Geologian tutkimuskeskus
Vesiratkaisut yksikkö
Kuopio

Tutkimustyöraportti
13/2020

28.2.2020

GTK/213/03.01/2019

Kangasniemen Syvälahden pohjavesialueen geologisen rakenteen selvitys 2019-2020

Jari Hyvärinen

GEOLOGIAN TUTKIMUSKESKUS **KUVAILULEHTI**

28.2.2020 / GTK/213/03.01/2019

Tekijät Jari Hyvärinen ja Arto Kiiskinen	Raportin laji Tutkimustyöraportti 13/2020
	Toimeksiantaja Etelä-Savon ELY-keskus ja Kangasniemen kunta
Raportin nimi Kangasniemen Syvälahden pohjavesialueen geologisen rakenteen selvitys 2019-2020	
Tiivistelmä Geologian tutkimuskeskus tutki Syvälahden alueen geologiaa aerogeofysiikan, maatutkaluotausten ja maaperäkairausten avulla. Lisäksi käytiin läpi alueelta olevat vanhat tutkimukset ja niiden tulokset. Tavoitteena oli selvittää Syvälahden alueen maaperä- ja kallioperägeologisia olosuhteita sekä tarkistaa pohjavesialueen rajauksia ja arvioida alueelle laaditun suoja-aluepäätöksen mukaisia rajauksia. Syvälahden pohjavesialueen maaperäolosuhteet ovat vaihtelevat, mutta pääosin kerrospaksuudet ovat pieniä ja materiaali soravaltaista harjumateriaalia varsin pienellä alueella. Pohjaveden hyödyntämiseen kelvollinen pohjavesialue on pinta-alaltaan pieni eikä lisävedenotolle ole mahdollisuuksia. Aerogeofysiikan perusteella tehdyssä tulkinnassa alueelta paikannettiin varsin tiheä kallioperän ruhjevyöhykeverkosto ja Syvälahden pohjukan porakaivot sijoittuvat varsin hyvin tuohon verkostoon. Myös pohjavesialueen rajauksen muutokselle on olemassa perusteet.	
Asiasanat (kohde, menetelmät jne.) Pohjavesialue, maaperäkairaus, maatutka, aerogeofysiikka, Lidar, kallioperän pohjavesi	
Maantieteellinen alue (maa, lääni, kunta, kylä, esiintymä) Suomi, Etelä-Savo, Kangasniemen kunta, Syvälahden pohjavesialue (ELY-tunnus 0621301)	
Karttalehdet 3213 08, N4334	
Muut tiedot	
Arkistosarjan nimi Tutkimustyöraportti	Arkistotunnus 13/2020

Kokonaissivumäärä	Kieli	Hinta	Julkisuus
20 s + liitteet	suomi		Julkinen

Yksikkö ja vastuualue Vesiratkaisut yksikkö	Hanketunnus 50404-40160
Allekirjoitus/nimen selvennys Eeva Käpyaho Yksikön päällikkö	Allekirjoitus/nimen selvennys Jari Hyvärinen Geologi

Sisällysluettelo

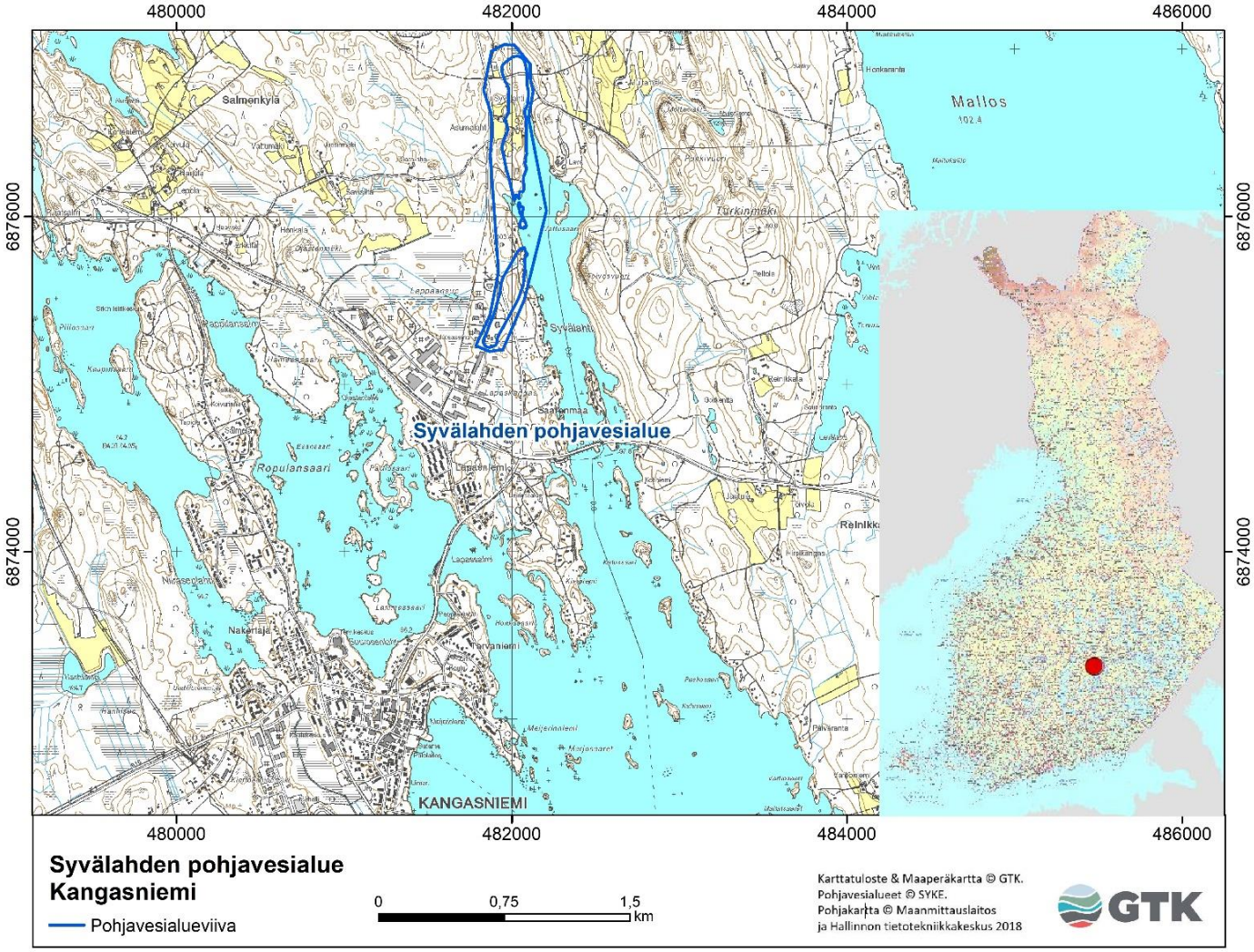
Kuvailulehti

1 Johdanto 1
1.1 Yleistä 1
1.2 Aikaisemmat tutkimukset 2
2 Tutkimusalueen kuvaus 3
2.1 Harjumuodostumien syntymekanismeista 3
2.2 Yleistä kallioperästä ja kalliopohjavesistä 5
3 Tutkimusmenetelmät 7
3.1 Maastokartoitus 7
3.2 Maatutkaluotaukset 7
3.3 Kevyet GM 50 maaperäkairaukset 9
3.4 Aerogeofysikaalinen ruhjetulkinta 10
4 Tehdyt tutkimukset 10
4.1 Maastokartoitus 10
4.2 Maatutkaluotaukset 10
4.3 Kevyet maaperäkairaukset 11
4.4 Ruhjetulkinta 11
5 Mallinnukset ja visualisoinTI 14
6 Tutkimustulokset 15
6.1 Kallioperän koostumus, rakenne ja korkokuva 15
6.2 Maaperän koostumus 15
6.3 Pohjaveden muodostuminen, varastoituminen ja virtaus 15
7 Johtopäätökset ja yhteenveto 16
8 Jatkotoimenpide-ehdotukset 17
9 LIITTEET 17

1 JOHDANTO

1.1 Yleistä

GTK toteutti Kangasniemen kunnan kirkonkylän pohjoispuolella sijaitsevan Syvälahden (0621301) vedenhankintaa varten tärkeäksi luokitellun pohjavesialueen rakennetutkimukseen liittyvän tutkimusprojektin yhteisrahoitteisena Kangasniemen kunnan ja Etelä-Savon ELY-keskuksen ympäristövastuualueen kanssa vuosien 2019-2020 alun aikana (kuva 1). Tämän rakennetutkimuksen tavoitteena oli selvittää alueen geologista rakennetta ja pohjavesiolosuhteita maatutkaluotauksilla, maaperäkairauksilla, pohjavesiputkien havaintotiedoilla, maastokartoituksella ja soveltuvilla aikaisemmilla tutkimustiedoilla. Alueelta pyrittiin paikantamaan myös kallioperän ruhjevyöhykkeitä liittyen alueen kahteen käytössä olevaan kallioporakaivoon. Tarkoitus oli myös selvittää alueelle vesioikeuden (1980) vahvistaman suoja-aluevyöhykkeen todenmukaisuutta ja soveltuvuutta alueen kallioporakaivojen suhteen.



Kuva 1. Tutkimusalueen sijainti Kangasniemen kirkonkylän pohjoispuolella (1:25 000).

Tutkimuksen tavoitteena oli hankkia lisäksi tietopohjaa mm. alueen vesihuollon turvaamisen, vesienhoitosuunnittelun ja maankäytön suunnittelun/toteuttamisen edellyttämille toimenpiteille. Pohjavesialueen pohjoisosassa on kaksi kallioporakaivoa sekä yksi pohjavedenottokaivo alueen keskiosassa Syvälahden rannalla. Projektin tavoitteiden saavuttamiseksi pyrittiin paikantamaan vedenhankinnan kannalta keskeiset maaperäyksiköt ja samalla selvitettiin alueen kallionpinnan topografiaa kairauksin ja maatutkaluotauksin sekä laatimalla alueelle kallioperän ruhjetulkinta.

Projektiin osallistuivat GTK:sta Jari Hyvärinen, Jouni Lerssi, Arto Hyvönen, Arto Kiiskinen, Hannu Pelkonen ja Janne Tranberg. Kangasniemen kunnasta projektissa olivat mukana Jouko Romo ja Mikko Korhonen. Etelä-Savon Ely-keskuksesta projektiin osallistuivat Vesa Rautio, Panu Ranta, Nina Nenonen sekä Pia Lindholm.

1.2 Aikaisemmat tutkimukset

Kangasniemen Syvälahdella on tehty vuosikymmenien saatossa useita pohjavesitutkimuksia, jotka kaikki olivat tätä työtä suunniteltaessa ja tehdessä käytössä. Niiden lisäksi työssä hyödynnettiin alueen kallioperäkarttaa (1:100 000) ja maaperäkarttaa (1:20 000 ja 1:200 000) kartoitusaineistoineen sekä ympäristöhallinnon ylläpitämää Avoin Data palvelua. Projektin käytössä olivat seuraavat tutkimusraportit:

* Kangasniemen kirkonkylän pohjavesitutkimus, Työnumero H7002. Insinööritoimisto Maa ja Vesi Oy. 1964.

* Pohjavedenottamon suoja-aluepäätös. Itä-Suomen Vesioikeus. 1983.

* Syvälahden ottamon toiminnan tehostaminen. Työnumero K70414. Insinööritoimisto Maa ja Vesi Oy. 16.4.1985.

* Pohjavesialueiden kartoitukset Kangasniemellä, Työnumero K70675. Insinööritoimisto Maa ja Vesi Oy. 1987.

* Seismiset refraktioluotaukset Kangasniemen Syvälahdella. Keski-Suomen ympäristöpiiri. 1991.

* Kangasniemen pohjavesiselvitykset 1992 - 1993. Mikkelin vesi-ja ympäristöpiiri. Työnumero 0592B046/341. 1993.

* Seismiset refraktioluotaukset Kangasniemen Syvälahdella. Keski-Suomen ympäristöpiiri. 2000.

* Drilled Well yield and hydraulic properties in the Precambrian crystalline bedrock of Central Finland. Väitöskirja. Turun Yliopiston julkaisuja, sarja AII osa 267, 2012.)

2 TUTKIMUSALUEEN KUVAUS

Syvälahden pohjavesialue liittyy varsin katkonaiseen ja heikosti kehittyneeseen pohjoinen-etelä harjusysteemiin, jota Kangasniemen alueella edustaa katkonaiset, moreenialueiden reunustamat, pienialaiset ja ohuet hiekka- ja sorakerrostumat. Pohjavesialueen kokonaispinta-ala on noin 0,43 km^2 ja varsinaisen muodostumisalueen laajuudeksi on arvioitu ainoastaan noin 0,15 km^2. Alueella on arvioitu muodostuvan pohjavettä noin 100 m^3/d.

Pohjavesialueelle on rakennettu pohjavedenottamo Syvälahden ranta-alueelle, josta on vesioikeuden lupa ottaa pohjavettä keskimäärin 1000 m^3/d, (hetkellisesti 1500 m^3/d) ja jonka vedenantoisuus perustuu käytännössä kokonaan rantaimeytyvälle Ruovedenselän Syvälahden pintavedelle. Syvälahden pohjukan pohjoispuolella sijaitsevat kallioporakaivot hyödyntävät sen sijaan tutkimusalueella risteilevissä ruhjevyöhykkeissä muodostuvia ja virtaavia kalliopohjavesiä. Viime vuosina pohjavedenottokaivoista on otettu pohjavettä keskimäärin noin 250 m^3/d, josta määrästä keskimäärin noin 200 m^3/d on peräisin kuilukaivosta ja noin 50 m^3/d yhteensä molemmista porakaivoista. Kalliopohjaveden osuus on siis noin viidennes Syvälahden pohjavesialueelta otetusta vedestä.

2.1 Harjumuodostumien syntymekanismeista

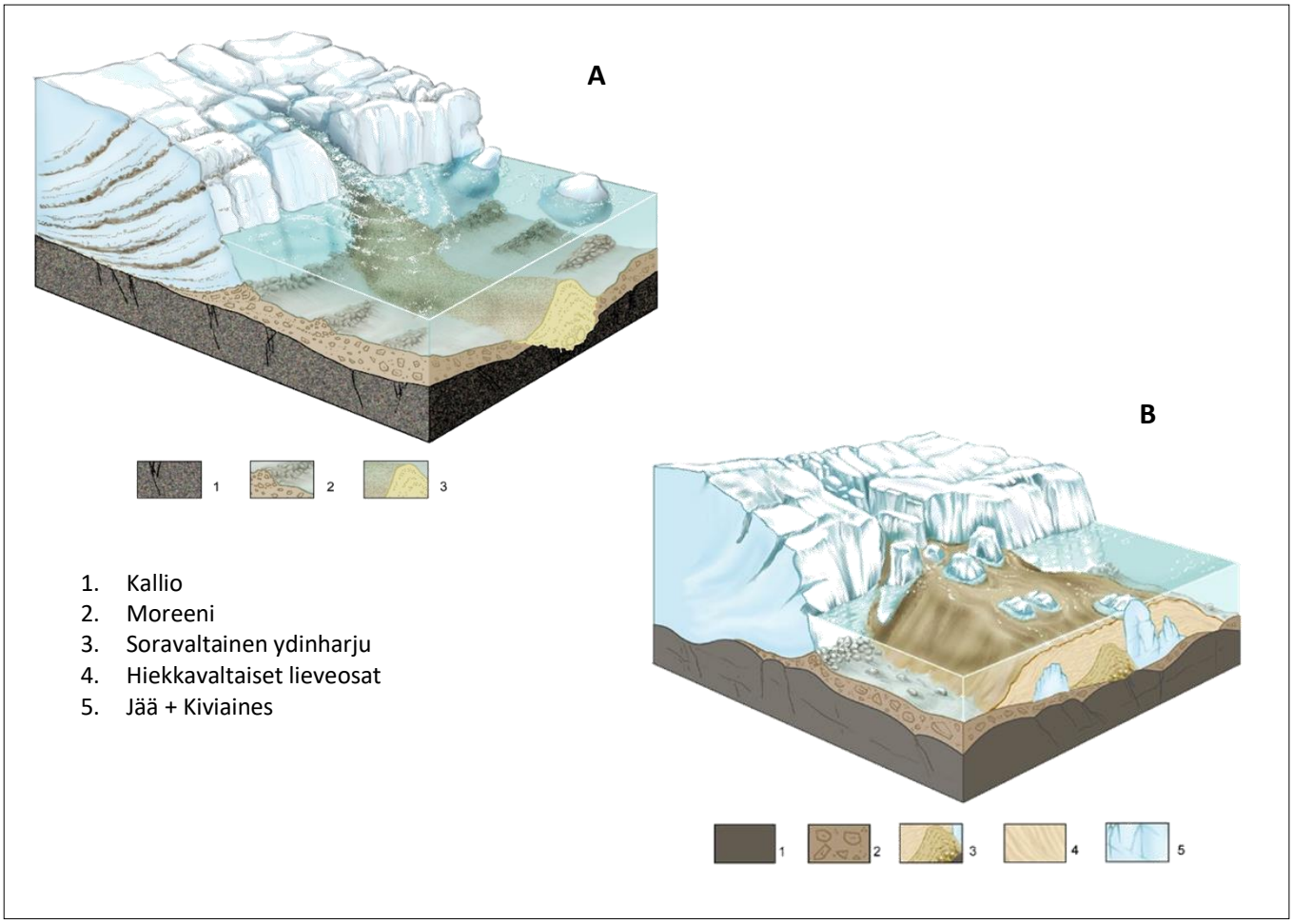
Mannerjäätikön sulamisvesien vaikutuksesta syntyneitä glasifluviaalisia eli jäätikköjokimuodostumia ovat pitkittäisharjut, deltat sekä ns. lajittuneet sauma- ja reunamuodostumat kuten esim. Salpausselät. Yleisesti puhutaan kuitenkin harjumuodostumista, jotka ovat materiaaliltaan pääasiassa hiekkaa ja 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 km^2, joten myös sulamisvesimäärät ovat olleet suuria. Merkityksellistä jäätikköjokien kerrostamistapahtumassa on myös jäätikön edustan vedensyvyys, joka itäisen Suomen alueella on ollut noin 10 – 50 metriä harjujen syntyvaiheessa. Pitkittäisharjun poikkileikkauksessa kerrossuhteet ja raekoko ovat vaihtelevia, mutta muodostuman pituussuunnassa rakenteen ja aineksen vaihtelu on yleensä vähäisempää. 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.



Kuva 2: Kaaviollinen piirros pitkittäisharjun synnystä mannerjäätikön edustalle syvään veteen. A) Harjun karkea ydinosa 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 (Piirrokset: 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.

2.2 Yleistä kallioperästä ja kalliopohjavesistä

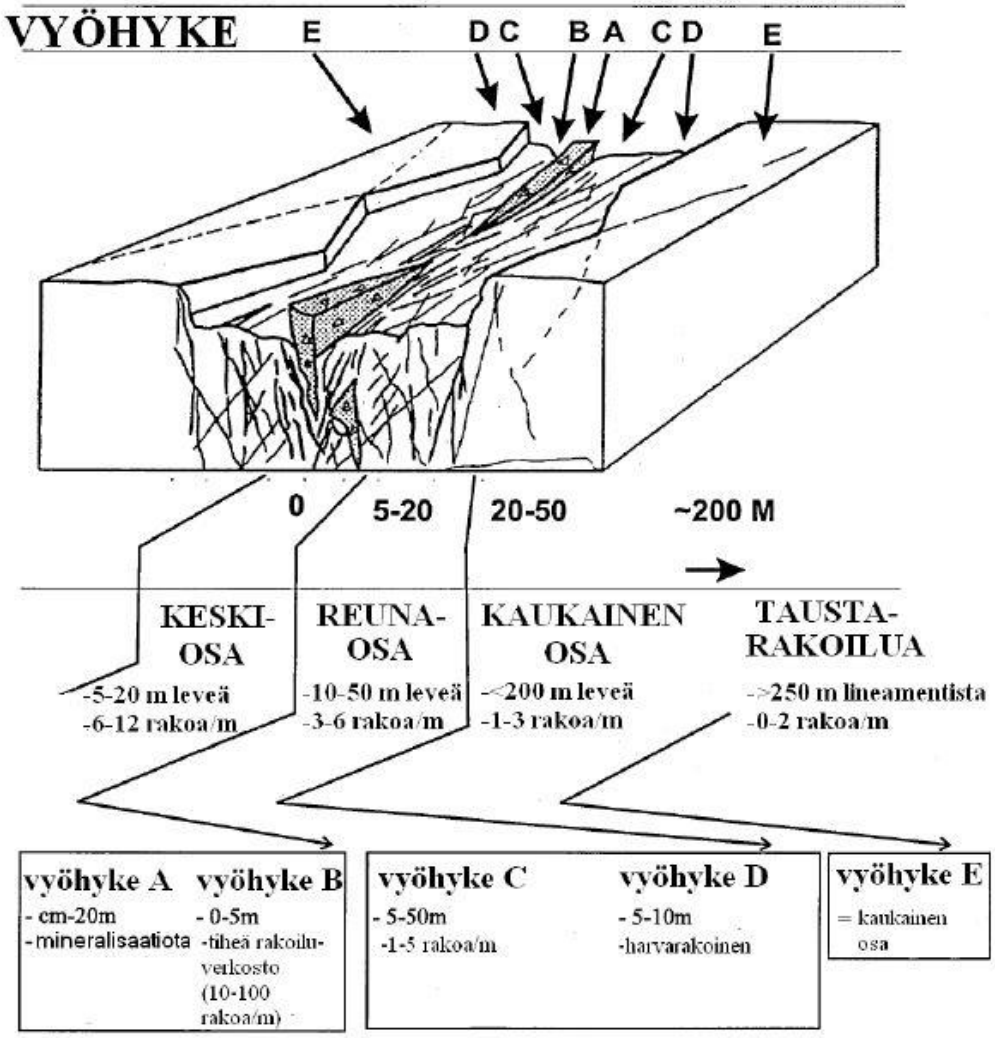
Suomen kallioperä kuuluu vanhaan prekambriseen peruskallioalueeseen ja on osa ns. Fennoskandian kilpeä, joka on itse asiassa Euraasian mantereen vanhimpia osia. Prekambrinen kallioperämme jaetaan käytännössä kahteen toisistaan selvästi poikkeavaan osaan, maamme itä- ja pohjoisosat kuuluvat vanhimpaan ns. arkeeiseen kallioperään, jossa valtakivilajeina ovat gneissit ja migmatiitit. Sen sijaan länsi- ja keskiosaa maatamme edustavat syntyperältään nuoremmat magma- ja metamorfiset kivilajit, joita ovat tyypillisimmillään graniitit, migmatiitit, vulkaniitit sekä erilaiset liuskeet.

Ikivanhaa kallioperäämme peittävät paljon nuoremmat maaperäkerrostumat, jotka ovat käytännössä syntyneet viimeisimmän jääkauden loppuvaiheissa, eli vain noin 10 000 vuotta sitten. Viimeisimmän mannerjäätikön on arvioitu kuluttaneen kallioperää noin seitsemän (7) metrin verran. Kiinteän kallioperämme ja irtaimista maalajeista muodostuvan maaperän välillä on siis erittäin suuri ikäero (hiatus). Huomattavaa on, että maamme kallioperästä on vain noin 3 % näkyvissä (kalliopaljastumat) ja muu alue on enemmän tai vähemmän erilaisten maaperäkerrostumien alla.

Suomen kiteisessä kallioperässä ei ole käytännössä primaarista huokoisuutta lainkaan eli pohjaveden liikkuminen on mahdollista ainoastaan erilaisissa kallioraoissa. Kallioperämme on jakautunut suurlohkoihin ja kaikkein merkittävimmät kalliopohjavesiesiintymät sijaitsevat näiden suurlohkojen reunoilla tai kallioperän pitkissä murrosvyöhykkeissä. Kalliopohjaveden alueelliseen esiintymiseen vaikuttavat merkittävästi kallioperän kivilajien rakoiluominaisuudet. Myös kivilajirajat ovat potentiaalisia kalliopohjaveden esiintymisalueita, sillä niihin liittyy usein merkittävää kallioperän rikkonaisuutta. Ruhjealueilla normaalia runsaampaa rakoilua esiintyy vaakatasossa vielä noin 100 – 200 metrin päässä varsinaisesta ruhjeen keskikohdasta ruhjeen kaavamaisesti esitetyssä vyöhykejaossa (kuva 2 seuraavalla sivulla). Tosin rakojen määrä vähenee selvästi kun ruhjeen keskiosasta siirrytään reunaosan kautta ns. kaukaiseen osaan

Parhaat vettä johtavat ruhje- ja rikkonaisuusvyöhykkeet sijaitsevat yleisesti alle 100 metrin syvyydessä. Tätä syvemmällä vettä johtavien rakenteiden määrä vähenee selvästi ja myös veden laatu saattaa heiketä. Kallion- ja maanpinnan korkokuvalla on merkittävä vaikutus pohjaveden määrään. Kalliopohjavesiesiintymien antoisuuteen merkittävästi vaikuttavia tekijöitä ovat myös kallioperän rikkonaisuus- ja ruhjevyöhykkeiden varasto-ominaisuudet. Lisäksi antoisuuteen vaikuttavat pysty- ja vaakarakojen vedenjohtokyky (so. avonaisuus/täytteisyys).

Kalliopohjaveden laatuun vaikuttavat tekijät ovat joko geologisia, eri merivaiheista johtuvia, ilmasta peräisin olevia tai ihmistoiminnasta johtuvia. Geologisista tekijöistä johtuvat kalliopohjavedessä mm. SiO_3-, F^--, Ca^{2+}-, Mg^{2+}- ja K^+- pitoisuudet ja esimerkiksi uraanin, fluoridin ja arseenin esiintyminen kalliopohjavesissä on tiukasti sidoksissa kivilajiin.



Kuva 2. Kallioperän rakennetta ruhjeen kohdalla FT Jorma Mäkelän (Keski-Suomen ELY-keskus) mukaan.

Myös kallioperän rakotiheys ja rakojen vedenjohtavuus vaikuttaa pohjaveden laatuun ja hidaskiertoisissa osissa pohjavedessä on enemmän liuenneita aineista, joka näkyy mm. veden kokonaiskovuudessa. Ja huomattavaa on, että kalliopohjavesi muodostuu käytännössä maaperäkerrostumien kautta, joten merkittävä osa (kallio)pohjaveden koostumukseen vaikuttavista prosesseista tapahtuu jo maaperässä. Siten huonosti vettä johtavan maaperän alla myös kalliopohjavesi sisältää enemmän liuenneita aineita.

Sekä nykyiset että aiemmat (siis reliktiset) merivaiheet lisäävät kalliopohjaveden natrium, magnesium, kloori ja sulfaattipitoisuuksia. Muinaisina aikoina merivaiheet ovat ulottuneet kauemmaksi sisämaahan ja se on saattanut jättää sisämaassakin suoloja kallioperän rakovyöhykkeisiin. Huomattavaa on, että kalliopohjavettä (suuria määriä) pumpattaessa saattaa suolaisia vesiä kulkeutua pumppauspaikalle hyvinkin kaukaa, rakosysteemien reuna-alueilta.

Sadevesi luonnollisesti vaikuttaa pohjaveden ja myös kalliopohjaveden koostumukseen. Luonnonolosuhteissa suurin osa sisämaan pohjavesien sulfaatista ja nitraatista on peräisin sadevedestä ja esim. typpiyhdisteitä ei kallioperässä esiinny käytännössä ollenkaan.

Kalliopohjaveden muodostumiselle on parhaat edellytykset alueilla, missä kallion rakoilusysteemit ovat virtausyhteydessä maaperän hyvin vettäläpäiseviin kerroksiin eli käytännössä harjualueilla. Toisaalta paksut maakerrokset suojaavat myös kalliopohjavettä. Siten esim. maa-ainestenotto saattaa vaikuttaa myös kalliopohjaveden laatuun kun biologisesti aktiivinen maannoskerros on poistettu. Asutuksen, teollisuuden ja liikenteen mahdolliset päästöt näkyvät pohjavedessä erityisesti kohonneena liuenneiden aineiden kokonaismääränä (TDS), kokonaiskovuutena sekä kohonneina Cl-, $N0_3$-, Ca, K, $KMnO_4$- pitoisuuksina.

Kalliopohjavesi on yleisesti ottaen kiteisen kallion alhaisen puskurikyvyn (vähäisen kalkkikiven määrä) takia herkkää pilaantumiselle, varsinkin jos sitä suojaava maapeite on ohut tai puuttuu kokonaan. Toisaalta pitkienkin kulkeutumismatkojen ja –aikojen takia kalliopohjavesi sisältää luontaisestikin enemmän liuenneita aineita kuin maaperän pohjavesi ja sisämaan olosuhteissa liuenneiden aineiden keskimääräiset pitoisuudet yleensä kasvavat syvyyden funktiona. Tavallisimpia ongelmia ovat pohjaveden korkeat rauta ja mangaanipitoisuudet. Yleensä vaaleissa syväkivissä (mm. graniitit, granodioriitit) pohjaveden rauta- ja mangaanipitoisuudet ovat alhaisempia ja toisaalta sitten maapeitteen paksuus ja tiiveys näyttävät lisäävän kalliopohjaveden rautapitoisuuksia.

3 TUTKIMUSMENETELMÄT

3.1 Maastokartoitus

Tutkimusalueella tehdyllä maastokartoituksella muodostettiin yleiskäsitys alueen geologisista ja hydrogeologisista olosuhteista. Kartoituksessa tehtiin geomorfologiset pintahavainnot tutkimusalueen keskeisiltä osilta. Myös pohjavesialueella sijaitsevista kalliopaljastumista ja niiden laajuudesta tehtiin havaintoja.

Maastokartoituksen yhteydessä suunniteltiin myös maatutkalinjojen sekä kairauspisteiden sijoittamista ottaen huomioon geologisten ja hydrogeologisten tekijöiden lisäksi myös mm. maanomistusolosuhteet sekä metsäautotiestön mahdollistaman pääsyn tutkimuspisteille kairauskalustolla. Tärkeitä havaintoja olivat mm. kalliopaljastumien havainnointi. Myöhempiä tarkasteluja varten alueella otettiin sekä valokuvia että kuvattiin videoita.

3.2 Maatutkaluotaukset

Maatutkaluotaus on geofysikaalinen tutkimusmenetelmä, joka perustuu sähkömagneettisten pulssien lähettämiseen maaperään ja takaisin heijastuvien pulssien rekisteröintiin. Maatutkaluotauksella saadaan jatkuvaa profiilitietoa maaperän rakenteesta. Menetelmä on parhaimmillaan harjualueilla,

joissa sillä saadaan tietoa jopa yli 30 metrin syvyydeltä kallionpinnan korkokuvasta, pohjavedenpinnan tasosta, irtainten maalajien laadusta ja maaperän kerrosten rakenteesta. Näillä tiedoilla on merkittävä osuus alueilla, joilla on vähän maaperäleikkauksia.

GTK:n käytössä on Ramac Pro EX maatutkakalusto (kuva 3) ja tämän tutkimuksen yhteydessä käytettiin 25 MHz ja 100 MHz suojaamattomia letkuantenneja, joista 25 MHz:n antennin syvyysulottuvuus on olosuhteista riippuen noin 20-25 m eli suurempi kuin 100 MHz antennin, jolla toisaalta saadaan tarkempaa kuvaa (maaperän) pintaosista.

Maatutkaluotausten tuloksia on tässä raportissa hyödynnetty soveltuvin osin sekä kallion- että pohjavedenpinnan syvyyden määrityksessä ja myös sekä maaperämuodostumien sisäisen rakenteen että kallioperän pintaosan rakenteiden tulkinnassa. Maatutkalinjat on tallennettu GTK:n tietokantaan, mistä niitä on tarvittaessa saatavana sekä numeerisena että paperitulosteina. Raportissa on mukana muutama alueelle tyypillinen esimerkkilinja.

Kuva 3. Ramac ProEx -maatutkakalustoa varustettuna tarkalla GPS-paikantimella sekä suojaamattomilla Rough Terrain 100 MHz ja 25 MHz letkuantenneilla. Kuva A. Hyvönen, GTK.

3.3 Kevyet GM 50 maaperäkairaukset

Kevyitä maaperäkairauksia maaperän sekä kerrosrakenteiden selvittämiseksi että maatutkaluotauksen tulkinnan varmistamiseksi tutkimusalueella tehdään kevyellä, täysin hydraulisella tela-alustaisella GM-50 kairauskalustolla tarpeelliseksi katsotuilla kohdilla linjoja, 32 mm pliktausterää käyttäen. Näin varmistetaan mm. kalliopohjan sijaintia ja saadaan tarvittavaa ja suoraa tietoa maaperän laadusta. Laitteiston käyttö pohjavesialueella on turvallista, eikä se kevyenä laitteistona jätä merkittäviä jälkiä maastoon. Koneen liikuttamisessa hyödynnetään mahdollisuuksien mukaan alueen metsäautotie-, metsäura- ja muuta vastaavaa verkostoa.

Maaperäkairauksia tehdään luodatuille maatutkalinjoille riittävä määrä ja ko. maaperäkairaukset sijoitetaan aineistojen tulkinnan kannalta keskeisimpiin kohtiin. Siten osan kairauspisteistä tarkka sijoittuminen tulee tarkentumaan vasta maatutkaluotausten alustavan tulkinnan jälkeen. Kairausta hyödynnetään myös pohjavesialueen rajausten tarkistamisessa. Huomattavaa on, että kivisessä/lohkareisessa maaperässä kaluston käyttökelpoisuus on heikko eikä esimerkiksi kalliovarmistuksia ole mahdollista tehdä.

Kuva 4. Kevyt tela-alustainen GM50 kairakone työmaalla.

3.4 Aerogeofysikaalinen ruhjetulkinta

Kallioperän rikkonaisuutta arvioitiin ennen maastotutkimusten alkua maanpinnan korkeusmallista laadittujen erilaisten vinovalaistujen korkokuvakarttojen avulla. Korkokuva-karttoihin yhdistettiin kallioperä- ja/tai maaperäkarttatietoja. Käytettäessä eri valaisukulmia ja katselusuuntia saatiin eri suuntaiset rikkonaisuus- ja ruhjevyöhykkeet hyvin esille. Maaperäkarttojen avulla voitiin arvioida alueen vedenmuodostumisolosuhteita.

Myös kallioperälohkojen välisten ruhjeiden risteyskohdat ovat hyviä kalliopohjaveden esiintymisalueita. Korkeusmallin lisäksi kallioperän rikkonaisuusvyöhykkeet tulkittiin geofysikaalisen matalalentomittausaineiston avulla käyttäen maankamarasta mitattua magneettista ja sähkömagneettista aineistoa.

Magneettisissa mittauksissa mitattiin maan magneettikentän totaaliarvoa ja mittaus antaa tietoa magneettisten mineraalien jakautumisesta kallioperässä. Magnetoituneen kallioperän alueella ruhjeet näkyvät yleisesti magneettisina minimeinä. Kallioperän lohkojen väliset siirrokset saattavat näkyä magneettisten anomaliakuvioiden kääntymisinä tai katkeamisina tai magneettikentän tasoeroina.

Sähkömagneettisissa mittauksissa mitattiin maankamaran sähkönjohtokykyä. Mittausmenetelmästä johtuen syvyysulottuvuus on yleensä alle 100 metriä. Ruhjeet saattavat näkyä kallioperän painanteisiin (mahdollisiin ruhjeisiin) kerääntyneen kostean irtomaapeitteen aiheuttaminen heikkoina anomalioina. Irtomaakerroksen sähkönjohtavuusmuutokset näkyvät selvimmin imaginaarikomponentissa.

4 TEHDYT TUTKIMUKSET

4.1 Maastokartoitus

Maastokartoitukset tehtiin ennen muiden maastotöiden aloittamista ja useammassa otteeseessa. Maastokartoituksissa suunniteltiin maatutkalinjoja ja kairauspisteitä sekä tehtiin havaintoja mahdollisista kalliopaljastumista sekä maaperäleikkauksista. Myös varsinaisten maastotutkimusten aikaa tehtiin maastohavaintoja, eritoten kalliopaljastumista ja lisäksi otettiin valokuvia ja videoita myöhempiä tarkasteluja varten.

4.2 Maatutkaluotaukset

Maatutkaluotauksia Syvälahdella tehtiin 17. - 19.9.2019 välisenä aikana kaikkiaan 34 linjalla yhteensä noin 13,6 kilometriä. Linjapituudet vaihtelivat 58 – 1195 m välillä. Maatutkaluotauksia hyödynnettiin alueen kalliopinnanmallin laadinnassa, sillä Syvälahden tutkimusalueella on varsin vähän kallioon ulottuvia kairauksia. Lisäksi tietoja hyödynnettiin hiekka/sora-alueiden (pohjavesialueen) laajuuden selvittämisessä. Maatutkaluotaustiedoista pystyttiin tulkitsemaan myös kallioperän ruhjevyöhykkeitä ja niiden tarkempaa sijaintia.

4.3 Kevyet maaperäkairaukset

Syvälahden pohjavesialueella ja sen lähiympäristössä tehtiin kevyitä maaperäkairauksia tela-alustaisella GM50 koneella 30.9 – 8.10.2019 välisenä aikana kaikkiaan 20 kairauspisteessä yhteensä noin 70 metriä. Kairauksia tehtiin sekä pohjavesialueen rajausten tarkentamiseksi että myös maatutkaluotausten referenssipisteiksi. Materiaali on pääosalla kairauspisteistä erittäin karkeaa, lohkareista moreenia ja kairaussyvyydet jäivät sen vuoksi varsin pieniksi, keskimäärin vain noin 3,5 metriin. Useimmilla pisteillä tehtiin kuitenkin useampia yrityksiä kairauspistettä muutamia metrejä siirtäen ja taulukkoihin on otettu mukaan parhaiten onnistunut yritys. Kairauspisteet on esitetty kartalla liitteessä 1 ja kairaustulokset taulukossa liitteessä 9.

4.4 Ruhjetulkinta

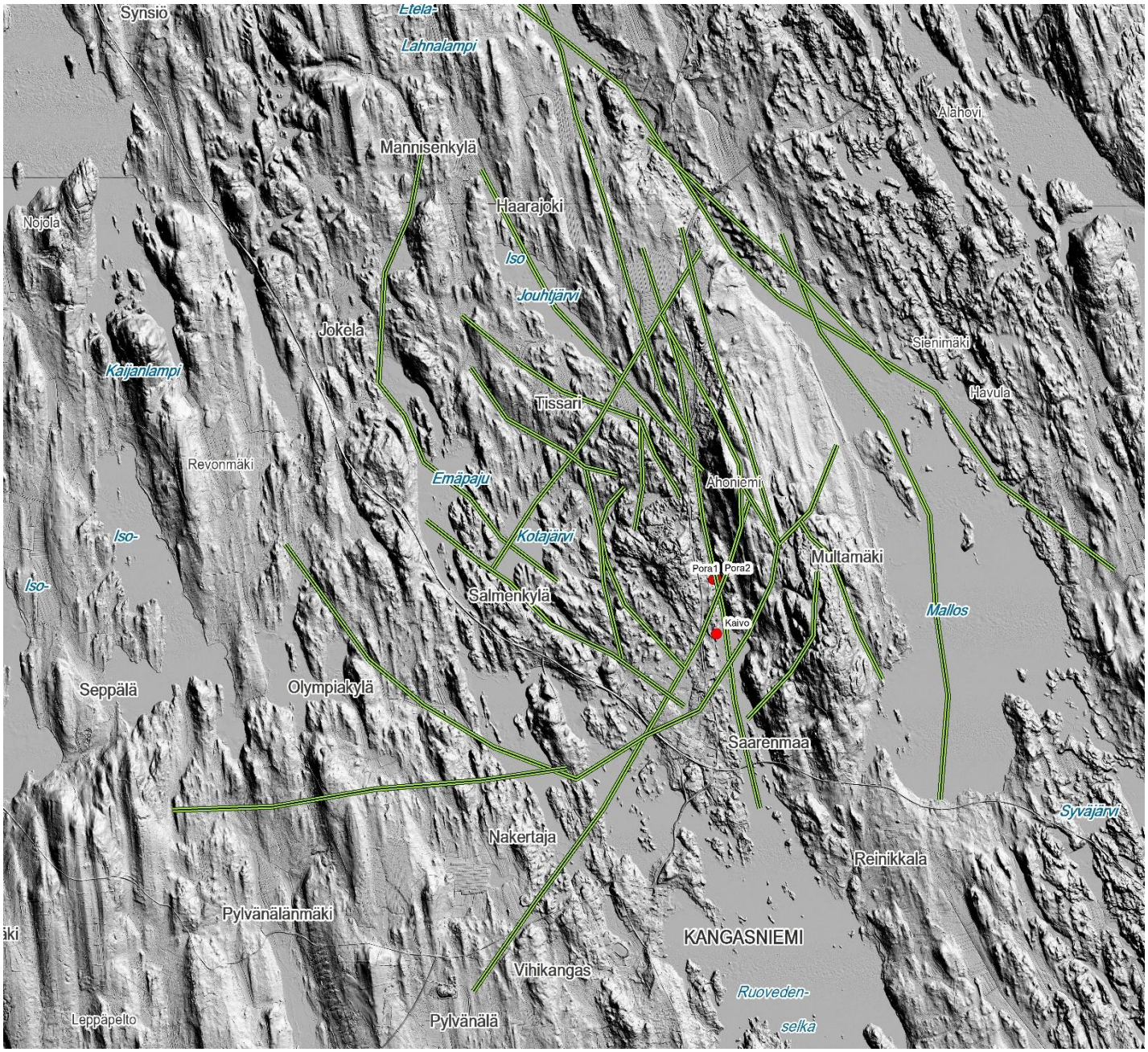
Syvälahden alueelle tehtiin lentogeofysiikkaan ja korkeusmalliin perustuva kalloperän ruhjetulkinta geofyysikko Jouni Lerssin toimesta. Lentogeofysiikan aineistosta hyödynnettiin magneettisia ja sähkömagneettisia mittauksia. Niiden lisäksi hyödynnettiin maanpinnan (LIDAR-) korkeusmallia. Tulkittujen ruhjeiden sijainti on esitetty liitteissä 3 ja 4 sekä kuvissa 5 ja 6.

Kallioperän rikkonaisuutta arvioitiin ennen maastotutkimusten alkua maanpinnan korkeusmallista laadittujen erilaisten vinovalaistujen korkokuvakarttojen avulla. Korkokuva-karttoihin yhdistettiin kallioperä- ja/tai maaperäkarttatietoja. Käytettäessä eri valaisukulmia ja katselusuuntia saatiin eri suuntaiset rikkonaisuus- ja ruhjevyöhykkeet hyvin esille. Maaperäkarttojen avulla voitiin arvioida alueen vedenmuodostumisolosuhteita.

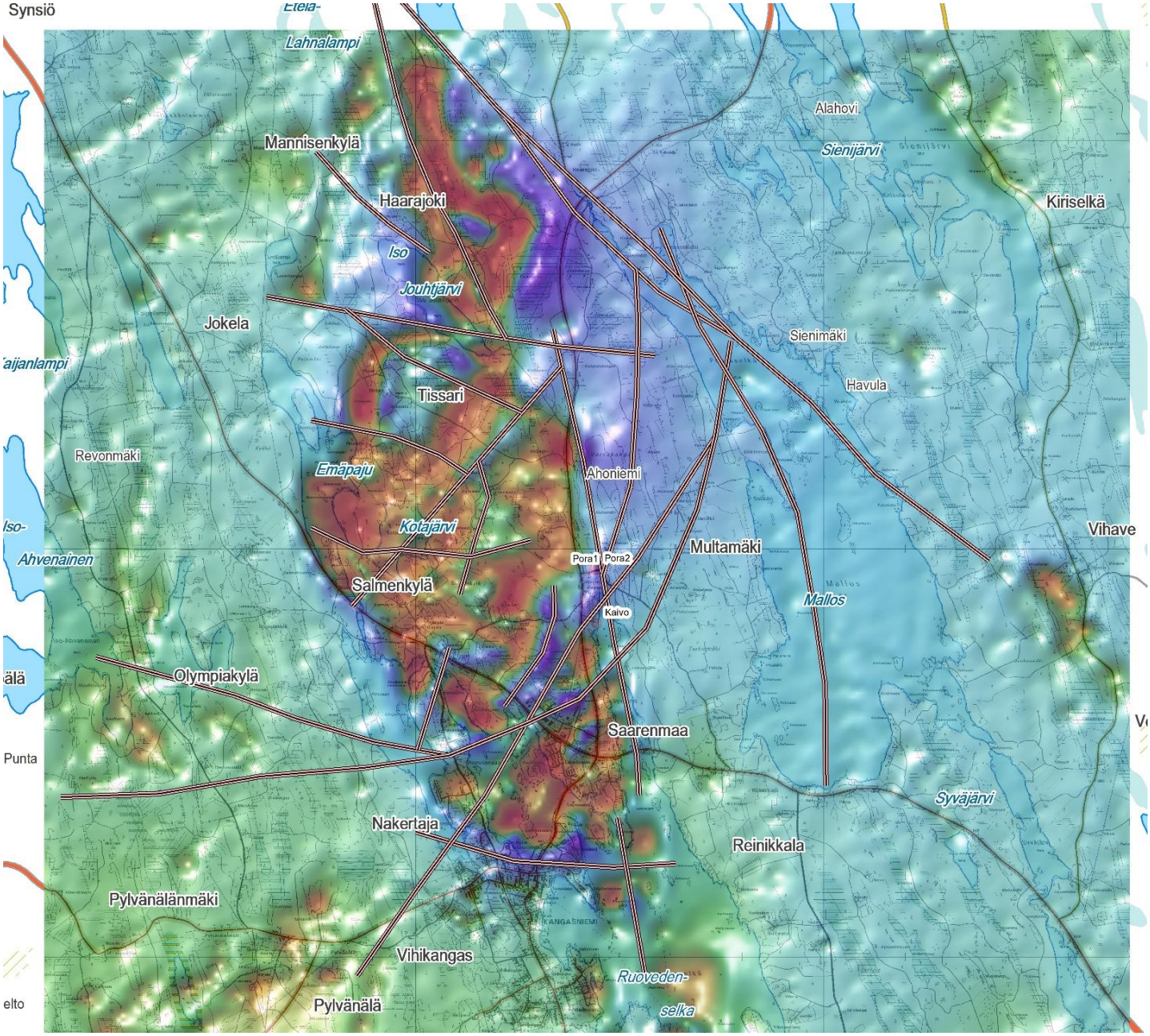
Myös kallioperälohkojen välisten ruhjeiden risteyskohdat ovat hyviä kalliopohjaveden esiintymisalueita. Korkeusmallin lisäksi kallioperän rikkonaisuusvyöhykkeet tulkittiin geofysikaalisen matalalentomittausaineiston avulla käyttäen maankamarasta mitattua magneettista ja sähkömagneettista aineistoa.

Ruhjeiden sijainnin mittaustarkkuus vaihtelee olosuhteiden (esimerkiksi peitteisyyden) mukaan, mutta yleensä tarkkuus on vähintään muutaman kymmenen metrin luokkaa, ohuiden maapeitteiden alueella tarkkuus on vieläkin parempi. Kuitenkin ruhjeen tarkempaa sijaintia on selvitettävä soveltuvin maastomittauksin, esim. seismisin luotauksin, sähköisin menetelmin tai maatutkaluotauksen avulla.

Kallioperän ruhjevyöhykkeiden tulkinnassa ei ollut ongelmia ja tutkimusalueelle on tulkittu koko joukko erilaisia heikkousvyöhykkeitä, joiden leveys, pituus ja suunnat vaihtelevat paljon. Myös keskeisen granodioriitti vyöhykkeen alueella on runsaasti ruhjeisuutta ja ne vaikuttavat olevan vielä yhteydessä toisiinsa, joka parantaa kalliopohjaveden virtausmahdollisuuksia. Ruhjeiden vedenjohtokykyä (ts. täytteisyyttä) ei voida näiden tutkimusten pohjalta sanoa suoraan, toisaalta alueen kallioperän porakaivojen suhteellisen hyvät antoisuudet ja pohjaveden hyvä laatu viittaavat tosin ruhjevyöhykkeiden hyvään vedenjohtavuuteen ja keskinäisiin yhteyksiin.



Kuva 5. Tutkimusalueen LIDAR-aineistosta laadittu maankorkokuvakartta ja sen perusteella tulkitut merkittävimmät ruhjevyöhykkeet. Porakaivojen ja kuilukaivon sijainti merkitty punaisina palloina. Katso myös liitteet 3 ja 4.



Kuva 6. Tutkimusalueen matalalentomittausaineistosta laadittu aeromagneettinen kartta ja sen perusteella tulkitut merkittävimmät ruhjevyöhykkeet. Katso myös liitteet 3 ja 4.

5 MALLINNUKSET JA VISUALISOINTI

Kairauksista, maatutkaluotauksista 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 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 4–8. Pintamalleja tarkasteltaessa on aina huomioitava mittaus- ja mallinnusmenetelmien rajoitukset.

Kallionpinnan korkeustaso on varmasti selvillä vain pienessä osassa kairauspisteitä ja avokallioilla. Mallinnusohjelmisto tasoittaa interpoloimalla tunnettujen ja tulkittujen kallionpintapisteiden välit. Tästä johtuen interpoloidussa mallissa käytettyjen tasopisteiden välialueilla voi olla laajojakin kalliokohoumia tai -painanteita, joita ei pintamallissa voida havaita.

Kallionpintamallin reuna-alueilla kalliopaljastumien korkeustasojen ylikorostuminen saattaa aiheuttaa mallin vääristymistä. Kalliopinnan taso saatiin selville melko kattavasti kairaustietojen, kalliopaljastumien, maatutkaluotauksen ansiosta.

Pohjavedellä kyllästyneen maapeitteen paksuus on laskettu pohjavesi- ja kallionpintamallien erotuksena. Tämän vuoksi visualisointi on voitu tehdä vain alueilta joilta oli käytettävissä sekä kallionpinnan että pohjavedenpinnan mallit. Pohjavedenpinnan yläpuolisen irtomaapeitteen paksuus saatiin tutkimusalueen maanpinnan korkeusmallin ja pohjavesipintamallin erotuksesta. Pohjavesipintamalli laadittiin ainoastaan pohjavesialueen osalle, joten myös pohjavesivyöhykkeen ja pohjavesipinnan yläpuolisen aineksen paksuus esitetään ainoastaan pohjavesialueen osalta. Kokonaiskerrospaksuus on laajemmalta alueelta ja siinä näkyvät siten myös pohjavesialuetta ympäröivät moreenialueet.

6 TUTKIMUSTULOKSET

6.1 Kallioperän koostumus, rakenne ja korkokuva

Tutkimusalueen läpi pohjois-etelä suunnassa kulkee selkeä kivilajikontakti, johon myös merkittävä osa alueen kallioperän rikkonaisuusvyöhykkeistä sijoittuu ja johon kontaktiin sijoittuvat myös alueen kalliopohjavedenottokaivot (liite 3). Tutkimusalueen itäosa on granodioriittia ja länsiosa kiillegneissiä (biotiittiparagneissi). Lisäksi tutkimusalueen länsiosassa on pyöreähkö gabromassiivi. Pohjoisessa, tutkimusalueen ulkopuolella, esiintyy vulkaniitteja.

Kalliopohjavesien laadun kannalta granodioriittinen osuus on suotuisa, sillä varsinkin kiillegneissialueen pohjavesissä esiintyy usein liikaa rautaa ja mangaania. Tutkimusalueelle sijoittuu varsin runsaasti kallioperän heikkousvyöhykkeitä ja ruhjeita, osaksi kivilajikontakteihin liittyen.

Kallioperän taso tutkimusalueella vaihtelee alle +80 m mpy tasosta yli +125 m mpy tasoon (liite 4) ja syvimmällään kallioperän taso on Ruovedenselän Syvälahden kohdalla jatkuen sieltä melko lailla suoraan kohti pohjoista nousten noin tasolle +105 m mpy. Kallioperän ruhjeiden sijaintia pystyttiin tarkentamaan maatutkaluotausten tuloksilla.

6.2 Maaperän koostumus

Maaperä tutkimusalueella on pääsääntöisesti varsin ohutta ja laajoilla alueilla moreenivaltaista, osin erittäin kivistä ja jopa lohkareista, etenkin alueen pohjoisosassa, Varsakankaalla (liite 2). Lajittuneet hiekat ja sorat ovat varsin pienialaisia ja katkonaisia sekä ohuita, nyt havaitut maksimikerrospaksuudet olivat reilun 10 metrin luokkaa. Pohjavesialueella materiaali on syvemmissä osissa paikoitellen erittäin kivistä ja vaikeasti kevyellä kalustolla läpäistävissä, joten tehdyissä maaperäkairauksissa ei päästy missään kallioon saakka. Myös kallioperä nousee moni paikoin pohjavesipinnan yläpuolelle ja selkeät kallio-moreenialueet katkaisevat pohjavesialueen kahteen erilliseen osaan vedenottamoalueen eteläpuolella, eikä niillä ole hydraulista yhteyttä.

Eteläosan hiekka-alue on kapeahko ja pääosin varsin ohut ja sen vedenhankinnallinen merkitys on sen myötä pieni. Kerrospaksuudet ovat merkittäviä oikeastaan vain Syvälahden ranta-alueella. Eteläiselle alueelle on myös käytännössä rakennettu koko alaltaan pääosin teollisuutta, aivan Ruovedenselän rantaan saakka. Maaperäolosuhteet Syvälahden alueella ovat vedenhankinnan kannalta pääasiassa huonot ja mm. Syvälahden rannalla sijaitsevan pohjavedenottamon antoisuus perustuu käytännössä kokonaan rantaimeytymiseen.

6.3 Pohjaveden muodostuminen, varastoituminen ja virtaus

Pohjaveden muodostumis- ja varastoitumisolosuhteet Syvälahden alueella korkeintaan keskinkertaiset johtuen mm. lajittuneiden karkeiden ainesten vähäisestä määrästä ja käytännössä alueelle rajautuu useita toisistaan erillään olevia ja ohuita hiekka/sora kerrostumia. Pohjoisessa lajittuneet ainekset loppuvat käytännössä melko pian kallioporakaivoalueen pohjoispuolella ja kyseinenkin alue on erittäin pienialainen.

Pohjavedenpinta alueella vaihtelee vedenottamon alueella välillä noin +94,3 – 95,0 m mpy kun taas pohjoisempana (kalliokaivojen alueella) pohjavedenpinta on tasossa noin +96,2 m mpy. Syvälahden

vesipinta (Puula, Ruovedenselkö) vaihtelee säännöstelyn rajoissa noin välillä +94,37 – 94,85. Pohjavesialueen eteläosassa pohjavedenpinta on oletettavasti tasossa noin +96 m mpy, alueelta ei ole kuitenkaan käytössä pohjavedenpintahavaintoja eikä alueella ole pohjavesiputkia.

Pohjavedenottamon eteläpuolella Syvälahden pohjavesialueeseen kuuluva hiekka-soramuodostuma on kapeahko sekä varsin ohut ja sen päälle on sijoittunut runsaasti toimintoja. Alueen merkitys pohjavesikerrostuman on pieni eikä sillä ole yhteyttä pohjoispuolen (pohjavedenottamon) harjualueeseen. Hydraulisen yhteyden katkaisevat tiiviit moreenikerrostumat. Alueilla muodostuvat pohjavedet purkautuvat ranta-alueilla Syvälahteen pohjoisessa ja etelässä Ruovedenselkään.

Alueen pohjavedenpinta on esitetty liitteessä 5, mutta kuitenkin vain pohjoiselta osaltaan, josta siis oli käytössä pohjavedenpintahavaintoja. Samasta syystä myös pohjavesipinnan alainen maakerrosvyöhyke on esitetty ainoastaan pohjoisosasta ja on nähtävissä liitteessä 6. Pohjavesivyöhykkeen paksuus on suurimmillaan reilun kymmenen metrin luokkaa pohjavesialueen pohjoisosassa sekä Syvälahden pohjoispuolisella alueella. Muualla pohjavesivyöhyke on vain muutamien metrien paksuinen. Pohjavesipinnan yläpuolisen maakerroksen paksuus on esitetty liitteessä 7 ja pääosassa pohjavesialuetta sen on muutaman metrin luokkaa (3-5 m). Kokonaiskerrospaksuus on esitetty laajemmalla alueella ja se on suurimmillaan yli 20 metrin luokkaa (liite 8) mutta harjualueella kerrospaksuus on yleisesti alle 15 m.

7 JOHTOPÄÄTÖKSET JA YHTEENVETO

Maaperäolosuhteet Syvälahdessa ovat vedenhankinnan kannalta korkeintaan keskinkertaiset ja esimerkiksi alueen pohjavedenottamon (suurehko) antoisuus perustuu käytännössä Syvälahden ranta-alueen kaivoon imeytyvään pintaveteen, joka on puolestaan aiheuttanut pohjaveteen laatuongelmia. Alueelle laaditut suoja-aluerajaukset eivät kaukosuojavyöhykkeen osalta täsmää alueen maaperän pohjavesien ja alueen pohjavesikaivon hydrogeologisiin olosuhteisiin, vaan ne on todennäköisimmin laadittu ottaen huomioon yhtäältä Kangasniemi-Pieksämäki maantie ja sen riskit sekä toisaalta alueen kiinteistörajaukset.

Kallioporakaivojen antoisuus perustuu alueen runsaaseen kallioperän ruhjeisuuteen ja tehdyn ruhjetulkinnan ja sitä varmentavien maatutkaluotausten pohjalta voidaan porakaivojen valuma-aluetta määrittää ainakin alustavalla tasolla. Käytännössä tosin kallioperän ruhjeiden avonaisuutta tai yhteyksiä toisiinsa eikä myöskään valuma-alueen laajuutta voida yksiselitteisesti esittää, mutta suuntaa-antava tulkinta on mahdollista tehdä. Porakaivoista on viime vuosina otettu pohjavettä yhteensä keskimäärin noin 50 m^3/d, joten kovinkaan laajalle kaivojen vaikutus ei alueella ulotu. Todennäköisimmin kalliopohjavettä kaivoihin virtaa itäpuoliselta granodioriittien alueelta sekä toisaalta myös pohjoisen ja etelän suunnassa olevasta suuresta ruhjevyöhykkeestä.

Pohjavesialueen rajaus on pohjavedenottamoon liittyvän harjualueen osalta oikeansuuntainen. Vedenottamoalueelta ei ole hydraulista yhteyttä eteläpuolisen alueen hiekka-sora-alueilla, sillä vesistön lisäksi yhteyden katkaisevat tiiviit hienoainespitoiset moreenialueet. Eteläpuolisella harjualueella ei ole merkittävää arvoa pohjavesien hyödyntämisen suhteen, joten se on mahdollista jättää pohjavesialuerajauksen ulkopuolelle, sekä hydrogeologian että myös alueen maankäytön

vuoksi. Itse asiassa lajittuneet hiekka- ja sorakerrostumat jatkuvat etelään Puulan rantaan saakka, mutta ko. alue on melkoisen ohut ja kapea ja käytännössä rakennettu täyteen erityyppistä teollisuutta. Syvälahden pohjavesialueella ei näiden tutkimusten perusteella ole käytännössä mahdollisuuksia lisävedenottoon.

Pohjavesialueen rajausta on mahdollista muuttaa tehtyjen tutkimusten perusteella ja ehdotus uudeksi rajaukseksi on esitetty liitteessä 11.

8 JATKOTOIMENPIDE-EHDOTUKSET

Kevyet maaperäkairaukset eivät olleet riittävän tehokkaita moreenivaltaisilla alueilla, eikä myöskään kapealla mutta karkealla ydinharjuvyöhykkeellä, vaan kairaukset jäivät varsin mataliksi eikä kallioperää tavoitettu yhdessäkään pisteessä. Alueella ei kuitenkaan ole tarvetta raskaammille kairauksille tai pohjavesiputkiasennuksille, sillä Syvälahden alueen pohjavesipotentiaali on varsin pieni ja mahdollisuudet lisäpohjavedensaannille ovat erittäin pienet. Pohjavesialueen eteläosa (taajama-alue) olisi tutkimusten perusteella mahdollista jättää pohjavesialueen rajauksen ulkopuolelle.

9 LIITTEET

Liite 1 Tutkimusaluekartta

Liite 2 Maaperäkartta ja aiemmat tutkimukset

Liite 3 Kallioperäkartta ja tulkitut ruhjevyöhykkeet

Liite 4 Alueen kallioperän taso ja ryhjevyöhykkeet

Liite 5 Pohjavesipinnan taso pohjavesialueella

Liite 6 Pohjavesivyöhykkeen paksuus pohjavesialueella

Liite 7 Maakerrospaksuus pohjavedenpinnan yläpuolella pohjavesialueella

Liite 8 Kokonaismaakerrospaksuus tutkimusalueella

Liite 9 GM 50 maaperäkairaukset

Liite 10 Maatutkaluotaukset

Liite 11 Ehdotus uudeksi pohjavesialueen rajaukseksi

LIITE 1

Tutkimuskartta

Kangasniemi, Syvälahti

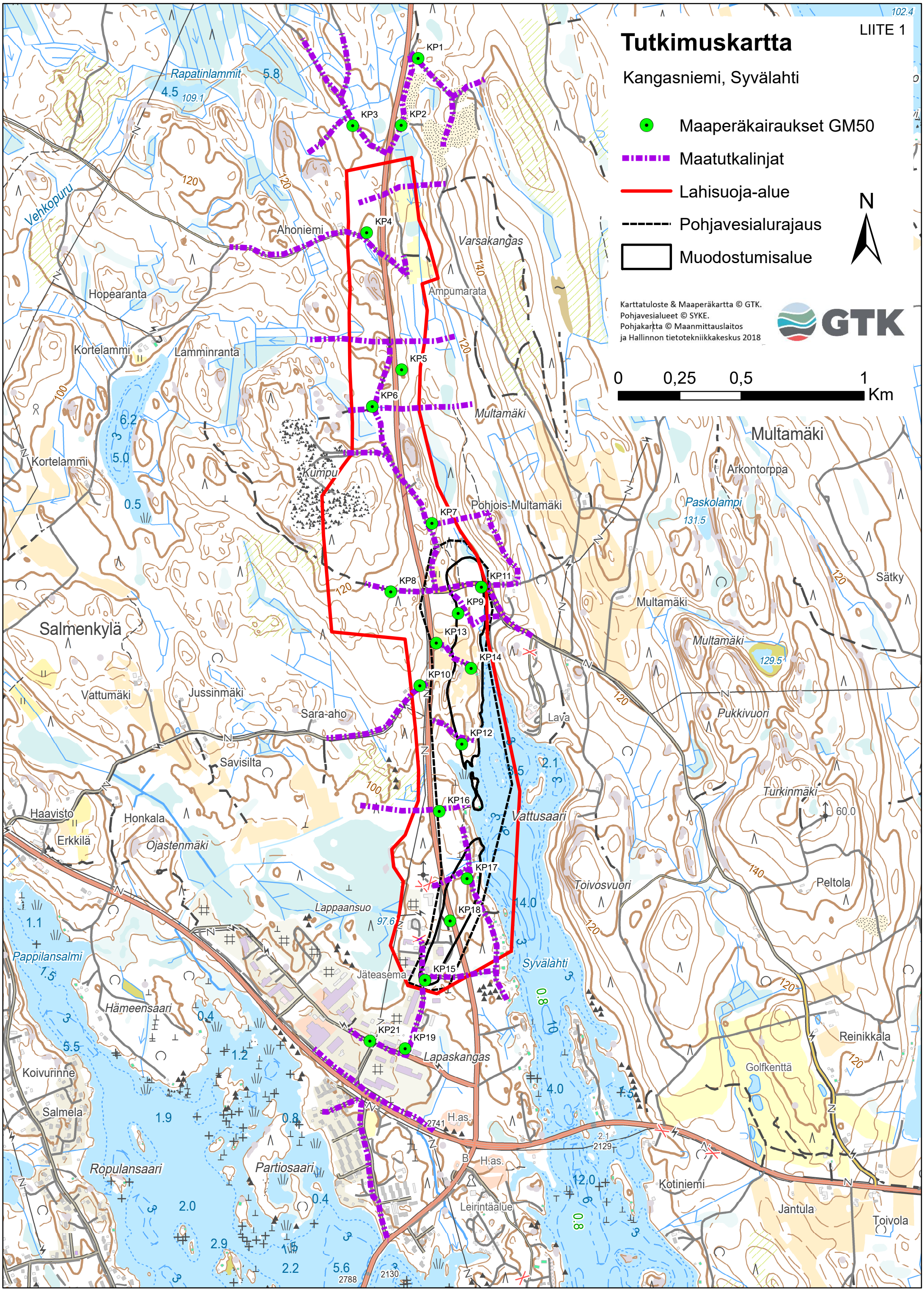
- Maaperäkairaukset GM50
- Maatutkalinjat
- Lahisuoja-alue
- Pohjavesialurajaus
- Muodostumisalue

N

Karttatuloste & Maaperäkartta © GTK.
Pohjavesialueet © SYKE.
Pohjakartta © Maanmittauslaitos
ja Hallinnon tietotekniikkakeskus 2018

GTK

0 0,25 0,5 1 Km

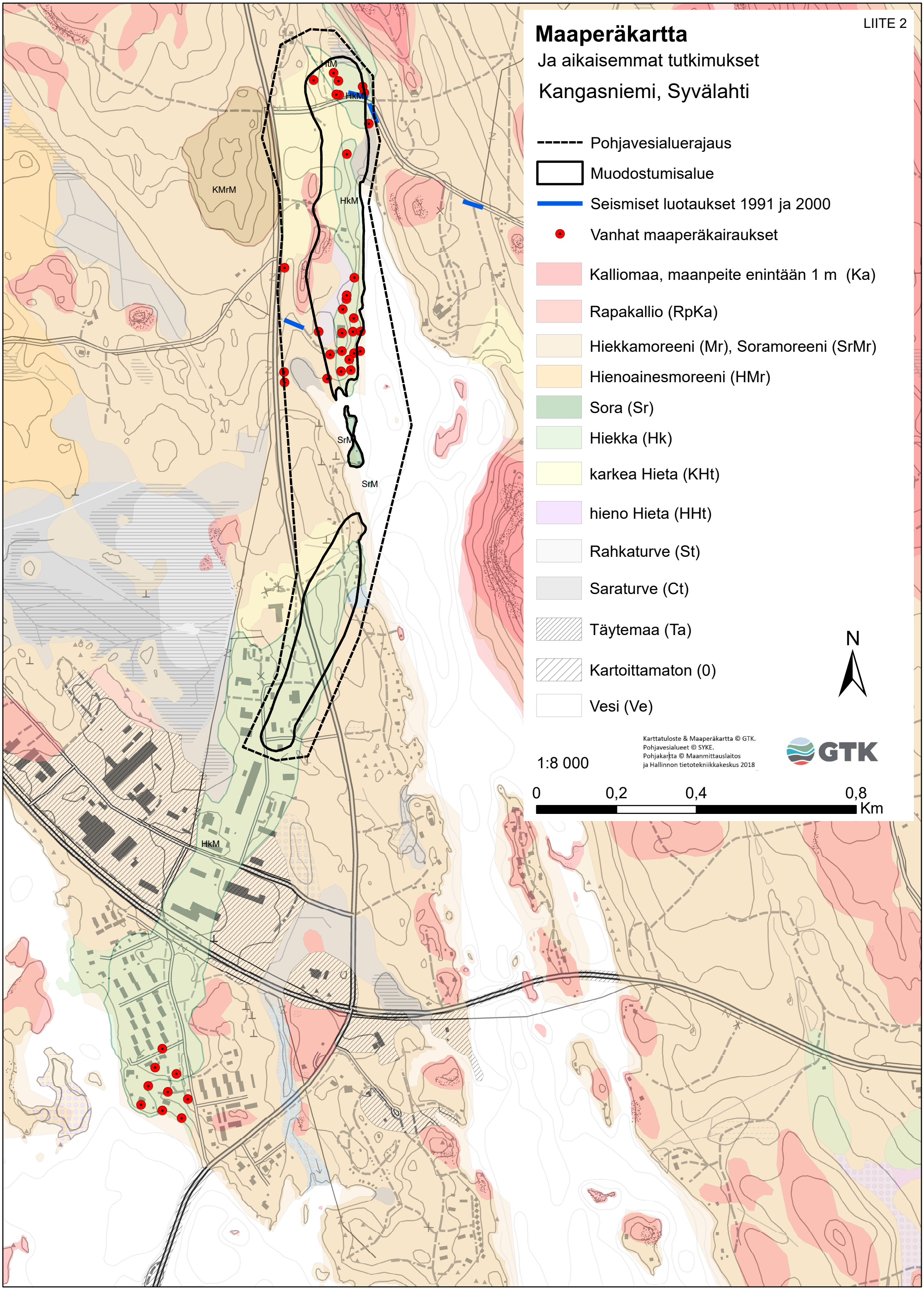


LIITE 2

Maaperäkartta

Ja aikaisemmat tutkimukset

Kangasniemi, Syvälahti



LIITE 3

Kallioperäkartta ja ruhjetulkinnat

Kangasniemi, Syvälahti

N

Kallioporakaivot

Pohjavesialue

Ruhjetulkinta (magneettinen aineisto)

Ruhjetulkinta (korkeusaineisto)

Litologiset yksiköt

Granitoidi 211111

2111113 Leukogranitoidi

2111114 Granodioriitti

Gabroidi 211114

2111144 Gabro

Mafinen vulkaniitti 21123

21123 Mafinen vulkaniitti

Metamorfinen kivi 2134

213491 Biotiittiparagneissi

1:20 000

0 0,45 0,9 1,8 Km

Karttatuloste & Maaperäkartta © GTK.
Pohjavesialueet © SYKE.
Pohjakartta © Maanmittauslaitos
ja Hallinnon tietotekniikkakeskus 2018

Kangasniemi, Syvälahti

Ruhjeet (magneettinen aineisto)

Ruhjeet (korkeusmalli)

Suoja-aluevyöhyke

Pohjavesialue

Muodostumisalue

Kalliopinta

Metriä mpy

< 80

80 - 90

90 - 95

95 - 100

100 - 105

105 - 110

110 - 115

115 - 120

120 - 125

>125

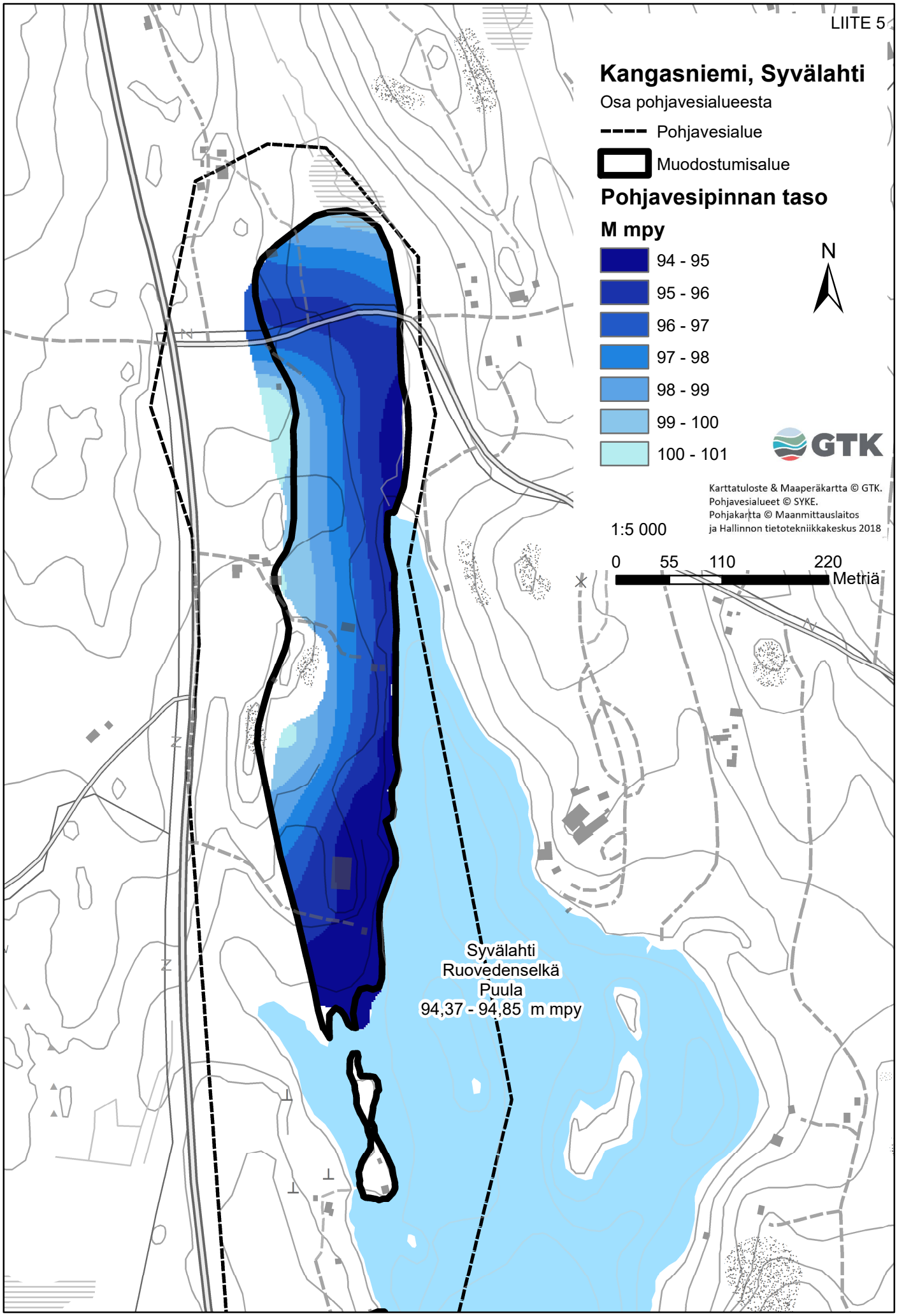
N

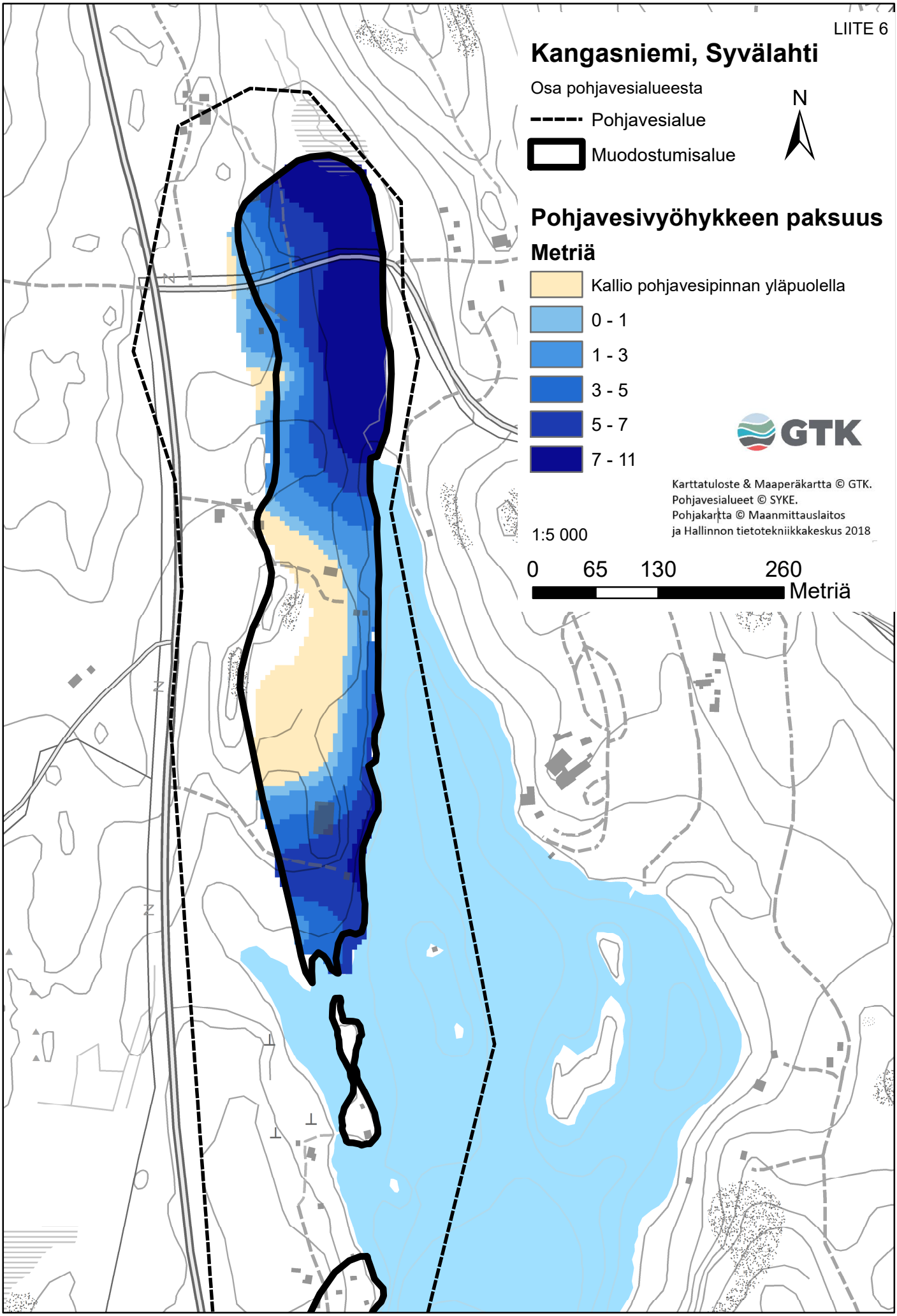
GTK

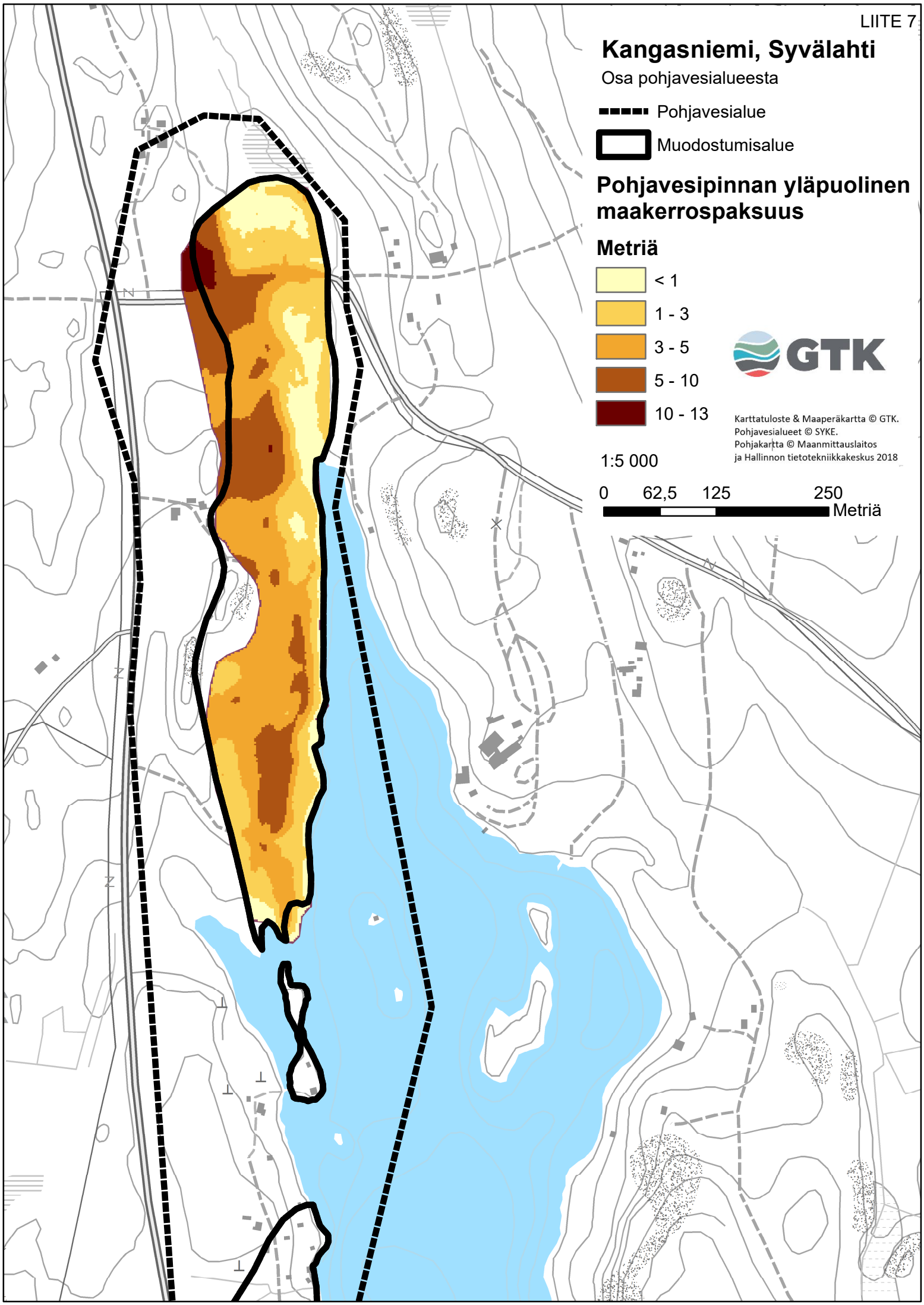
Karttatuloste & Maaperäkartta © GTK.
Pohjavesialueet © SYKE.
Pohjakartta © Maanmittauslaitos
ja Hallinnon tietotekniikkakeskus 2018

1:11 000

0 0,175 0,35 0,7 Km


Kangasniemi, Syvälahti
Osa pohjavesialueesta
Pohjavesialue
Muodostumisalue
Pohjavesipinnan taso
M mpy
94 - 95
95 - 96
96 - 97
97 - 98
98 - 99
99 - 100
100 - 101
N
GTK
Karttatuloste & Maaperäkartta © GTK.
Pohjavesialueet © SYKE.
Pohjakartta © Maanmittauslaitos
ja Hallinnon tietotekniikkakeskus 2018
1:5 000
0
55
110
220
Metriä
Syvälahti
Ruovedenselkä
Puula
94,37 - 94,85 m mpy


LIITE 6
Kangasniemi, Syvälahti
Osa pohjavesialueesta
Pohjavesialue
Muodostumisalue
N
Pohjavesivyöhykkeen paksuus
Metriä
Kallio pohjavesipinnan yläpuolella
0 - 1
1 - 3
3 - 5
5 - 7
7 - 11
GTK
Karttatuloste & Maaperäkartta © GTK.
Pohjavesialueet © SYKE.
Pohjakartta © Maanmittauslaitos
ja Hallinnon tietotekniikkakeskus 2018
1:5 000
0 65 130 260
Metriä


LIITE 7
Kangasniemi, Syvälahti
Osa pohjavesialueesta
Pohjavesialue
Muodostumisalue
Pohjavesipinnan yläpuolinen maakerrospaksuus
Metriä
< 1
1 - 3
3 - 5
5 - 10
10 - 13
GTK
Karttatuloste & Maaperäkartta © GTK.
Pohjavesialueet © SYKE.
Pohjakartta © Maanmittauslaitos
ja Hallinnon tietotekniikkakeskus 2018
1:5 000
0
62,5
125
250
Metriä

LIITE 8

Kangasniemi, Syvälahti

-------- Pohjavesialue

Muodostumisalue

Kokonaiskerrospaksuus

Metriä

- < 2
- 2 - 5
- 5 - 10
- 10 - 15
- 15 - 20
- 20 - 30

N

GTK

Karttatuloste & Maaperäkartta © GTK.
Pohjavesialueet © SYKE.
Pohjakartta © Maanmittauslaitos
ja Hallinnon tietotekniikkakeskus 2018

1:5 000

0 125 250 500 Metriä

KP 1

0 - 2,0 m KiHk

2,0 Lo/Ka

KP 2

0 – 2,3 kHk

2,3 Lo/Ka

KP 3

0 – 4,3 kiHk

4,3 Ka/Lo

KP 4

0 – 1,0 Hk

1,0 – 5,3 kiHk

5,3 Ka/Lo

KP 5

0 – 1,0 kiHk

1,0 – 2,6 kiHk/Sr

2,6 – 2,7 Mr

2,7 Lo/Ka

KP 6

0 – 1,0 kHk

1,0 – 2,8 kiHk/Sr

EPS

KP 7

0 – 1,3 hHk

1,3 – 3,5 Hk,kiviä

3,5 Ka

KP 8

0 – 1,8 Hk, kiviä

EPS

KP 9

0 – 1,3 hHt, Hs

1,3 – 2,5 hHk

2,5 Ka/Lo

KP 10

0 – 1,0 Mr

1,0 – 2,0 hHk, kiviä

2,0 – 2,8 hHk

EPS

KP 11

0 – 0,9 Ta

0,9 – 3,5 Hk

3,5 – 10,9 Sr

EPS

KP 12

0 - 0,8 Hk

0,8 – 3,5 hHt

3,5 – 5,0 Hk

5,0 – 5,5 Sr

EPS

KP 13

0 – 2,0 Ht/hHt

2,0 – 2,3 Mr

EPS

KP 14

0 – 3,0 Hk, Kiviä

3,0 Ka/Lo

KP 15

0 - 2,8 Hk

2,8 – 5,8 Hk, kiviä

EPS

KP 16

0 – 1,0 Mr

EPS

KP 17

0 – 1,7 Hk, kiviä

1,7 – 2,7 Sr

EPS

KP 18

0 – 3,3 Hk, kiviä

3,3 Lo

KP 19

0 – 1,0 hHk, kiviä

1,0 – 2,4 Sr

2,4 Ka/Lo

KP 20

Kalliopaljastuma

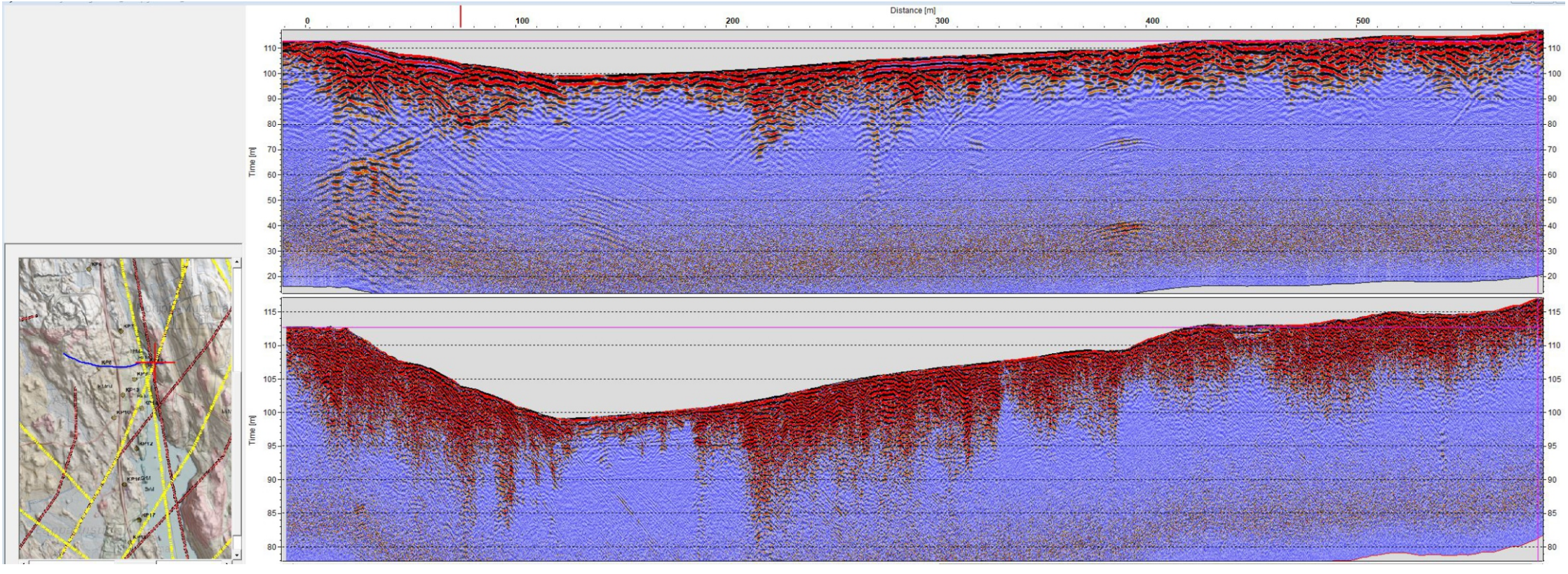
KP 21

0 – 2,0 Hk

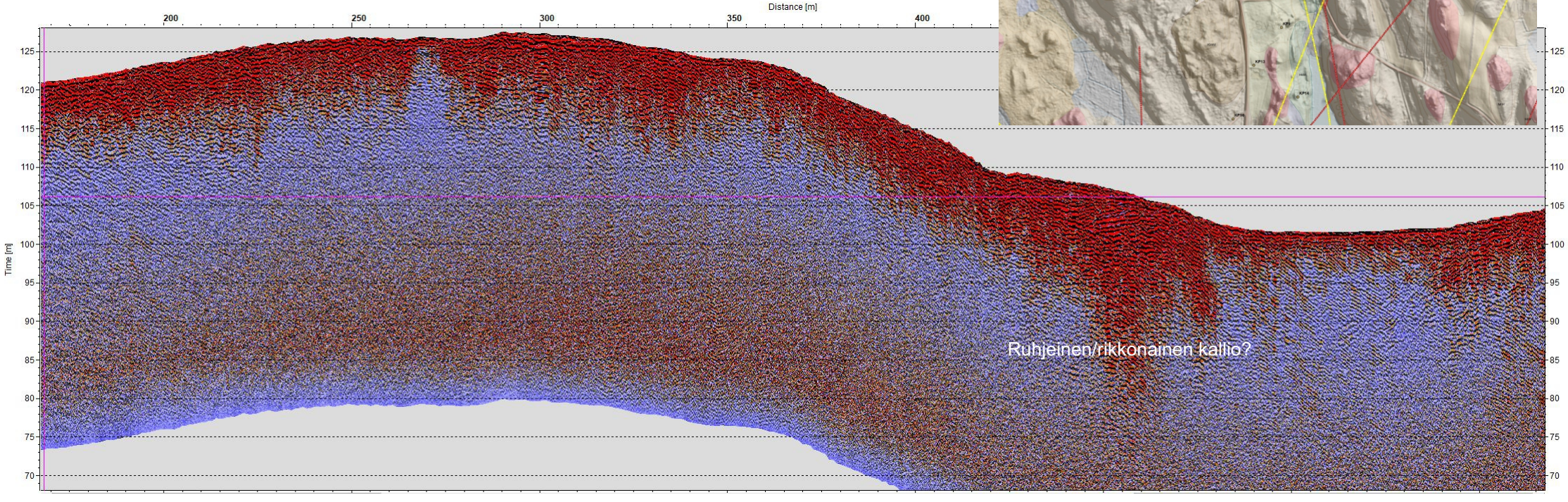
2,0 - 3,0 Sr

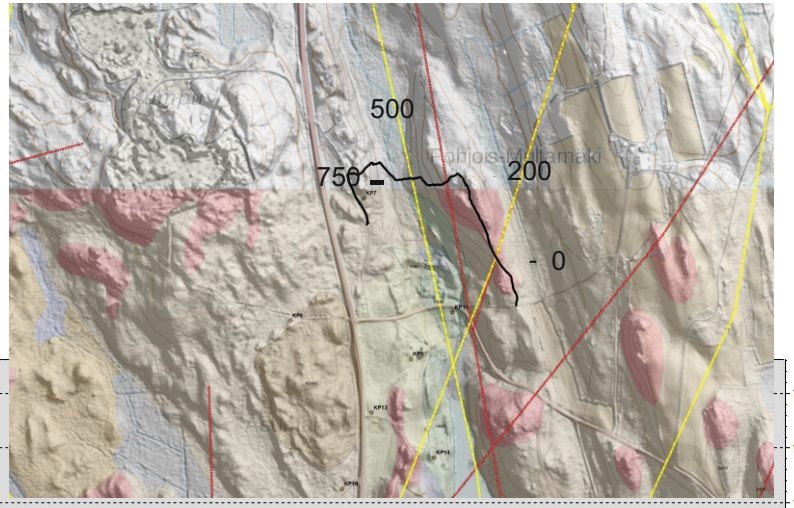
3,0 Ka, Lo

Yläkuvassa on esitetty 30- ja alakuvassa 100 MHz:n tutkakuvaa ER-arvolla 5.
Vasemman reunan karttakuvassa on esitetty punaisella (mg) ja keltaisella dem) ruhjetulkinta.



Linja_17
Kuvassa on esitetty 100 MHz:n tutkakuvaa ER-arvolla 5.
Karttakuvassa on esitetty punaisella (mg) ja keltaisella dem) ruhjetulkinta.
Maaperäkartta kattaa vain osittain alueen.





LIITE 11

Kangasniemi, Syvälahti

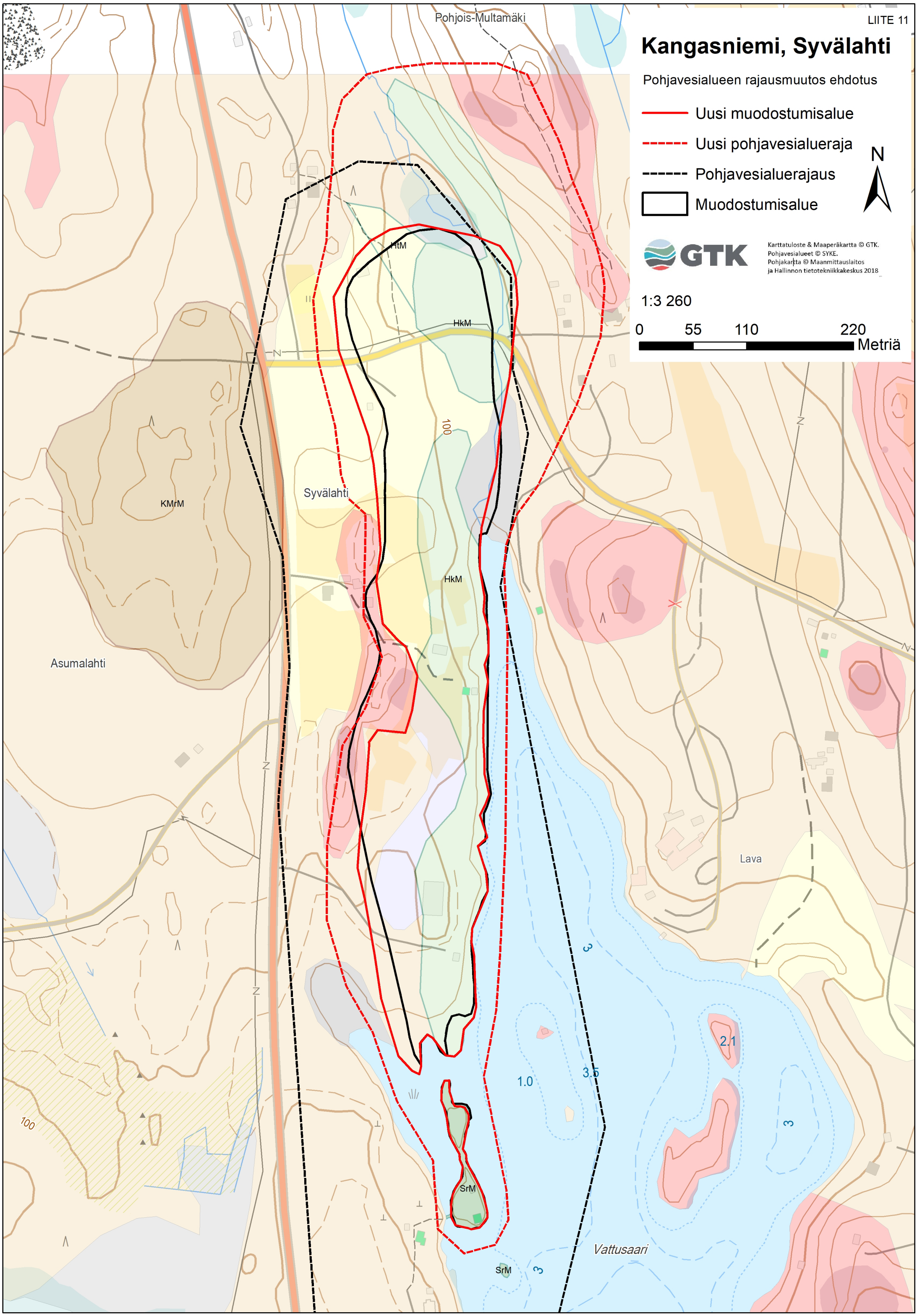
Pohjavesialueen rajausmuutos ehdotus

- Uusi muodostumisalue
- Uusi pohjavesialueraja
- Pohjavesialuerajaus
- Muodostumisalue

N

GTK

Karttatuloste & Maaperäkartta © GTK.
Pohjavesialueet © SYKE.
Pohjakartta © Maanmittauslaitos
ja Hallinnon tietotekniikkakeskus 2018

1:3 260

0 55 110 220 Metriä