoisuus:							
Putken vesitilavuus:							
Veden väri:							
Suositeltava näytteenottotapa:							
Lukitus:		Lukittu Pos Ely sarjaa					
				Wmax = + 0.00			
				Wmin = + 0.00			
Maaperätiedot		Putken rakenne					
Syvyys (m)	Maalaji	Pp + 0.80					
0-0.80	Sa						
0.80-7.40	hHk/Hk						
7.40-9.80	Sr						
9.80-12.8	Kallio	Mp + 0.00					
		Suodattimen yläpää +					
		Vp +					
		Pohja + 0.00					

		Suomen GPS-Mittaus Oy Suurahontie 5 70460 KUOPIO		HAVAINNOT			
				Pvm.	Syv.putken yläpäästä	Pv-pinnan taso	Mittaaja / Otettu näyte
Lapinlahti							
Ottoalue/tilannimi:				21.12.2016	7.60		
Kiinteistörekisteri tunnus:							
Asennus pvm:		21.12.2016					
Asentaja:		JH					
Putken tunnus:		26					
Koordinaatisto ja korkeusjärj.:		ETRS-35TM					
520327							
7024818							
TASOTIEDOT JA RAKENNE							
Putken yläpää		+ 1.00					
Maanpinta		+ 0					
Suodattimen alapää		+					
Yläosan rakenne:							
Putkiaines, halkaisija:		PEH 60					
Suodatin malli:		Rakosiivilä 0,3mm					
Jatkoputken pituus:		6.50					
Suodattimen pituus:		6.00					
Kokonaispituus:		12.50					
NÄYTTEENOTON PERUSTIEDOT							
Putken tuotto/antoisuus:							
Putken vesitilavuus:							
Veden väri:							
Suositeltava näytteenottotapa:							
Lukitus:				Lukittu Pos Ely sarjaa			
				Wmax = + 0.00			
				Wmin = + 0.00			
Maaperätiedot		Putken rakenne		Huomautukset			
Syvyys (m)	Maalaji	Pp + 1.00					
0-1.00	Sr						
1.00-9.50	Hk						
9.50-11.3	KiSr	Mp + 0.00					
määräsyvyys		Suodattimen yläpää +					
		Vp +					
		Pohja + 0.00					

		Suomen GPS-Mittaus Oy Suurahontie 5 70460 KUOPIO		HAVAINNOT			
				Pvm.	Syv.putken yläpäästä	Pv-pinnan taso	Mittaaja / Otettu näyte
Lapinlahti							
Ottoalue/tilannimi:				21.12.2016	1.00		
Kiinteistörekisteri tunnus:							
Asennus pvm:				21.12.2016			
Asentaja:				JH			
Putken tunnus:				27			
Koordinaatisto ja korkeusjärj.:				ETRS-35TM			
520550							
7024182							
TASOTIEDOT JA RAKENNE							
Putken yläpää + 1.00							
Maanpinta + 0							
Suodattimen alapää +							
Yläosan rakenne:							
Putkiaines, halkaisija: PEH 60							
Suodatin malli: Rakosiivilä 0,3mm							
Jatkoputken pituus: 2.00							
Suodattimen pituus: 8.00							
Kokonaispituus: 10.00							
NÄYTTEENOTON PERUSTIEDOT							
Putken tuotto/antoisuus:							
Putken vesitilavuus:							
Veden väri:							
Suositeltava näytteenottotapa:							
Lukitus: Lukittu Pos Ely sarjaa							
				Wmax = + 0.00			
				Wmin = + 0.00			
Maaperätiedot		Putken rakenne		Huomautukset			
Syvyys (m)	Maalaji	Pp + 1.00					
0-0.30	Tv						
0.30-2.00	hHk						
2.00-5.00	Si						
5.00-10.0	Hk						
määräsyvyys		Mp + 0.00					
		Suodattimen yläpää +		Putken juuresta tulee vettä reilusti ylös. Vesipinta saattaisi nousta putkessa maanpinnan yläpuolelle ilman maanpinnan vuotoa.			
		Vp +					
		Pohja + 0.00					

		Suomen GPS-Mittaus Oy Suurahontie 5 70460 KUOPIO		HAVAINNOT			
				Pvm.	Syv.putken yläpäästä	Pv-pinnan taso	Mittaaja / Otettu näyte
Lapinlahti							
Ottoalue/tilannimi:				21.12.2016	1.00		
Kiinteistörekisteri tunnus:							
Asennus pvm:				21.12.2016			
Asentaja:				JH			
Putken tunnus:				28			
Koordinaatisto ja korkeusjärj.:				ETRS-35TM			
520593							
7023915							
TASOTIEDOT JA RAKENNE							
Putken yläpää + 1.00							
Maanpinta + 0							
Suodattimen alapää +							
Yläosan rakenne:							
Putkiaines, halkaisija: PEH 60							
Suodatin malli: Rakosiivilä 0,3mm							
Jatkoputken pituus: 1.40							
Suodattimen pituus: 8.00							
Kokonaispituus: 9.40							
NÄYTTEENOTON PERUSTIEDOT							
Putken tuotto/antoisuus:							
Putken vesitilavuus:							
Veden väri:							
Suositeltava näytteenottotapa:							
Lukitus: Lukittu Pos Ely sarjaa							
				Wmax = + 0.00			
				Wmin = + 0.00			
Maaperätiedot		Putken rakenne		Huomautukset			
Syvyys (m)	Maalaji	Pp + 1.00					
0-0.30	Tv						
0.30-1.50	hHk						
1.50-5.00	Sa						
5.00-10.0	Hk						
määräsyvyys		Mp + 0.00		Putken juuresta tulee vettä reilusti ylös. Vesipinta saattaisi nousta putkessa maanpinnan yläpuolelle ilman maanpinnan vuotoa.			
		Suodattimen yläpää +					
		Vp +					
		Pohja + 0.00					

		Suomen GPS-Mittaus Oy Suurahontie 5 70460 KUOPIO		HAVAINNOT			
				Pvm.	Syv.putken yläpäästä	Pv-pinnan taso	Mittaaja / Otettu näyte
Lapinlahti							
Ottoalue/tilannimi:				20.12.2016	7.30		
Kiinteistörekisteri tunnus:							
Asennus pvm:		20.12.2016					
Asentaja:		JH					
Putken tunnus:		29					
Koordinaatisto ja korkeusjärj.:		ETRS-35TM					
520711							
7024267							
TASOTIEDOT JA RAKENNE							
Putken yläpää		+ 1.00					
Maanpinta		+ 0					
Suodattimen alapää		+					
Yläosan rakenne:							
Putkiaines, halkaisija:		PEH 60					
Suodatin malli:		Rakosiivilä 0,3mm					
Jatkoputken pituus:		7.00					
Suodattimen pituus:		6.00					
Kokonaispituus:		13.00					
NÄYTTEENOTON PERUSTIEDOT							
Putken tuotto/antoisuus:							
Putken vesitilavuus:							
Veden väri:							
Suositeltava näytteenottotapa:							
Lukitus:				Lukittu Pos Ely sarjaa			
					Wmax =	+ 0.00	
					Wmin =	+ 0.00	
Maaperätiedot		Putken rakenne					
Syvyys (m)	Maalaji	Pp +	1.00				
0-8.00	Hk						
8.00-9.00	Sr						
9.00-12.0	Hk						
määräsyvyys							
		Mp +	0.00				
		Suodattimen yläpää +					
		Vp +					
		Pohja +	0.00				

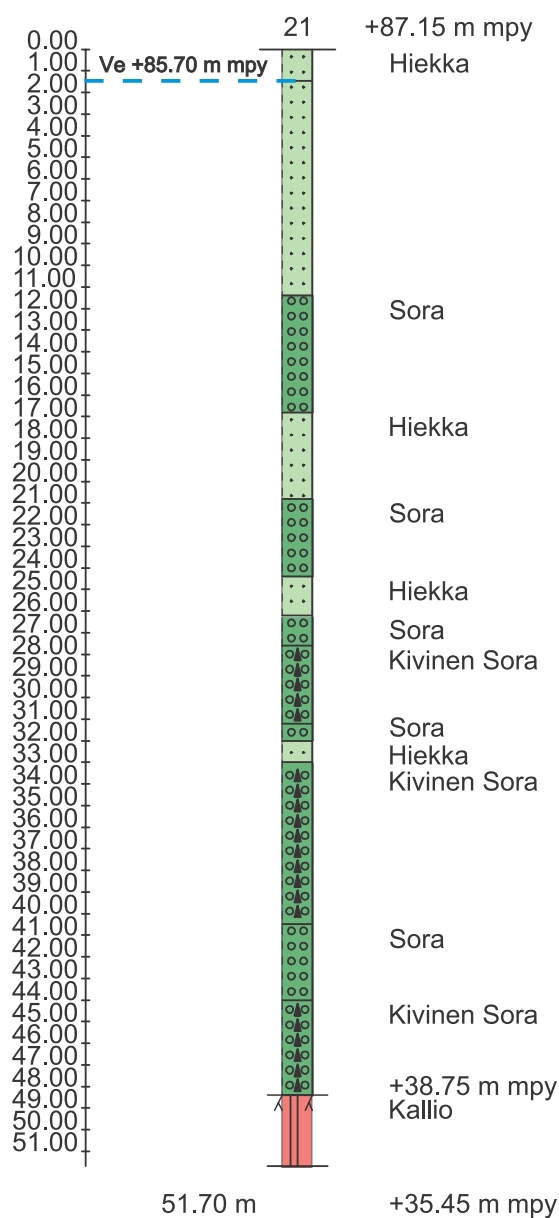
		Suomen GPS-Mittaus Oy Suurahontie 5 70460 KUOPIO		HAVAINNOT			
				Pvm.	Syv.putken yläpäästä	Pv-pinnan taso	Mittaaja / Otettu näyte
Lapinlahti							
Ottoalue/tilannimi:				20.12.2016	8.60		
Kiinteistörekisteri tunnus:							
Asennus pvm:		20.12.2016					
Asentaja:		JH					
Putken tunnus:		30					
Koordinaatisto ja korkeusjärj.:		ETRS-35TM					
520760							
7024283							
TASOTIEDOT JA RAKENNE							
Putken yläpää		+ 1.00					
Maanpinta		+ 0					
Suodattimen alapää		+					
Yläosan rakenne:							
Putkiaines, halkaisija:		PEH 60					
Suodatin malli:		Rakosiivilä 0,3mm					
Jatkoputken pituus:		7.30					
Suodattimen pituus:		6.00					
Kokonaispituus:		13.30					
NÄYTTEENOTON PERUSTIEDOT							
Putken tuotto/antoisuus:							
Putken vesitilavuus:							
Veden väri:							
Suositeltava näytteenottotapa:							
Lukitus:							
		Lukittu Pos Ely sarjaa					
				Wmax = + 0.00			
				Wmin = + 0.00			
Maaperätiedot		Putken rakenne					
Syvyys (m)	Maalaji	Pp + 1.00					
0-0.50	Hk						
0.50-1.80	Sr						
1.80-12.0	Hk						
määräsyvyys							
		Mp + 0.00					
		Suodattimen yläpää +					
		Vp +					
		Pohja + 0.00					

		Suomen GPS-Mittaus Oy Suurahontie 5 70460 KUOPIO		HAVAINNOT			
		Pvm.	Syv.putken yläpäästä	Pv-pinnan taso	Mittaja / Otettu näyte		
Kunta: Lapinlahti							
Ottoalue/tilannimi:		19.12.2016	6.20	95.10			
Kiinteistörekisteri tunnus:		31.01.2017	6.32	94.98			
Asennus pvm: 19.12.2016							
Asentaja: JH							
Putken tunnus: 31							
Koordinaatisto ja korkeusjärj.: ETRS-35TM							
5211573							
7023985							
TASOTIEDOT JA RAKENNE							
Putken yläpää + 101,30							
Maanpinta + 100.3							
Suodattimen alapää +							
Yläosan rakenne:							
Putkiaines, halkaisija: PEH 60							
Suodatin malli: Rakosiivilä 0,3mm							
Jatkoputken pituus: 6.65							
Suodattimen pituus: 6.00							
Kokonaispituus: 12.65							
NÄYTTEENOTON PERUSTIEDOT							
Putken tuotto/antoisuus:							
Putken vesitilavuus:							
Veden väri:							
Suositeltava näytteenottotapa:							
Lukitus: Lukittu Pos Ely sarjaa							
		Wmax = + 95.10 Wmin = + 94.98					
Maaperätiedot		Putken rakenne					
Syvyys (m)	Maalaji	Pp + 101,30					
0-1.50	Hk						
1.50-10.0	Sr						
10.0-12.0	Hk						
määräsyvyys							
		Mp + 100.30					
		Suodattimen yläpää +					
		Vp +					
		Pohja + 88.65					

		Suomen GPS-Mittaus Oy Suurahontie 5 70460 KUOPIO		HAVAINNOT			
				Pvm.	Syv.putken yläpäästä	Pv-pinnan taso	Mittaja / Otettu näyte
Kunta:		Lapinlahti					
Ottoalue/tilannimi:		19.12.2016	5.35	108.43			
Kiinteistörekisteri tunnus:		31.01.2017	5.53	108.25			
Asennus pvm:		19.12.2016					
Asentaja:		JH					
Putken tunnus:		32					
Koordinaatisto ja korkeusjärj.: ETRS-35TM							
5217492							
7023709							
TASOTIEDOT JA RAKENNE							
Putken yläpää		+ 113.78					
Maanpinta		+ 112.78					
Suodattimen alapää		+					
Yläosan rakenne:							
Putkiaines, halkaisija:		PEH 60					
Suodatin malli:		Rakosiivilä 0,3mm					
Jatkoputken pituus:		3.00					
Suodattimen pituus:		4.00					
Kokonaispituus:		7.00					
NÄYTTEENOTON PERUSTIEDOT							
Putken tuotto/antoisuus:							
Putken vesitilavuus:							
Veden väri:							
Suositeltava näytteenottotapa:							
Lukitus:		Lukittu Pos Ely sarjaa					
				Wmax = + 108.43			
				Wmin = + 108.25			
Maaperätiedot		Putken rakenne					
Syvyys (m)	Maalaji	Pp + 113.78					
0-4.00	Hk						
4.00-5.90	Sr						
5.90-8.90	Kallio						
		Mp + 112.78					
		Suodattimen yläpää +					
		Vp +					
		Pohja + 106.78					

		Suomen GPS-Mittaus Oy Suurahontie 5 70460 KUOPIO		HAVAINNOT			
		Pvm.	Syv.putken yläpäästä	Pv-pinnan taso	Mittaja / Otettu näyte		
Lapinlahti							
Ottoalue/tilannimi:		22.12.2016	8.30	95.87			
Kiinteistörekisteri tunnus:		31.01.2017	8.80	95.37			
Asennus pvm: 22.12.2016							
Asentaja: JH							
Putken tunnus: 33							
Koordinaatisto ja korkeusjärj.: ETRS-35TM							
5210598							
7023420							
TASOTIEDOT JA RAKENNE							
Putken yläpää + 104.17							
Maanpinta + 103.17							
Suodattimen alapää +							
Yläosan rakenne:							
Putkiaines, halkaisija: PEH 60							
Suodatin malli: Rakosiivilä 0,3mm							
Jatkoputken pituus: 8.30							
Suodattimen pituus: 6.00							
Kokonaispituus: 14.30							
NÄYTTEENOTON PERUSTIEDOT							
Putken tuotto/antoisuus:							
Putken vesitilavuus:							
Veden väri:							
Suositeltava näytteenottotapa:							
Lukitus: Lukittu Pos Ely sarjaa							
		Wmax = + 95.87 Wmin = + 95.37					
Maaperätiedot		Putken rakenne		Huomautukset			
Syvyys (m) 0-13.00 määräsyvyys	Maalaji Hk/hHk tiiviitä ker- roksia välissä		Pp + 104.17 Mp + 103.17 Suodattimen yläpää + Vp + Pohja + 89.87				

		Suomen GPS-Mittaus Oy Suurahontie 5 70460 KUOPIO		HAVAINNOT			
		Pvm.	Syv.putken yläpäästä	Pv-pinnan taso	Mittaja / Otettu näyte		
Lapinlahti							
Ottoalue/tilannimi:		22.12.2016	8.80	94.95			
Kiinteistörekisteri tunnus:		31.01.2017	8.69	95.06			
Asennus pvm: 22.12.2016							
Asentaja: JH							
Putken tunnus: 34							
Koordinaatisto ja korkeusjärj.: ETRS-35TM							
5208599							
7023611							
TASOTIEDOT JA RAKENNE							
Putken yläpää + 103.75							
Maanpinta + 102.75							
Suodattimen alapää +							
Yläosan rakenne:							
Putkiaines, halkaisija: PEH 60							
Suodatin malli: Rakosiivilä 0,3mm							
Jatkoputken pituus: 8.40							
Suodattimen pituus: 6.00							
Kokonaispituus: 14.40							
NÄYTTEENOTON PERUSTIEDOT							
Putken tuotto/antoisuus:							
Putken vesitilavuus:							
Veden väri:							
Suositeltava näytteenottotapa:							
Lukitus: Lukittu Pos Ely sarjaa							
		Wmax = + 95.06 Wmin = + 94.95					
Maaperätiedot		Putken rakenne		Huomautukset			
Syvyys (m) 0-13.00 määräsyvyys	Maalaji Hk/hHk tiiviitä ker- roksia välissä		Pp + 103.75 Mp + 102.75 Suodattimen yläpää + Vp + Pohja + 89.35				



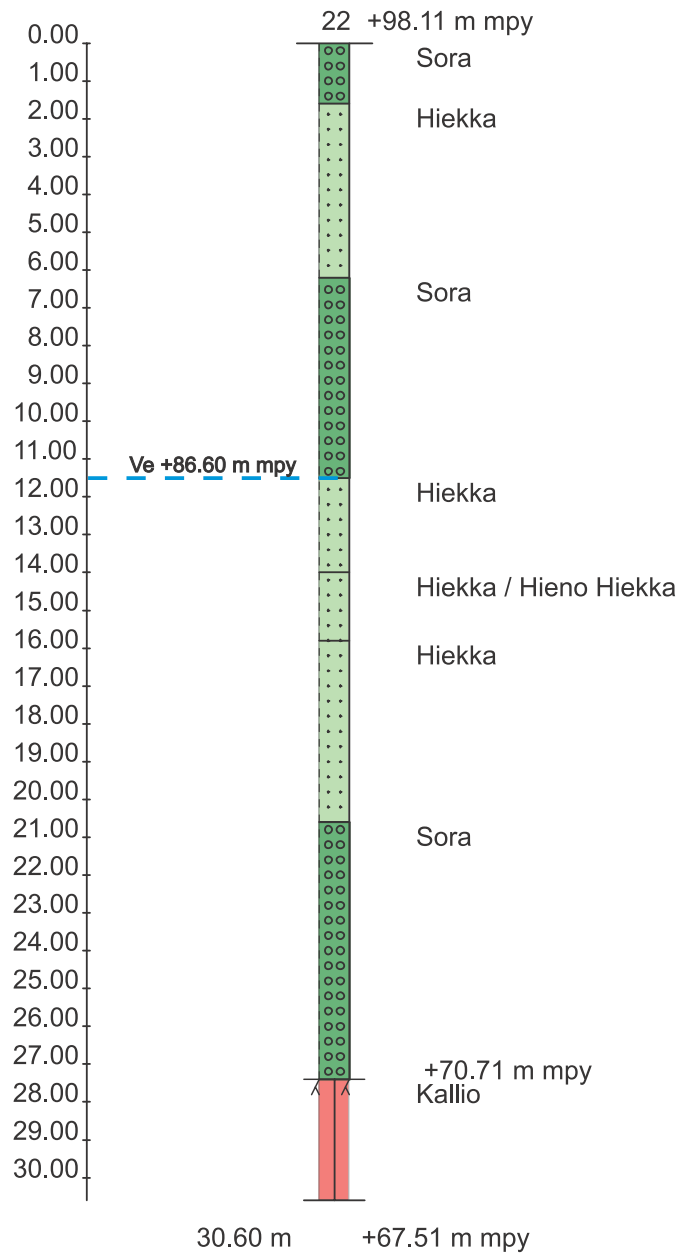
Yhteenveto:

0.00 - 11.40 m: Hk
 11.40 - 16.80 m: Sr
 16.80 - 20.80 m: Hk
 20.80 - 24.40 m: Sr
 24.40 - 26.20 m: Hk
 26.20 - 27.60 m: Sr
 27.60 - 31.20 m: KiSr
 31.20 - 32.00 m: Sr
 32.00 - 33.00 m: Hk
 33.00 - 40.50 m: KiSr
 40.50 - 44.00 m: Sr
 44.00 - 48.40 m: KiSr
 48.40 - 51.70 m: Ka
 51.70 KA

Työ: 4005

Nro.	21	Kair. tapa	POKA
X	7027008.7	Mittakaava	1:350
Y	519432.0	Päiväys	28.11.2016



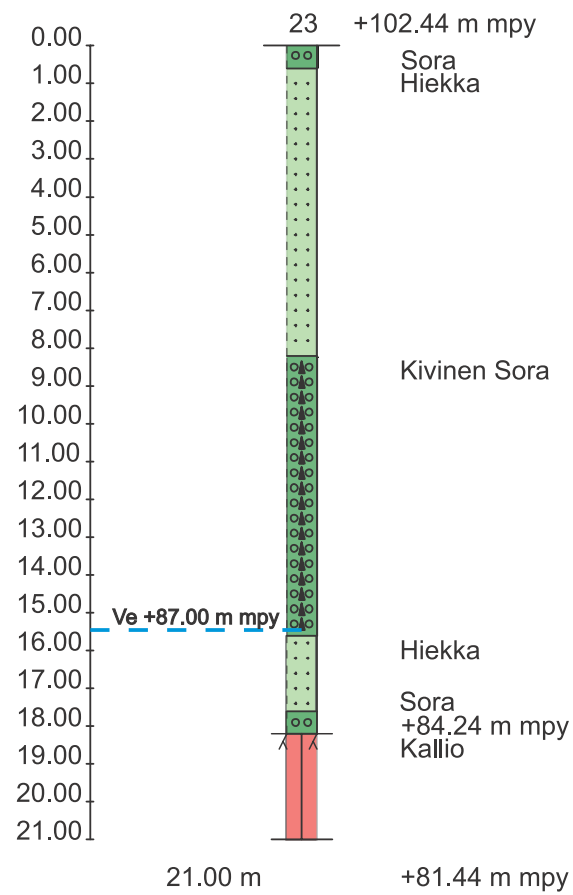


Yhteenveto:

0.00 - 1.60 m: Sr
 1.60 - 6.20 m: Hk
 6.20 - 11.50 m: Sr
 11.50 - 14.00 m: Hk
 14.00 - 15.80 m: Hk/hHk
 15.80 - 20.60 m: Hk
 20.60 - 27.40 m: Sr
 27.40 - 30.60 m: Ka
 30.60 KA

Työ: 4005

Nro.	22	Kair. tapa	POKA
X	7026498.0	Mittakaava	1:200
Y	519448.2	Päiväys	24.11.2016

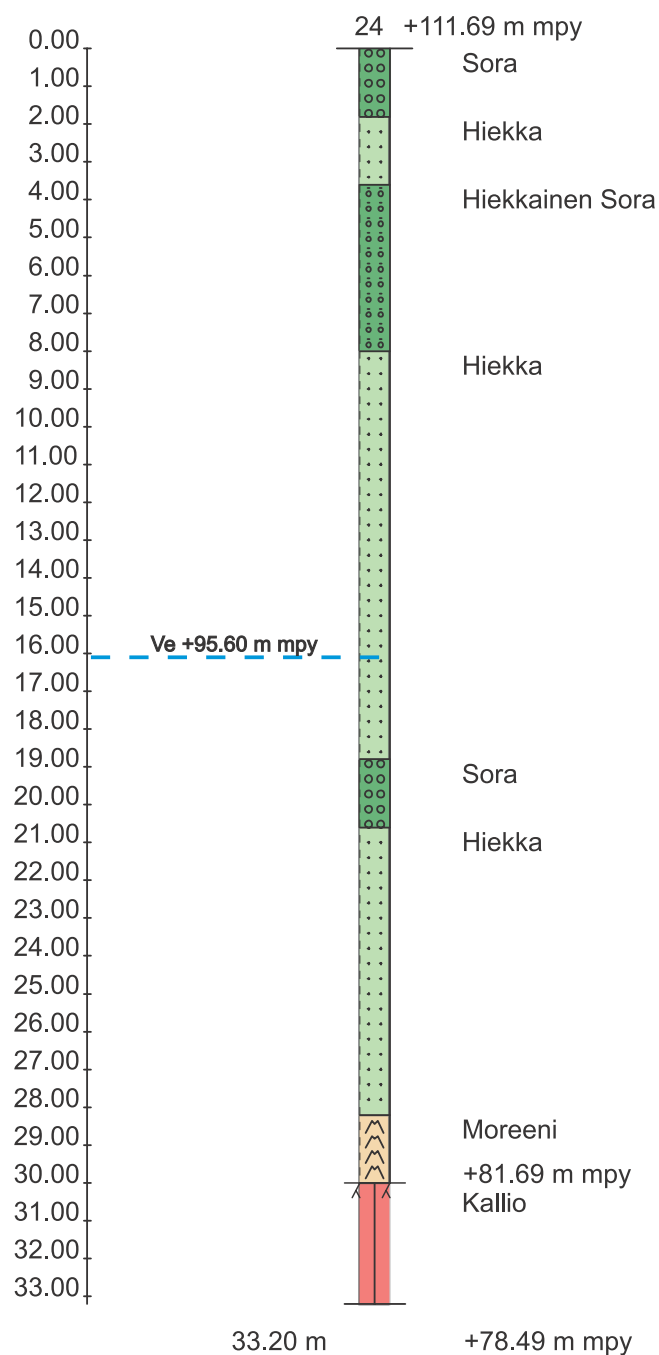


Yhteenveto:

0.00 - 0.60 m: Sr
 0.60 - 8.20 m: Hk
 8.20 - 15.60 m: KiSr
 15.60 - 17.60 m: Hk
 17.60 - 18.20 m: Sr
 18.20 - 21.00 m: Ka
 21.00 KA

Työ: 4005

Nro.	23	Kair. tapa	POKA
X	7026590.2	Mittakaava	1:200
Y	519713.0	Päiväys	29.11.2016



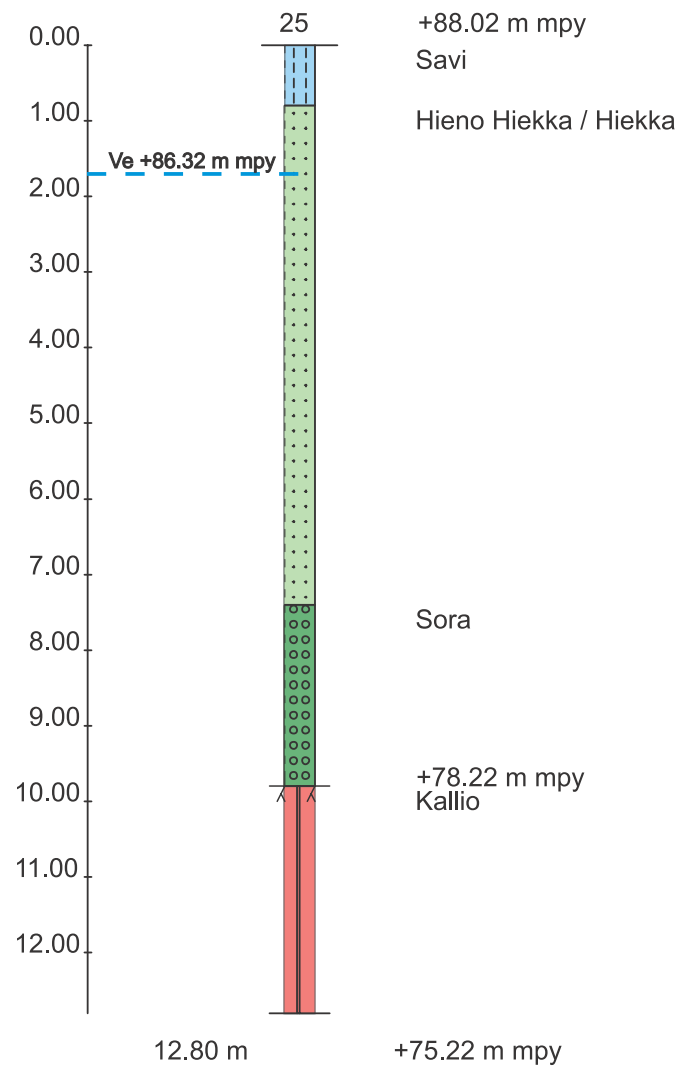
Yhteenveto:

0.00 - 1.80 m: Sr
1.80 - 3.60 m: Hk
3.60 - 8.00 m: HkSr
8.00 - 18.80 m: Hk
18.80 - 20.60 m: Sr
20.60 - 28.20 m: Hk
28.20 - 30.00 m: Mr
30.00 - 33.20 m: Ka
33.20 KA

Työ: 4005

Nro.	24	Kair. tapa	POKA
X	7026155.7	Mittakaava	1:200
Y	520171.2	Päiväys	29.11.2016



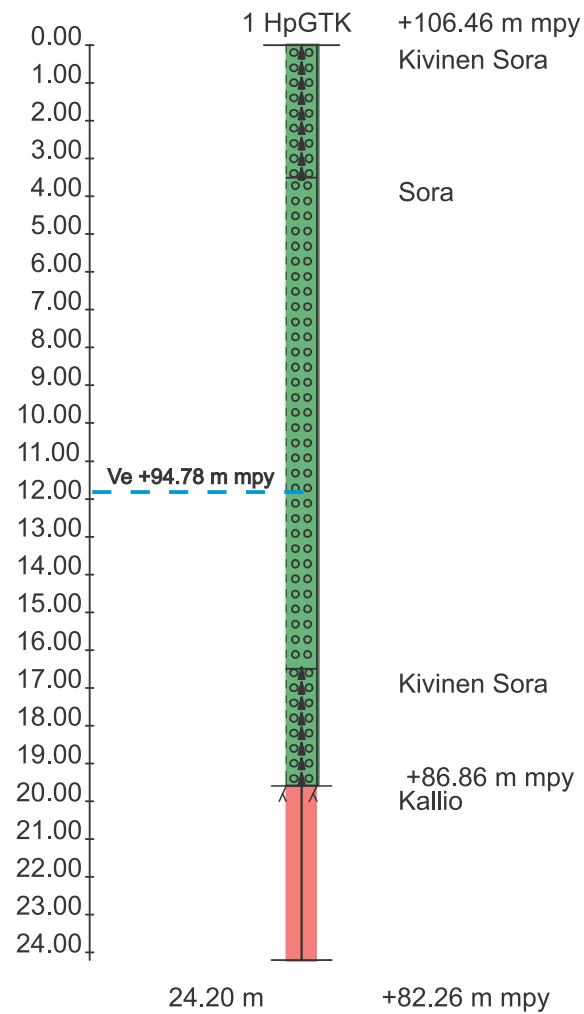


Yhteenveto:

0.00 - 0.80 m: Sa
 0.80 - 7.40 m: hHk/Hk
 7.40 - 9.80 m: Sr
 9.80 - 12.80 m: Ka
 12.80 KA

Työ: 4005

Nro.	25	Kair. tapa	POKA
X	7026056.0	Mittakaava	1:100
Y	518505.5	Päiväys	24.1.2001



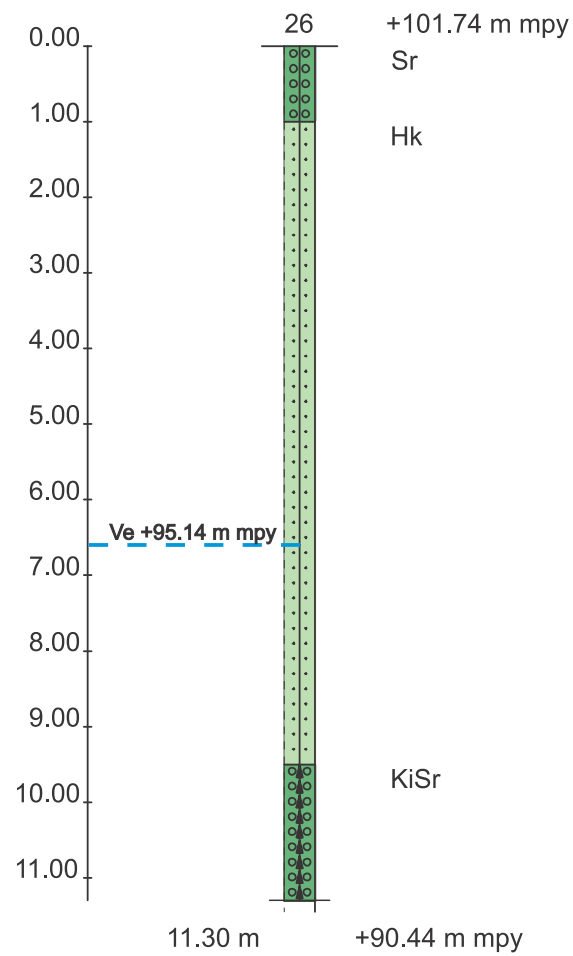
Yhteenveto:

0.00 - 3.50 m: KiSr
 3.50 - 16.50 m: Sr
 16.50 - 19.60 m: KiSr
 19.60 - 24.20 m: Ka
 24.20 KA

Työ:

Nro.	1 HpGTK	Kair. tapa	POKA
X	7025017.4	Mittakaava 1:200	
Y	520375.1	Päiväys	30.11.2005





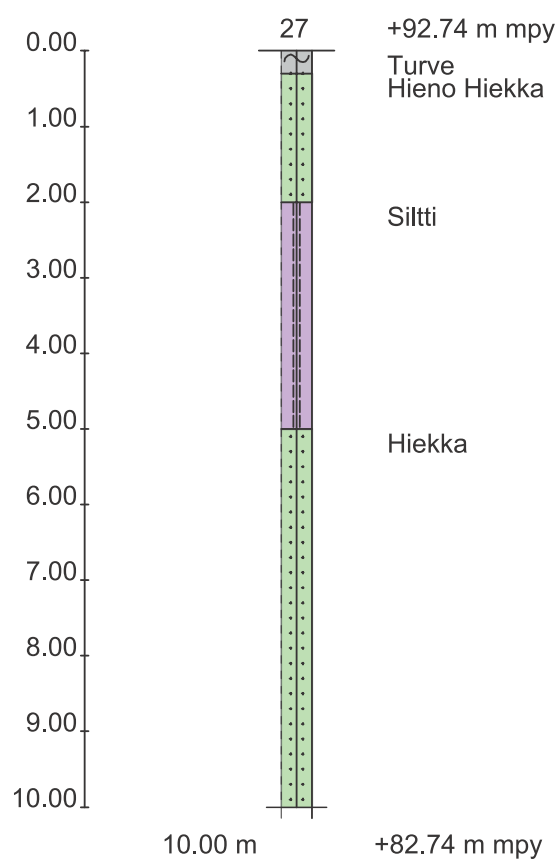
Yhteenveto:

0.00 - 1.00 m: Sr
1.00 - 9.50 m: Hk
9.50 - 11.30 m: KiSr
11.30 MS

Työ:

Nro.	26	Kair. tapa	POKA
X	7024817.5	Mittakaava	1:100
Y	520329.1	Päiväys	21.12.2016



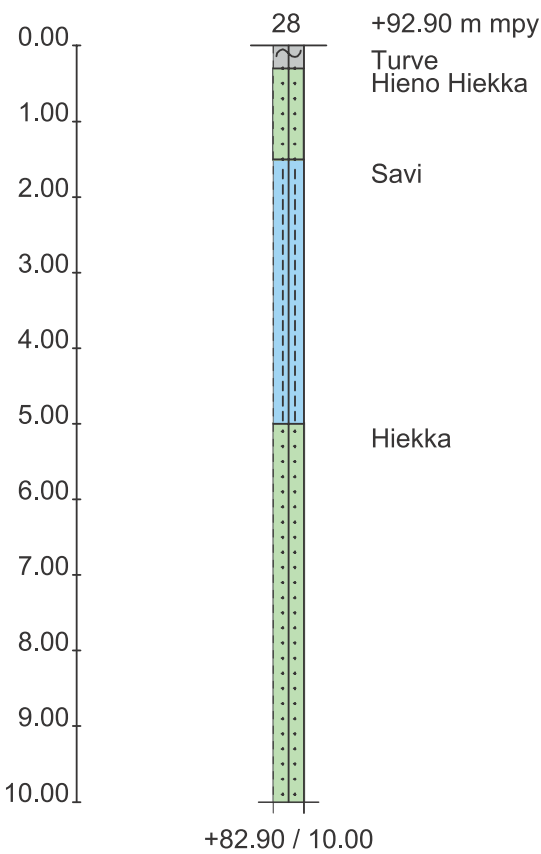


Yhteenveto:

0.00 - 0.30 m: Tv
 0.30 - 2.00 m: hHk
 2.00 - 5.00 m: Si
 5.00 - 10.00 m: Hk
 10.00 MS

Työ:

Nro.	27	Kair. tapa	POKA
X	7024183.6	Mittakaava	1:100
Y	520549.7	Päiväys	21.12.2016

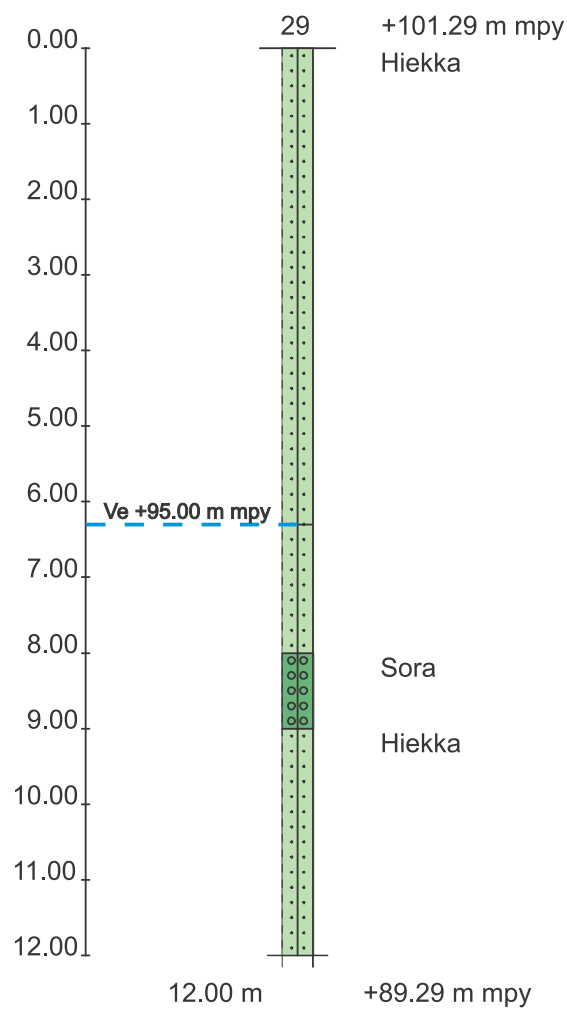


Yhteenveto:
0.00 - 0.30 m: Tv
0.30 - 1.50 m: hHk
1.50 - 5.00 m: Sa
5.00 - 10.00 m: Hk
10.00 MS

Työ:

Nro.	28	Kair. tapa	POKA
X	7023920.0	Mittakaava	1:100
Y	520590.0	Päiväys	21.12.2016





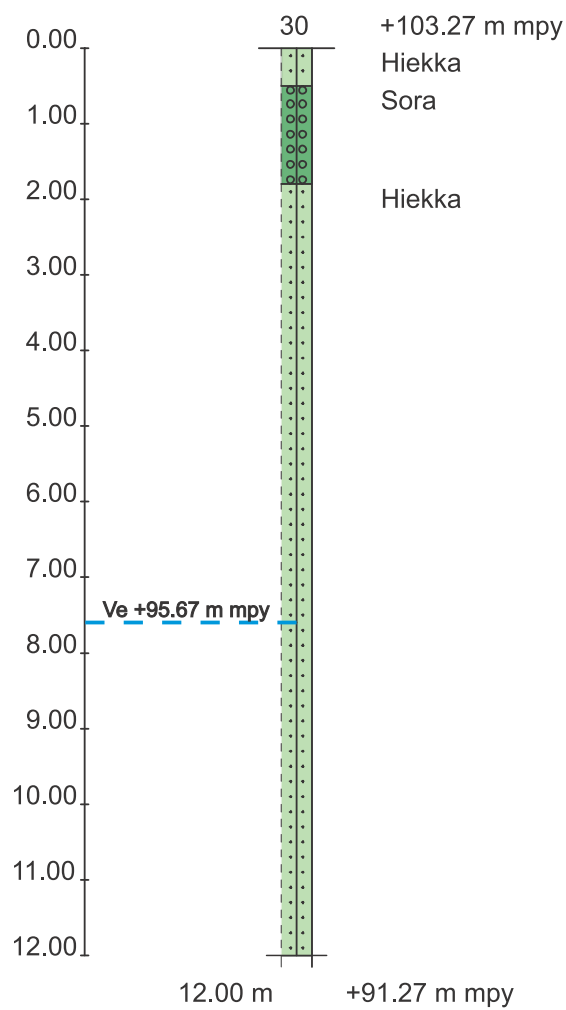
Yhteenveto:

0.00 - 8.00 m: Hk
8.00 - 9.00 m: Sr
9.00 - 12.00 m: Hk
12.00 MS

Työ:

Nro.	29	Kair. tapa	POKA
X	7024264.8	Mittakaava	1:100
Y	520710.0	Päiväys	20.12.2016





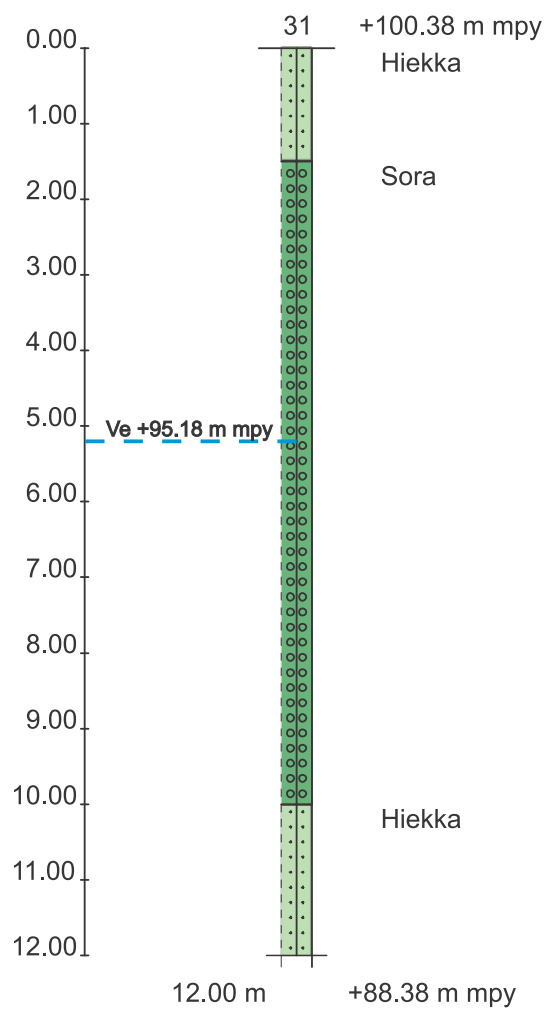
Yhteenveto:

0.00 - 0.50 m: Hk
 0.50 - 1.80 m: Sr
 1.80 - 12.00 m: Hk
 12.00 MS

Työ:

Nro.	30	Kair. tapa	POKA
X	7024283.3	Mittakaava	1:100
Y	520755.5	Päiväys	20.12.2016





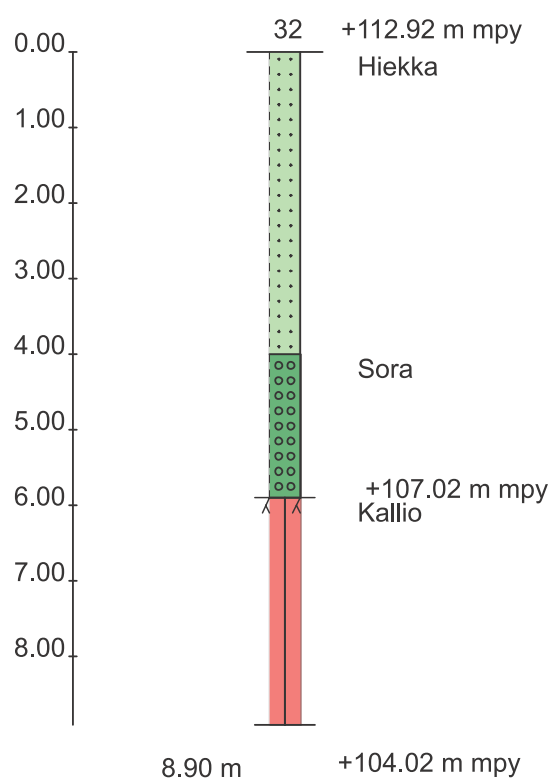
Yhteenveto:

0.00 - 1.50 m: Hk
 1.50 - 10.00 m: Sr
 10.00 - 12.00 m: Hk
 12.00 MS

Työ:

Nro.	31	Kair. tapa	POKA
X	7023984.6	Mittakaava	1:100
Y	521157.3	Päiväys	19.12.2016





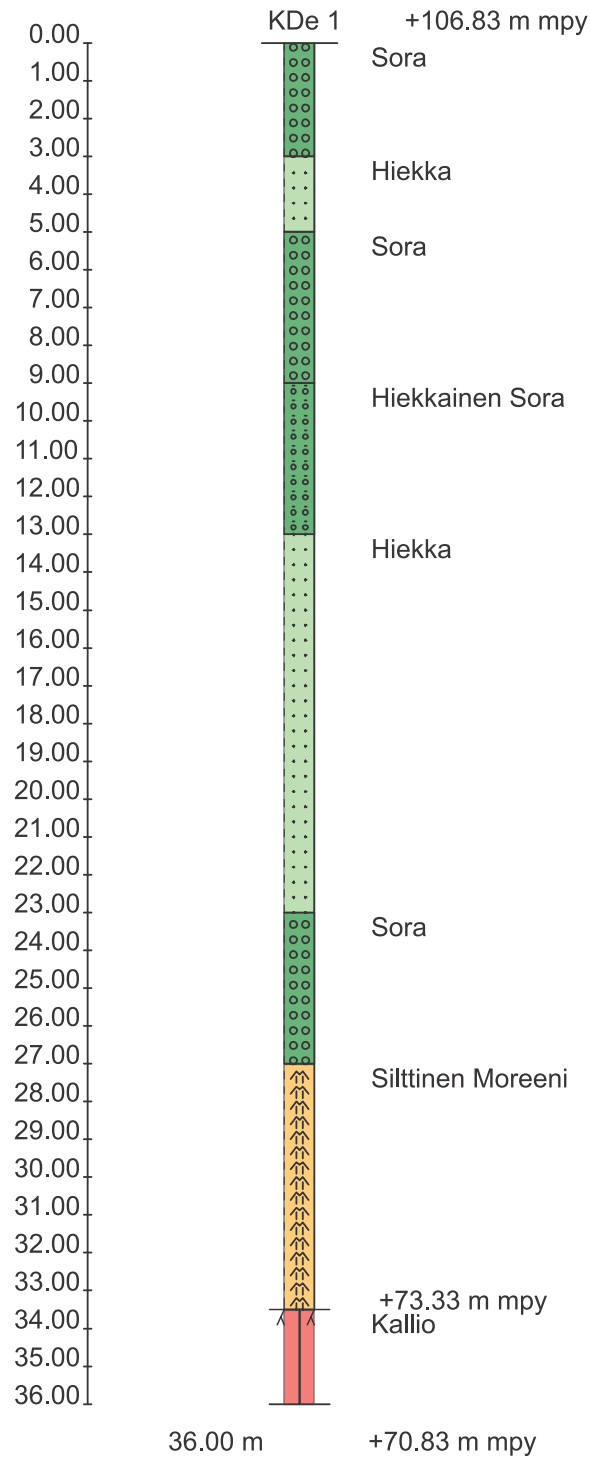
Yhteenveto:

0.00 - 4.00 m: Hk
 4.00 - 5.90 m: Sr
 5.90 - 8.90 m: Ka
 8.90 KA

Työ:

Nro.	32	Kair. tapa	POKA
X	7023709.0	Mittakaava	1:100
Y	521749.2	Päiväys	19.12.2016





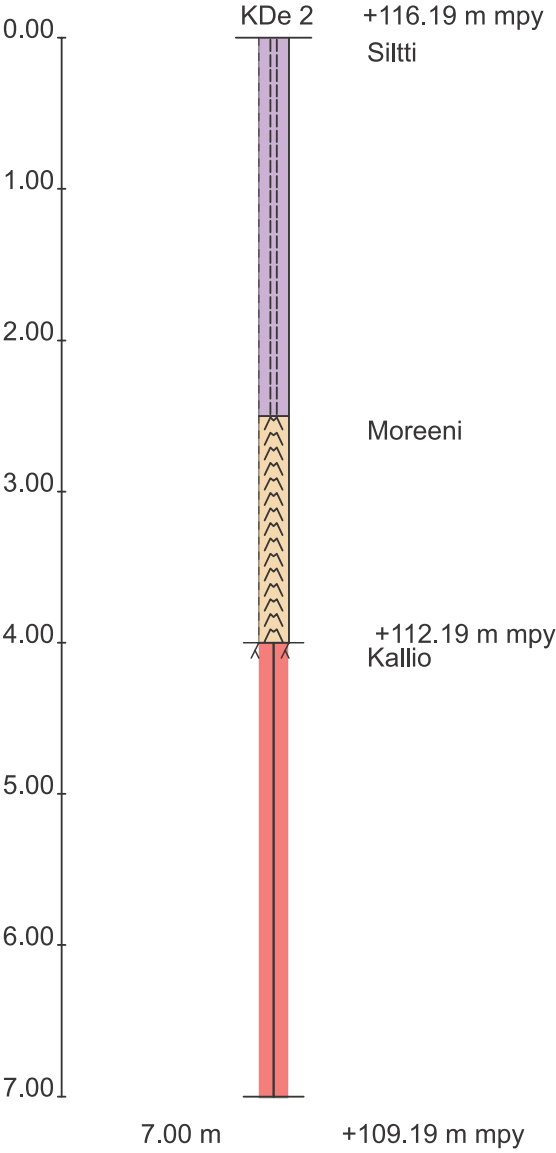
Yhteenveto:

0.00 - 3.00 m: Sr
3.00 - 5.00 m: Hk
5.00 - 9.00 m: Sr
9.00 - 13.00 m: HkSr
13.00 - 23.00 m: Hk
23.00 - 27.00 m: Sr
27.00 - 33.50 m: siMr
33.50 - 36.00 m: Ka
36.00 KA

Työ:

Nro.	KDe 1	Kair. tapa	POKA
X	7024397.7	Mittakaava	1:200
Y	520999.9	Päiväys	



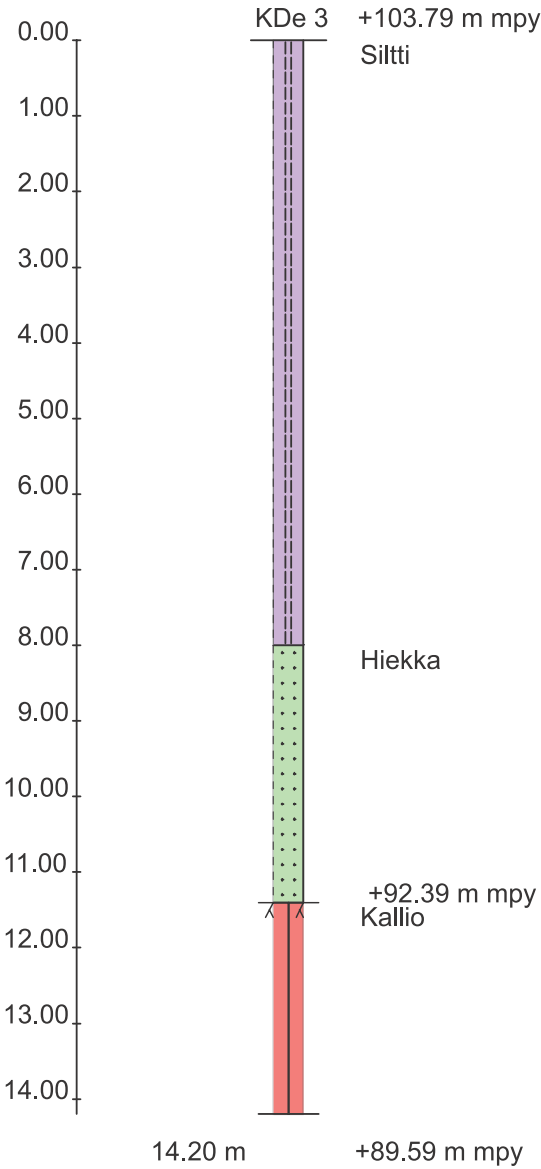


Yhteenveto:
0.00 - 2.50 m: Si
2.50 - 4.00 m: Mr
4.00 - 7.00 m: Ka
7.00 KA

Työ:

Nro.	KDe 2	Kair. tapa	POKA
X	7023910.9	Mittakaava 1:50	
Y	521532.6	Päiväys	



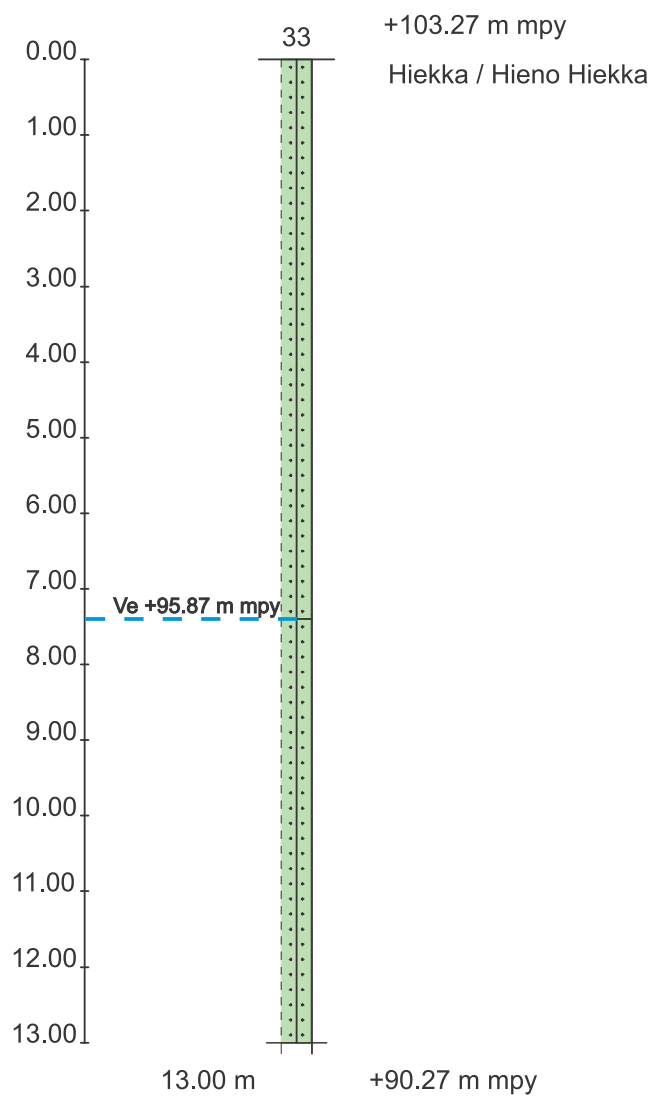


Yhteenveto:
0.00 - 8.00 m: Si
8.00 - 11.40 m: Hk
11.40 - 14.20 m: Ka
14.20 KA

Työ:

Nro.	KDe 3	Kair. tapa	POKA
X	7023445.1	Mittakaava 1:100	
Y	521175.8	Päiväys	





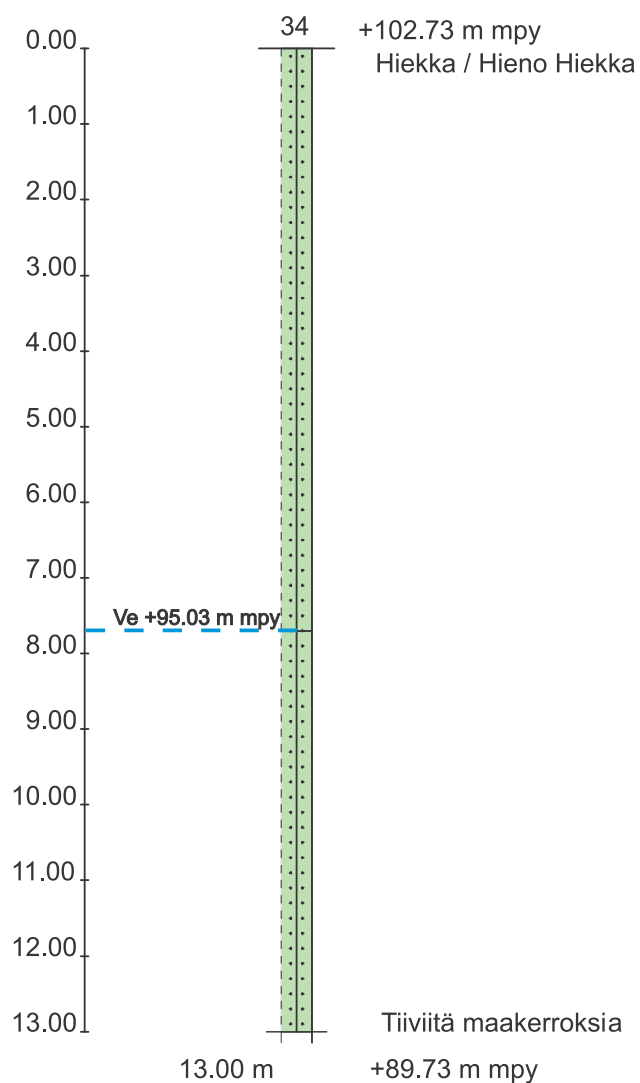
Yhteenveto:

0.00 - 13.00 m: Hk/hHk
13.00 MS

Työ:

Nro.	33	Kair. tapa	POKA
X	7023419.6	Mittakaava	1:100
Y	521059.8	Päiväys	22.12.2016





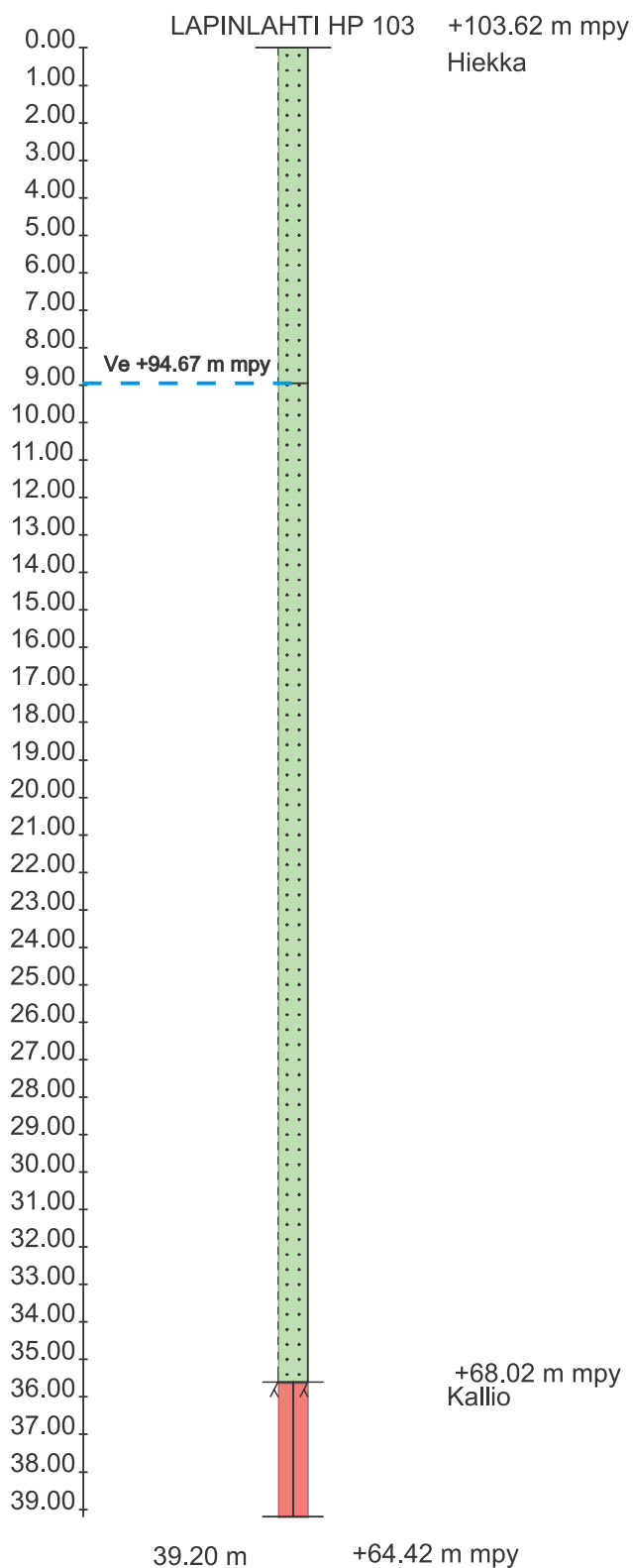
Yhteenveto:

0,00 - 13,00 m: Hk/hHk
13,00 MS

Työ:

Nro.	34	Kair. tapa	POKA
X	7023610.8	Mittakaava	1:100
Y	520859.9	Päiväys	22.12.2016





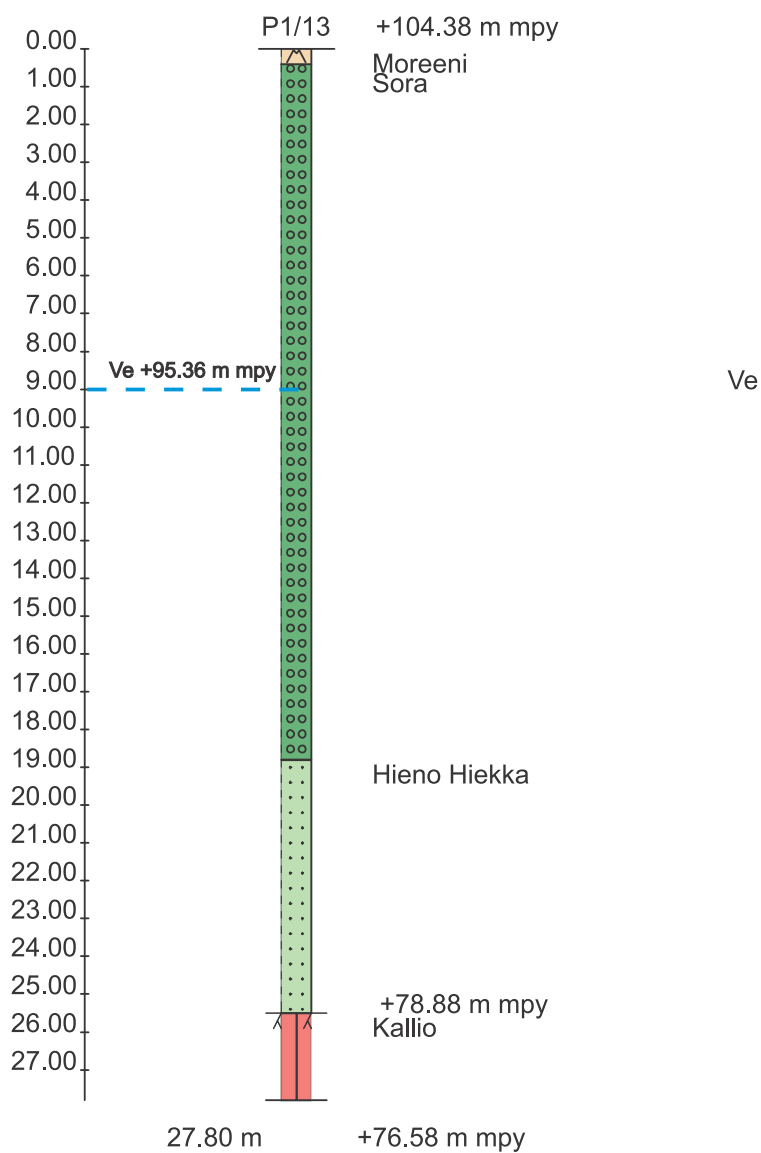
Yhteenveto:

0.00 - 35.60 m: Hk
35.60 - 39.20 m: Ka
39.20 KA

Työ:

Nro.	LAPINLAHTI HP 103	Kair. tapa	POKA
X	7023911.9	Mittakaava 1:200	
Y	520860.8	Päiväys	28.3.2007





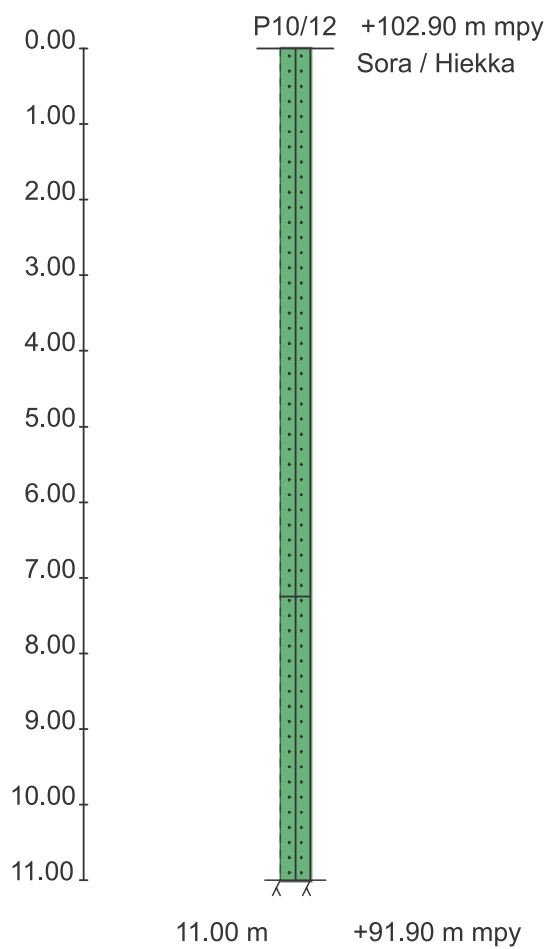
Yhteenveto:

0.00 - 0.40 m: Mr
0.40 - 18.80 m: Sr
18.80 - 25.50 m: hHk
25.50 - 27.80 m: Ka
27.80 KA

Työ:

Nro.	P1/13	Kair. tapa	POKA
X	7024613.0	Mittakaava 1:200	
Y	520738.0	Päiväys	26.11.2013





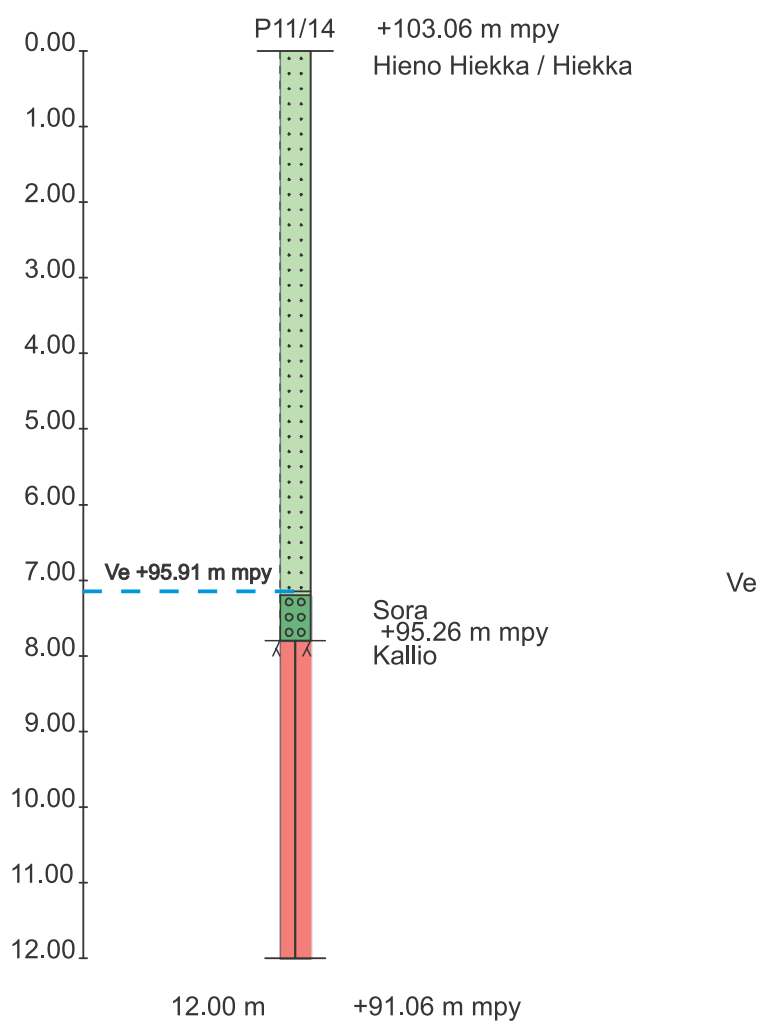
Yhteenveto:

0.00 - 11.00 m: Sr/Hk
11.00 KA

Työ:

Nro.	P10/12	Kair. tapa	POKA
X	7025367.0	Mittakaava 1:100	
Y	519890.0	Päiväys	6.9.2012





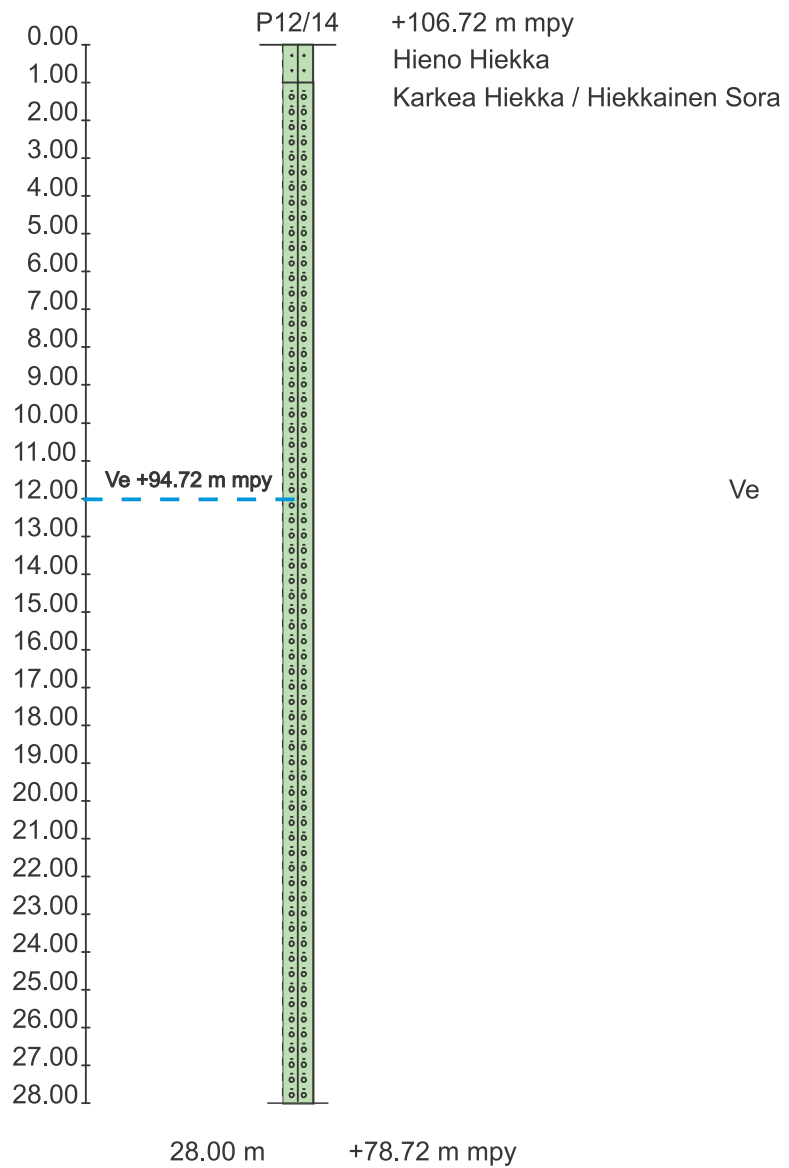
Yhteenveto:

0.00 - 7.20 m: hHK/Hk
 7.20 - 7.80 m: Sr
 7.80 - 12.00 m: Ka
 12.00 KA

Työ:

Nro.	P11/14	Kair. tapa	POKA
X	7025616.0	Mittakaava 1:100	
Y	519656.0	Päiväys	1.9.2014





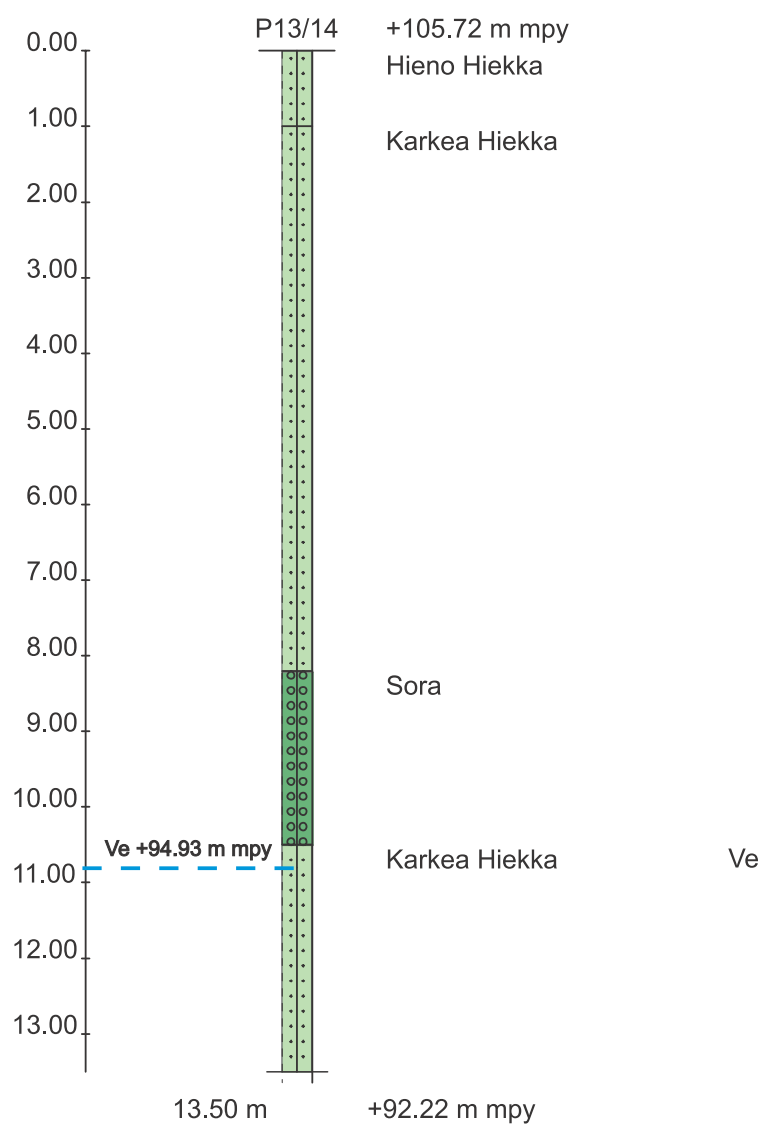
Yhteenveto:

0.00 - 1.00 m: hHk
 1.00 - 28.00 m: kHk/HkSr
 28.00

Työ:

Nro.	P12/14	Kair. tapa	POKA
X	7024591.0	Mittakaava	1:200
Y	520642.0	Päiväys	2.9.2014



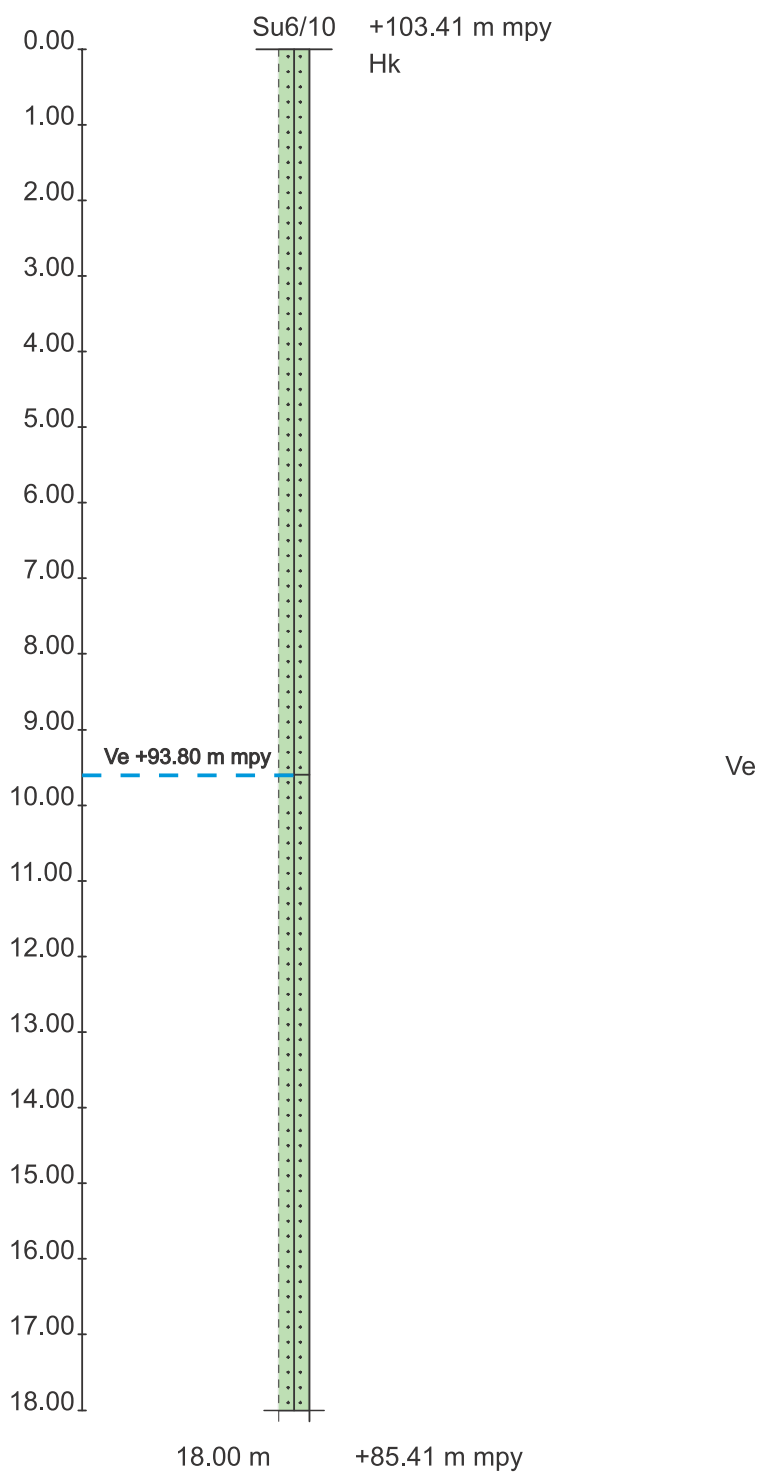


Yhteenveto:

0.00 - 1.00 m: hHk
1.00 - 8.20 m: kHk
8.20 - 10.50 m: Sr
10.50 - 13.50 m: kHk
13.50 MS

Työ:

Nro.	P13/14	Kair. tapa	POKA
X	7024493.0	Mittakaava 1:100	
Y	520713.0	Päiväys	2.9.2014



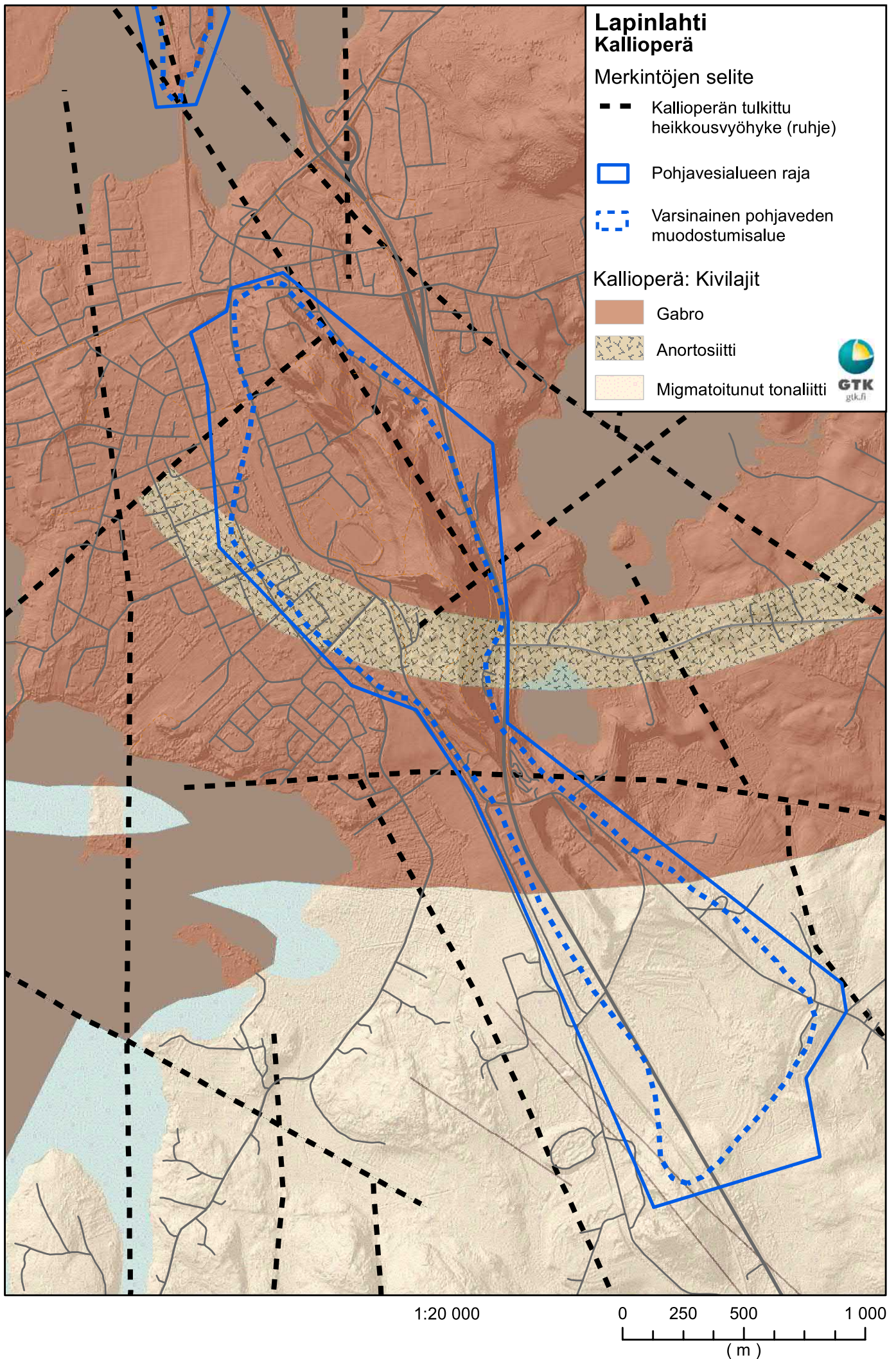
Yhteenveto:

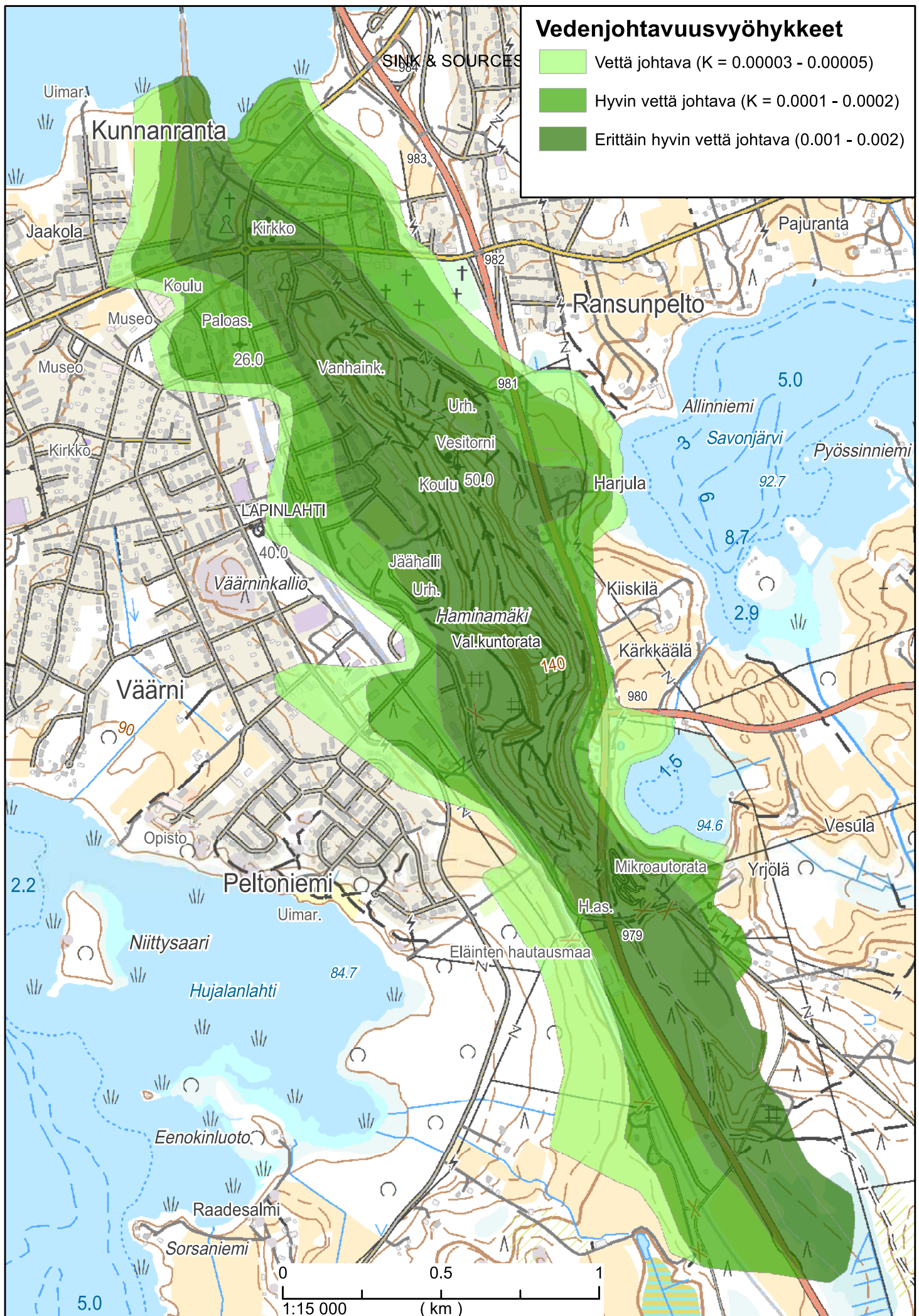
0.00 - 18.00 m: Hk
18.00 MS

Työ:

Nro.	Su6/10	Kair. tapa	POKA
X	7025560.0	Mittakaava 1:100	
Y	519996.0	Päiväys	8.9.2010







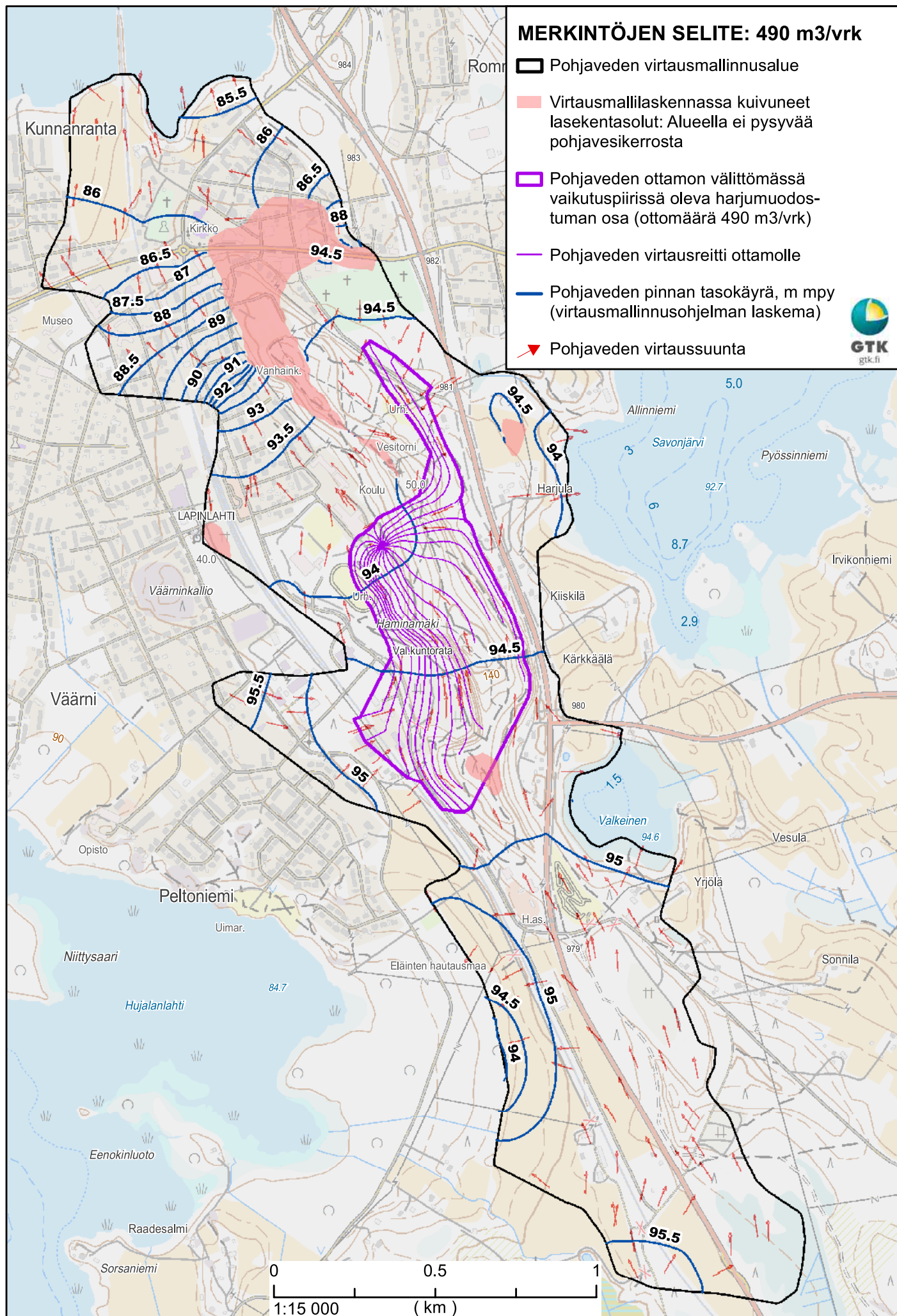
MERKINTÖJEN SELITE: 490 m³/vrk
 Pohjaveden virtausmallinnusalue

 Virtausmallilaskennassa kuivuneet lasekentasolut: Alueella ei pysyvää pohjavesikerrosta

 Pohjaveden ottamon välittömässä vaikutuspiirissä oleva harjumuodostuman osa (ottomäärä 490 m³/vrk)

 Pohjaveden virtausreitti ottamolle

 Pohjaveden pinnan tasokäyrä, m mpy (virtausmallinnusohjelman laskema)

 Pohjaveden virtaussuunta


MERKINTÖJEN SELITE: 800 m³/vrk
 Pohjaveden virtausmallinnusalue

 Virtausmallilaskennassa kuivuneet lasекentasolut: Alueella ei pysyvää pohjavesikerrosta

 Pohjaveden ottamon välittömässä vaikutuspiirissä oleva harjumuodostuman osa (ottomäärä 800 m³/vrk)

 Pohjaveden virtausreitti ottamolle

 Pohjaveden pinnan tasokäyrä, m mpy (virtausmallinnusohjelman laskema)

 Pohjaveden virtaussuunta
