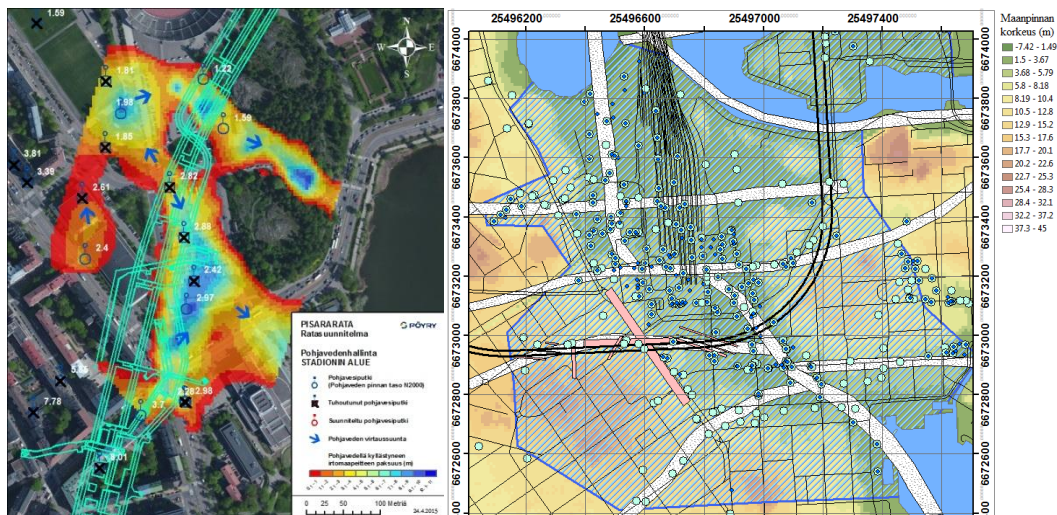


PISARARATA Ratasuunnitelma

SUUNNITELMASELOSTUS KR_1700_002_SR Pohjaveden huomioon ottaminen suunnitelmaratkaisuissa



Versio	Laadittu:		Tarkastettu:		Hyväksytty:
versio nro	pvm.	N. N.	pvm.	N. N.	pvm.
1.0	21.04.2015	KAT1...KAT3, ALUE1, ALUE2			



SISÄLLYSLUETTELO

	TIIVISTELMÄ.....	4
1.	SUUNNITTELUKOHDE.....	5
2.	POHJAVEDENHALLINNAN TAUSTA JA TAVOITTEET.....	5
3.	POHJAVEDEN HALLINTAA TUKEVAT AINEISTOT	6
4.	POHJAVEDEN HALLINTA-ALUEET JA HALLINNAN KANNALTA KRIITTISET ALUEET	8
4.1	KAT1: TOIMENPITEET HAITALLISTEN POHJAVESIVAIKUTUSTEN ESTÄMISEKSI	8
4.2	KAT2: TOIMENPITEET HAITALLISTEN POHJAVESIVAIKUTUSTEN ESTÄMISEKSI	14
4.3	KAT3: TOIMENPITEET HAITALLISTEN POHJAVESIVAIKUTUSTEN ESTÄMISEKSI	18
4.4	VANHA RATA, ALUE1 – ALUE2: TOIMENPITEET HAITALLISTEN POHJAVESIVAIKUTUSTEN ESTÄMISEKSI	21
5.	POHJAVEDEN HALLINNAN SUUNNITTELU JA JATKOTOIMENPITEET	24
5.1	POHJAVEDEN HALLINNAN SUUNNITTELU	24
5.2	JATKOTOIMENPITEET	25

TIIVISTELMÄ

Pisaratadan pohjavesien hallintaan liittyvä suunnittelu on jaettu neljään alueeseen: Töölö, Keskusta, Hakaniemi ja Vanha rata. Pohjavesialueella tarkoitetaan sellaista suunnittelutyön alkuvaiheessa tunnistettua ja suunniteltavaan ratalinjaan yhteydessä olevaa laaja-alaista aluetta, jonka pohjavesiolosuhteiden tarkempi selvittäminen katsottiin hankkeen suunnittelun kannalta tarpeelliseksi. Pohjaveden hallintatoimenpiteiden ensisijaisena tavoitteena on estää sekä Pisaratadan rakentamisen, että käytön aikaiset pohjaveden pinnan tasoon tai painetasoon kohdistuvat vaikutukset. Pohjaveden laskun suhteen herkkiä ovat ensisijaisesti sellaiset alueet, joilla irtomaapeite sisältää merkittävässä määrin koheesiomaalajeja, kuten savea tai silttiä. Tällaisten hydrogeologisilta olosuhteiltaan herkkien alueiden tunnistaminen ja rajaaminen on ollut pohjaveden hallinnan suunnittelun lähtökohtana. Pohjavesien hallinnan kannalta tärkeimmät riskikohteet ovat puupaalujen varaan perustetut rakennukset (puupaalujen kuivuminen ja lahoaminen pohjaveden pinnan tason laskiessa), sekä maanvaraisina perustetut rakennukset tai rakenteet ja piha- ja tiealueet (painumariskin kasvaminen). Rakentamisen aikana on erityisen tärkeää estää paineellisen pohjaveden suotautuminen työnaikaisiin kaivantoihin.

Suunnitelman laadinnassa on käytetty hyväksi kaikkea olemassa olevaa lähtöaineistoa ja suunnittelutyön edetessä kertynyttä tutkimustietoa: pitkät pohjavedenpinnan aikasarjat erityisesti Keskustan ja Hakaniemen alueilta, tutkimuskairaukset, ruhevyöhykkeiden sijainti ja maanpinnan korkeusmalli. Näiden tietojen avulla kyetään määrittämään mm. irtomaapeitteen paksuus, maalajit, kalliopinnan taso ja pohjaveden kyllästävän irtomaapeitteen paksuus. Keskustan ja Hakaniemen alueille on laadittu numeeriset pohjavesimallit, joita käytetään apuna pohjavesien hallinnan suunnittelussa.

Ensisijaisina menetelminä haitallisten pohjavesivaikutuksien ehkäisemiseksi ovat kallio-perän esi- ja jälki-injektiot erityisesti keskustan aseman ympäristössä, sekä Kluuvin ruheen ja Mannerheimintien ruheen leikkaavilla tunneliosuuksilla. Painumaherkillä ja puupaalutetuilla alueilla huolehditaan tarvittaessa pohjaveden lisäämetyksillä, että orsi-vedenpinnan taso ei laske nykyisestä tasostaan. Pohjaveden pinnan tason alapuolelle ulottuvien kaivantojen pohjavesivaikutuksien pääasiallinen ehkäisymenetelmä on kaivannon tekeminen vesitiiviiksi. Työnaikaisen kaivannon ja sen tukiseinien vesitiiveyden todentaminen koeluonteisesti suoritettavan pumppauksen avulla ennen kaivutyön aloittamista on tarpeen kriittisissä kohteissa. Kriittisillä alueilla pohjaveden pinta ei saa alen-
tua tunnelien vuotovesien seurauksena.

Yksityiskohtaisemmat kohdekohtaiset pohjaveden hallintasuunnitelmat laaditaan rakentamissuunnittelun yhteydessä, kaikkien muiden tekniikan alojen suunnitelmien tarkentumassa ja luodessa edellytykset yksityiskohtaisemmille pohjaveden hallintaa koskeville toimenpiteille. Pohjaveden pinnan tasoa tarkkaillaan kaikista ratalinjan läheisyydessä sijaitsevista pohjaveden havaintoputkista. Tarkkailu tulee jatkumaan ja tarkkailutiheyttä tullaan paikoin kasvattamaan. Jatkossa myös pohjaveden havaintoputkiverkostoa tullaan täydentämään kaikilla neljällä suunnittelualueella. Hakaniemeen on suunniteltu pohjaveden pumppauskoe (KR_1700_003_HAK.pdf), jolla saadaan lisätietoa ruhevyöhykkeiden ja maakerrosten vedenjohtavuudesta

1. SUUNNITTELUKOHDE

Tämä suunnitelmaselostus käsittää Pisararadan pohjavesien hallintaan liittyvän suunnittelun Töölön, Keskustan, Hakaniemen ja Vanhan radan suunnittelualueiden osalta.

Töölön suunnitteluosuus (KAT1) sijoittuu välille (KM+M) 3+800...5+800, Keskustan suunnitteluosuus (KAT2) sijoittuu välille (KM+M) 5+800...7+700 ja Hakaniemen suunnitteluosuus (KAT3) välille (KM+M) 7+700...9+550. Vanhan radan suunnittelualue käsittää pääradan länsipuolen alueen (ALUE1) välillä (KM+M) 3+500...3+800 ja pääradan itäpuolen alueen (ALUE2) välillä (KM+M) 9+550...9+900. Tässä selostuksessa on esitetty vain pohjavesiin liittyvät asiat. Muut tekniset asiat on esitetty kallioteknisen (KR_1700_001_SR) ja geoteknisen suunnittelun suunnitelmaselostuksissa (GE_1400_100_SR).

2. POHJAVEDENHALLINNAN TAUSTA JA TAVOITTEET

Pohjaveden hallinnan tärkein tavoite on estää sekä rakentamisen, että käytön aikaiset pohjaveden pinnan alenemat. Pohjavesien hallintaan liittyvät yksityiskohtaiset suunnitteluperusteet on esitetty Liikenneviraston laatimassa dokumentissa "Pisararata: Rata-suunnitelman suunnitteluperusteet" (viimeisin päiväys 25.4.2014). Pohjavesien hallintaan liittyviä asioita on tarkastelu edellä mainitun dokumentin luvuissa 10 (Rautatietunnelit) ja 18 (Ympäristö).

KAT2- ja KAT3-suunnittelualueilta käytettävissä on niin pitkät aikasarjat pohjavesihavaintoja, että näiden alueiden pohjavesienhallinnan suunnittelussa on pystytty huomioimaan eurokoodien SFS-EN 1997-2 liitteen C vaatimukset.

Pohjaveden hallintatoimenpiteiden ensisijaisena tavoitteena on estää sekä Pisararadan rakentamisen, että käytön aikaiset pohjaveden pinnan tasoon tai painetasoon kohdistuvat vaikutukset. Vaikutuksella tarkoitetaan sellaista pohjaveden pinnan tason tai painetasoon muutosta toisin sanoen laskua tai nousua, josta joko suoraan tai välillisesti saattaa aiheutua haittavaikutuksia.

Tässä kohdin on syytä erottaa toisistaan maapohjavesi ja kalliopohjavesi. Hyvin usein kalliorakentamisen yhteydessä kalliopohjavesi saattaa yksittäisessä tarkkailupisteessä laskea jopa pysyvästi. Hyvin harvoin tästä kuitenkaan aiheutuu minkäänlaisia haittavaikutuksia. Sen sijaan mikäli kalliopohjaveden pinnan tason laskun seurauksena maapohjaveden pinnan taso laskee, tästä saattaa aiheutua haittavaikutuksia. Ensisijaisesti siis maapohjaveden pinnan tason laskusta saattaa aiheutua haitallisia vaikutuksia.

Rakennetussa ympäristössä tapahtuvasta maapohjaveden pinnan tason laskusta aiheutuvista haittavaikutuksista yleisin on piha- ja tiealueiden, maanvaraisina perustettujen rakennusten tai rakenteiden painumariskin kasvaminen. Lisäksi puupaalujen varaan perustettujen rakennusten tai rakenteiden osalta riskinä on puupaalujen kuivuminen ja lahoaminen pohjaveden pinnan tason laskiessa.

Maa- tai kalliopohjaveden pinnan tason laskusta saattaa aiheutua myös vedenottokaivojen antoisuuteen pienentymistä tai maa- / kallioliämpökaivojen tehon laskua, mutta kyseessä olevalla suunnittelualueella tällaisten riskin olemassaolo on lähinnä teoreettinen.

Pohjaveden pinnan tason noususta saattaa aiheutua vaurioita sellaisille rakenteille, joita ei ole suunniteltu märkiin olosuhteisiin. Lisäksi pohjaveden pinnan tason nousu saattaa aiheuttaa kuivatusjärjestelmien kuormittumista ja pahimmassa, tosin lähinnä teoreettisessa tapauksessa veden tulvimista.

Pohjaveden laskun suhteen herkkiä ovat ensisijaisesti sellaiset alueet, joilla irtomaapeite sisältää merkittävässä määrin koheesiomaalajeja, kuten savea tai silttiä. Lisäksi irtomaapeitteen tulee olla osittain tai kokonaan pohjaveden kyllästämä, muussa tapauksessa alue ei ole nimenomaisesti pohjaveden pinnan tason laskun suhteen herkkä. Tällaisten hydrogeologisilta olosuhteiltaan herkkien alueiden tunnistaminen ja rajaaminen on ollut pohjaveden hallinnan suunnittelun lähtökohtana.

Hydrogeologisilta olosuhteiltaan herkkien alueiden tunnistaminen ja rajaaminen on perustunut lähinnä pohjaveden pinnan havaintoihin, sekä maa- ja kallioperäkairauksiin.

Pohjaveden pinnan tason laskeminen hydrogeologisilta olosuhteiltaan herkällä alueella ei välttämättä sinänsä ole haitallista, vaan ainoastaan siinä tapauksessa, että alueella sijaitsee rakennuksia tai rakenteita jotka ovat puupaaluille tai maanvaraisina perustettuja.

Pohjaveden pinnan tason muutosten todentaminen ja pohjaveden välityksellä tapahtuvien haitallisten vaikutusten ehkäiseminen edellyttää, että käytettävissä on alueellisesti kattava pohjaveden pinnan tason havaintoverkosto. Lisäksi pohjaveden pinnan tason ajallisen tarkkailutiheyden tulee olla riittävä, jotta mahdolliset muutokset havaitaan ajoissa.

3. POHJAVEDEN HALLINTAA TUKEVAT AINEISTOT

Pohjaveden hallintaa tukevilla aineistoilla tarkoitetaan kaikkea sitä joko olemassa olevaa lähtöaineistoa tai suunnittelutyön edetessä kertynyttä tutkimustietoa, jota on käytetty pohjavesiolosuhteiden nykytilan selvittämiseksi ja pohjaveteen kohdistuvien vaikutusten tai pohjaveden välityksellä tapahtuvien haittavaikutusten selvittämiseksi. Pohjaveden hallintaa tukevista aineistoista kaikkein tärkeimpiä ovat olemassa olevat pohjavedenpinnan aikasarjat, maanpinnan korkeusmalli ja kairautiedot. Näiden tietojen avulla kyetään määrittämään mm. irtomaapeitteen paksuus, maalajit, kalliopinnan taso ja pohjaveden kyllästämän irtomaapeitteen paksuus.

KAT1

Seuraavassa on lueteltu merkittävimmät tämän suunnittelun yhteydessä käytetyt aineistot KAT1 suunnittelualueen osalta:

- Kairaukset (irtomaapeitteen paksuus, maalajit, kalliopinnan taso, kallion rikkonaisuus jne.)
- Pohjaveden havaintoputkien sijainti ja havaintoputkien rakennetiedot (havaintoputkiverkoston alueellisen kattavuuden todentaminen)
- Pohjaveden pinnan tason havainnot (pohjaveden pinnan tason luontaisen vaihteluvälin määrittäminen, muutostrendit jne.)
- Maanpinnan tasoa kuvaava korkeusmalli (suurrakenteiden, kuten laaja-alaisen painanteiden paikantaminen)
- Rakennusten ja rakenteiden sijainti ja perustamistavat (pohjaveden aleneman suhteen herkkien kohteiden tunnistaminen)
- Maanalaisten tilojen sijaintitiedot (vaikutukset pohjavesiolosuhteiden nykytilaan)
- Ilmakuvat (rakennusten ja rakenteiden sijainti, sekä maankäyttö)

KAT2 ja KAT3

Pohjaveden hallinnan suunnittelua ja käytännön toteutusta varten Pisararadan vaikutusalueelta on hankittu alla luetellut lähtötiedot:

- Maanpinnan ja kallionpinnan korkeusmallit
- Kluuvin ruhjeen ja muiden paikannettujen ruhjeiden sijainti
- Maakerrosten alueelliset paksuudet (moreeni, hiekka, savi, täyttömaa), ja maalajien kerrosrajat
- Rakennusten sijainti ja perustamistapa
- Teiden ja päällystettyjen alueiden sijainti alueet, puistot ym. (maankäyttö)
- Olemassa olevien tunnelien ja julkisten kalliotilojen geometria (3D)
- Olemassa olevat kellaritilat
- Olemassa olevat ohjavesien virtausta rajoittavat orsiveden tiivistysseinät ja patoseinät (aiemmista pohjavesimallinnuksista)
- Pohjavesiputkien perustiedot (putkikortit) ja mittauspaikan luokittelu (orsivesiputki, paineellinen pohjavesihavainto)
- Paineellisten pohjavesiputkien ja orsivesiputkien havainnot vuodesta. 1973 nykyyhetkeen saakka
- Pumppaus- ja imeytyskaivojen sijainnit ja vesimäärät
- Keskustan alueelle aiemmin tehdyt pohjavesimallit (Töölönlahden pohjavesimalli ja Helsingin keskustan pohjavesimalli)

ALUE1 ja ALUE2

Seuraavassa on lueteltu merkittävimmät tämän suunnittelun yhteydessä käytetyt aineistot:

- Kairaukset (irtomaapeitteen paksuus, maalajit, kalliopinnan taso, kallion rikkonaisuus jne.)
- Pohjaveden havaintoputkien sijainti ja havaintoputkien rakennetiedot (havaintoputkiverkoston alueellisen kattavuuden todentaminen)
- Pohjaveden pinnan tason havainnot (pohjaveden pinnan tason luontaisen vaihteluvälin määrittäminen, muutostrendit jne.)
- Maanpinnan tasoa kuvaava korkeusmalli (suurrakenteiden, kuten laaja-alaisten painanteiden paikantaminen)
- Rakennusten ja rakenteiden sijainti ja perustamistavat (pohjaveden aleneman suhteen herkkien kohteiden tunnistaminen)
- Maanalaisten tilojen sijaintitiedot (vaikutukset pohjavesiolosuhteiden nykytilaan)
- Ilmakuvat (rakennusten ja rakenteiden sijainti, sekä maankäyttö)
- Hydraulisten testien (slug-testit ja koepumppaukset) tulokset

4. POHJAVEDEN HALLINTA-ALUEET JA HALLINNAN KANNALTA KRIITTISET ALUEET

Pohjavesialueella tarkoitetaan tässä yhteydessä sellaista suunnittelutyön alkuvaiheessa tunnistettua ja suunniteltavaan ratalinjaan yhteydessä olevaa laaja-alaista aluetta, jonka pohjavesiolosuhteiden tarkempi selvittäminen katsottiin hankkeen suunnittelun kannalta tarpeelliseksi.

Pohjavesialueella ei siis tarkoiteta ympäristöhallinnon luokittelemaa pohjavesialuetta. Suunnittelualue ei sijoitu luokitellulle pohjavesialueelle. Lähin luokiteltu pohjavesialue (Santahamina, pohjavesialueen tunnus 0109103) sijaitsee reilun 7 kilometrin etäisyydellä suunnittelualueen kaakkoispuolella.

4.1 KAT1: Toimenpiteet haitallisten pohjavesivaikutusten estämiseksi

Suunnittelutyön edetessä ja tutkimusaineiston karttumisen myötä tarkentuivat tiedot pohjavesiolosuhteista, jolloin suunnittelun alkuvaiheessa karkeasti rajattujen pohjavesialueiden sisäpuolelta kyettiin tunnistamaan ja rajaamaan pohjaveden hallinnan kannalta kriittiset alueet.

Seuraavassa kappaleessa on tarkasteltu näitä pohjaveden hallinnan kannalta kriittisiä alueita, niiden hydrogeologisia olosuhteita, suunniteltuja toimintoja ja niiden pohjavesivaikutuksia, herkkien kohteiden sijoittumista, sekä toimenpiteitä haitallisten pohjavesivaikutusten ehkäisemiseksi.

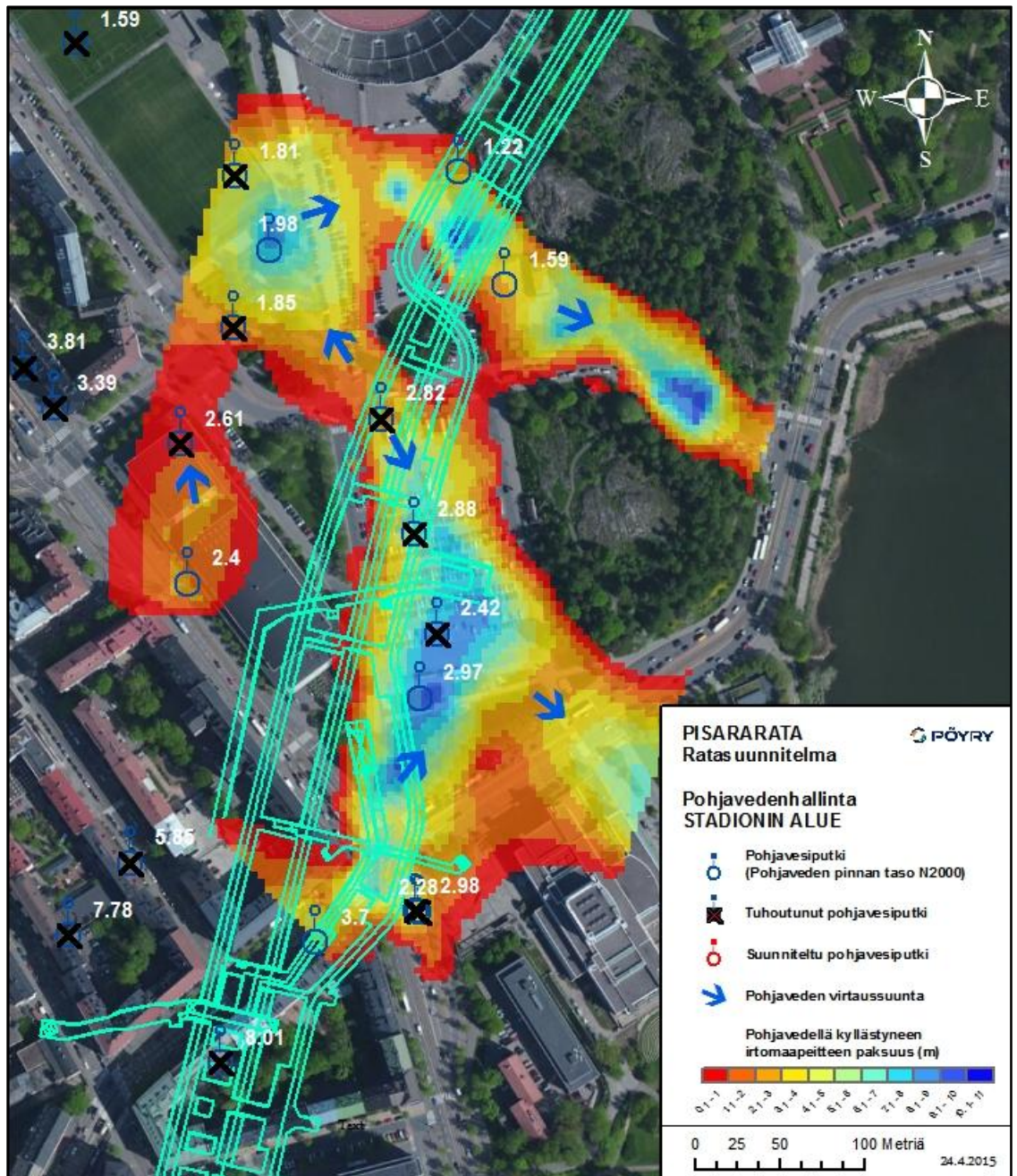
Olympiastadionin alue

Olympiastadionin alueella tarkoitetaan ratalinjan paaluvälille noin 4+300 – 4+800 sijoituvaa aluetta, eli karkeasti Olympiastadionin ja Kansallisoopperan välistä aluetta (kuva 1).

Ratalinjan poikki kulkee kaksi luode-kaakko suuntaista kalliopainannetta, jotka ovat kallioperän heikkousvyöhykkeiden ilmentymiä. Nämä painanteet keräävät pohjavettä ympäristöstään ja ohjaavat maapohjaveden virtausta. Painanteet voidaan rajata pohjavesinäkökulmasta tarkasteltuna muusta ympäristöstä erottuviksi sillä perusteella, millä tasolla kalliopinta sijaitsee suhteessa vallitsevaan pohjaveden pinnan tasoon. Alueet, joilla kalliopinta sijaitsee pohjaveden pinnan tason yläpuolella, eivät ole ensisijaisesti pohjaveden aleneman suhteen herkkiä alueita.

Kalliopainanteet jakavat maapohjavesivyöhykkeen epäyhtenäisiin altaisiin. Ratalinjan länsipuolella painanteet yhtyvät muodostaen laaja-alaisemman kallioperän painanteen ja yhtenäisemmän maapohjavesialtaan, joka todennäköisesti ulottuu useiden satojen metrien etäisyydelle ratalinjan länsipuolelle.

Välittömästi Olympiastadionin eteläpuolella sijaitsevan ja ratalinjan kohdalla noin 50 – 60 metriä leveän painanteen alueella pohjaveden pinnan taso (N2000) vaihtelee noin +1.2 ja +2.0 välillä, ollen noin 1.5 – 3 metrin syvyydellä maanpinnasta. Pohjavedellä kyllästyneen irtomaapeitteen paksuus on maksimissaan noin 11 metriä. Pohjavedet kertyvät painanteeseen laajalta alueelta ratalinjan länsipuolelta ja virtaavat kohti itä-kaakkoa ja Töölönlahtea. Pohjoisin painanne toimii siis merkittävänä pohjaveden virtausreitteinä. Pohjaveden pinnan gradientin perusteella pohjavedellä kyllästynyt irtomaapeite painanteessa koostuu kohtalaisen hyvin vettä johtavasta materiaalista. Painanteen eteläpuolella kalliopinta nousee pohjaveden pinnan tason yläpuolelle (ks. kuva 2 metsäsaarekkeen alue) erottaen eteläisen ja pohjoisen painanteen toisistaan.



KUVA 1. Stadionin alueen pohjavesiolosuhteet. Hydrogeologisilta olosuhteiltaan herkältä alueelta on kuvassa esitetty pohjavedellä kyllästyneen irtomaapiteen paksuus.

Eteläisemmän painanteen leveys ratalinjan kohdalla on kapeimmillaan noin 50 metriä. Ratalinjan länsipuolella eteläinen painanne yhtyy pohjoiseen painanteeseen muodostaen yhtenäisemmän ja laaja-alaisemman painanteen. Ratalinjan itäpuolella eteläinen painanne levenee muodostaen maapohjavesialtaan, jonka paksuimmat (≈ 11 metriä) pohjavedellä kyllästyneet kerrokset sijaitsevat stadionin pysäköintialueen eteläosassa (kuva 1). Pohjaveden pinnan taso painanteessa vaihtelee noin tasojen +2 ja +3 välillä, ollen noin 2 – 3 metrin syvyydellä maanpinnasta. Ratalinjan kohdalla sijaitsee pohjaveden jakaja, jolta pohjavesi virtaa sekä kohti länsi-luodetta, että itä-kaakkoa ja Töölönlahtea. Pääasiainen virtaussuunta lienee itä-kaakko. Ratalinjan itäpuolelle sijoittuvassa maa-

pohjavesialtaassa vedellä kyllästyneen irtomaapeitteen vedenjohtavuus on sekä pohjaveden pinnan gradientin, että maanäytteiden perusteella hyvä.

Ratalinjan länsipuolella 100 – 400 metrin etäisyydellä (pallokenttien alue ja niiden lounaispuoli) on tehty paikoin havaintoja varsinaisen pohjavesikerroksen yläpuolella esiintyvistä "orsivesikerroksesta". Pohja- ja orsivedenpinnan havaintojen perusteella yhteistä ja laaja-alaista "orsivesikerrosta" ei alueella kuitenkaan ole.

Olympiastadionin alueelle suunniteltujen toimintojen pohjavesivaikutukset

Kalliopohjaveden pinnan taso kallioperään louhittavien tilojen ympäristössä saattaa rakentamisen johdosta laskea, kalliopohjaveden suotautuessa louhittuun tilaan. Kuten jo aikaisemmin todettiin, tämä ei kuitenkaan automaattisesti johda haittavaikutuksien syntymiseen. Sen sijaan kalliopohjaveden tason laskiessa, mikäli maa- ja kalliopohjavesi ovat keskenään virtausyhteydessä, saattaa myös maapohjaveden pinnan taso hydrogeologisilta olosuhteiltaan herkällä alueella (kuva 1) laskea.

Vaikka maapohjaveden pinnan taso hydrogeologisilta olosuhteiltaan herkällä alueella laskisikin, myöskään tämä ei välttämättä johda haittavaikutuksien syntymiseen, ellei alueella sijaitse herkkiä kohteita. Joka tapauksessa teoriassa kaikkialla siellä, missä pohjaveden suotautuminen louhittuun tilaan on mahdollista, on myös haittavaikutuksien syntyminen mahdollista. Mitä lähempänä louhittava tila sijaitsee hydrogeologisilta ominaisuuksiltaan herkkää aluetta (ks. kuva 1), sitä suuremmalla todennäköisyydellä myös maapohjaveden pinnan taso saattaa laskea. Tällaisia alueita ovat luonnollisesti sellaiset, joilla ratalinja sijoittuu aikaisemmin mainittujen painanteiden kohdalle. Erityisesti siellä, missä ratalinja sijoittuu painanteen kapeimmille kohdille maapohjaveden pinnan taso saattaa laskea. Laaja-alaisempien painanteiden kohdalla maapohjavesivaraston tilavuus on kapeita painanteita suurempi ja pohjaveden pinnan tasoon mahdollisesti kohdistuvat vaikutukset ovat vähäisemmät.

Millä etäisyydellä ja kuinka paljon maapohjaveden pinnan taso kallioperään louhittavasta tilasta saattaa laskea, riippuu mm. pohjavedellä kyllästyneen irtomaapeitteen vedenjohtavuudesta ja varasto-ominaisuuksista. Kuten aikaisemmin mainittiin, irtomaapeitteen vedenjohtavuus kalliopainanteiden alueella on kohtalaisen hyvä tai hyvä. Käytännössä tämä kyseisellä tarkoittaa sitä, että pohjaveden pinnan taso laskee merkittävästi ainoastaan siinä tapauksessa, mikäli louhittuihin kalliotiloihin suotautuvan pohjaveden virtaaman on suuri. Koska pohjaveden ei anneta virrata louhittuihin tiloihin vapaasti (ks. jäljempänä kappale toimenpiteistä haitallisten pohjavesivaikutuksien ehkäisemiseksi), siksi pohjaveden pinnan tason merkittävän alenemisen syntyminen alueella on epätodennäköistä.

Pohjoisen kalliopainanteen kohdalla (kuva 1) rata on suunniteltu kulkemaan betonitunnelissa. Betonitunnelin rakentaminen on suunniteltu toteutettavaksi maanpinnalta käsin tuetussa avokaivannossa. Työnaikaisesti kaivanto pidetään kuivana, jolloin mahdollinen pohjaveden suotautuminen kaivantoon saattaa laskea maapohjaveden pinnan tasoa ympäristössä. Toisaalta kaivanto saattaa rajoittaa maapohjaveden kohti itä-kaakkoa suuntautuvaa virtausta painanteessa siten, että maapohjaveden pinnan taso kaivannon tukiseinien länsipuolella nousee ja itäpuolella laskee. On siis täysin mahdollista, että nämä vastakkaiset vaikutukset kumoavat toisensa, jolloin kaivannon länsipuolella pohjaveden pinnan tasoon ei kohdistu minkäänlaisia havaittavia vaikutuksia. Ilman toimenpiteitä maapohjaveden pinnan taso kaivannon itäpuolella saattaa laskea, mutta nämä vaikutukset ovat ehkäistävissä.

Olympiastadionin alueelle sijoittuvat herkätkohteet

Lähinnä hydrogeologisilta olosuhteiltaan herkälle alueelle sijoittuu tie- ja puistoalueita, sekä putki- tai johtolinjoja.

Toimenpiteet haitallisten pohjavesivaikutuksien ehkäisemiseksi Olympiastadionin alueella

Periaatteena on ehkäistä pohjaveden pinnan tasoon kohdistuvien haittavaikutuksien syntyminen ennakolta. Ensisijaisena keinoina ovat kaikki sellaiset toimenpiteet, joilla estetään pohjaveden suotautuminen kallioperään louhittaviin tiloihin, työnaikaisiin kaivantoihin ja muihin mahdollisesti pohjaveden pinnan tason alapuolelle ulottuviin rakenteisiin.

Kallioperän esi- ja jälki-injektoinnit erityisesti hydrogeologisilta olosuhteiltaan herkeiksi tunnistetuilla alueilla ja niiden läheisyydessä, ovat pääasiallinen menetelmä estää louhittavien kalliotilojen pohjavesivaikutukset.

Pohjaveden pinnan tason alapuolelle ulottuvien kaivantojen pohjavesivaikutuksien pääasiallinen ehkäisymenetelmä on kaivannon tukiseinien lyöminen lukkoon, sekä tukiseinälinjoilla toteutettava maainjektointi. Tarvittaessa tukiseinälinjoilla myös kallion pintaosaa saatetaan joutua tiivistämään injektioimalla.

Työnaikaisen kaivannon ja sen tukiseinien vesitiiveyden todentaminen koeluonteisesti suoritettavan pumppauksen avulla ennen kaivutyön aloittamista saattaa olla tarpeen kriittisissä kohteissa.

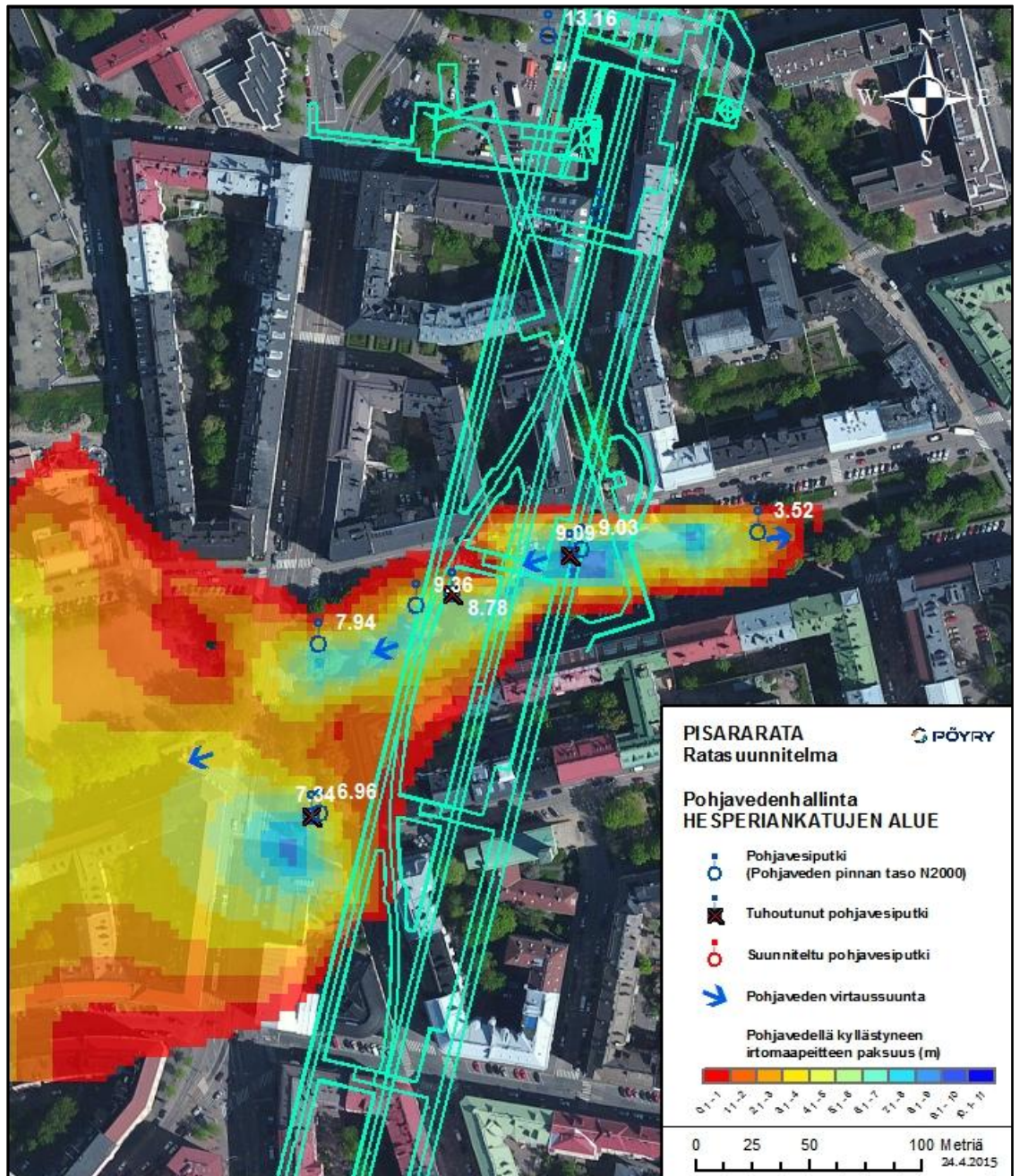
Mikäli kaikista tiivistämistoimenpiteistä huolimatta maapohjaveden pinnan taso rakennettavan alueen ympäristössä laskee siten, että siitä saattaa aiheutua haitallisia seurannaisvaikutuksia, tällöin pohjaveden pinnan tasoa ryhdytään ylläpitämään imeyttämällä vettä maaperään.

Betonitunneliosuudella työnaikaisen kaivannon länsipuolelle kohdistuva padottava vaikutus ja kaivannon itäpuolelle kohdistuva pohjaveden pinnan tason lasku voidaan estää ohjaamalla kaivannon länsipuolelta pohjavedet kaivannon itäpuolelle. Lopputilanteessa maapohjavedelle jää virtausyhteys betonitunnelin länsipuolelta itäpuolelle tunnelin ylitse.

Ennalta arvioiden, pohjaveden pinnan tasoon kohdistuvat rakentamisen aikaiset ja pysyvän tilanteen haittavaikutukset voidaan eliminoida.

Hesperian puistokatujen alue

Hesperian puistokatujen alueella tarkoitetaan ratalinjan paaluvälille noin 5+220 – 5+450 sijoittuvaa aluetta (kuva 2).



KUVA 2. Hesperian puistokatualueen pohjavesiolosuhteet. Hydrogeologisilta olosuhteiltaan herkältä alueelta on kuvassa esitetty pohjavedellä kyllästyneen irtomaapeitteen paksuus.

Ratalinjan poikki kulkee lounas-koillinen suuntainen kalliopainanne, joka on kallioperän heikkousvyöhykkeen ilmentymä. Painanne toimii pohjavettä ympäristöstään keräävänä ja maapohjaveden virtausta ohjaavana kanavana. Painanne on suhteellisen kapea Runeberginkadun itäpuoleisella osuudella (leveys noin 50 – 60 metriä), mutta levenee Runebergin kadun länsipuolella ja Töölönkadun itäpuolella.

Noin 100 metrin etäisyydellä ratalinjan itäpuolella kalliopinta nousee pohjaveden pinnan tasolle tai hieman sen yläpuolelle, muodostaen pohjavedenjakajan jolta maapohjaveden virtaus suuntautuu itä-koilliseen ja länsi-lounaaseen. Vedenjakajan länsipuolelle ratalinjan kohdalle on muodostunut kapea maapohjavesiallas, jossa maapohjaveden pinnan taso on noin +7 - +8. Vedenjakajan itäpuolella maapohjaveden pinnan taso on huomattavasti alempana, noin tasolla +3 - +4.

Pohjaveden pinnan tason havaintohistorian perusteella, pohjaveden pinnan taso painanteen alueella on laskenut huoltokäyttötunnelin rakentamisen johdosta 80-luvulla. Tämä osaltaan kuvastaa alueen pohjavesiolosuhteiden herkkyyttä.

Hesperian puistokatujen alueelle suunniteltujen toimintojen pohjavesivaikutukset

Suunnitelmien mukaan vähintään kaksi, mahdollisesti useampi kallioperään louhittava tunneli alittaa Hesperian puistokatujen alueen painanteen ja maapohjavesialtaan. Erityisesti rakentamisen aikana, pohjaveden suotautuessa kallioperään louhittuihin tiloihin, saattaa maapohjaveden pinnan taso alueella laskea. Vaikutukset kohdistuvat lähinnä Runeberginkadun itäpuolella sijaitsevaan kapeaan ja varastovesitilavuudeltaan kohtalaisen pieneen maapohjavesialtaaseen, erityisesti ratalinjan itäpuoleiselle altaan osuudelle.

Maapohjaveden pinnan tason laskeminen vedenjakajan itäpuolella (yli 100 metrin etäisyydellä ratalinjan itäpuolella) on epätodennäköistä, sillä maapohjavesivaraston tilavuus kasvaa Töölönlahden suuntaan.

Runeberginkadun länsipuolella painanteen leventymisen ja varastovesitilavuuden kasvun johdosta, sekä etäisyyden ratalinjasta kasvaessa, maapohjaveden pinnan tasoon kohdistuvat mahdolliset vaikutukset ovat vähäisemmät.

Hesperian puistokatujen alueelle sijoittuvat herkätkohteet

Lähinnä hydrogeologisilta olosuhteiltaan herkälle alueelle sijoittuu tie- ja puistoalueita, sekä putki- tai johtolinjoja.

Toimenpiteet haitallisten pohjavesivaikutuksien ehkäisemiseksi Hesperiankatujen alueella

Ensisijaisina menetelminä haitallisten pohjavesivaikutuksien ehkäisemiseksi ovat kallioperän esi- ja jälki-injektioinnit erityisesti Hesperiankatujen painanteen kohdalle ja sen läheisyyteen sijoittuvilla tunneliosuuksilla.

Kuten aikaisemmin todettiin, Hesperiankatujen painanteen alueella pohjavesiolosuhteet reagoivat herkästi ulkoiselle muutokselle. Tästä johtuen on mahdollista, että kaikista tunneleiden tiivistämistoimenpiteistä huolimatta, pohjaveden pinnan taso hydrogeologisilta olosuhteiltaan herkällä alueella (kuva 2) saattaa laskea. Pohjaveden pinnan tason laskun ulottuminen Runeberginkadun länsipuolelle voidaan kuitenkin estää ja laskua Runeberginkadun itäpuoleisella maapohjavesialtaan osuudella rajoittaa, imeyttämällä vettä maaperään. Tällöin kyseeseen tulisi imeytyksen kohdentaminen Runeberginkadun ja ratalinjan väliselle alueelle sekä mahdollisesti ratalinjan itäpuolella sijaitsevan vedenjakajan ja ratalinjan väliin.

Ennalta arvioiden, pohjaveden pinnan tasoon kohdistuvat rakentamisen aikaiset ja pysyvän tilanteen haittavaikutukset voidaan eliminoida.

Muut pienempialaiset alueet

Yllä käsiteltyjen kolmen suhteellisen laaja-alaisen alueen lisäksi suunnittelualueella on pienempiä paikallisia pohjaveden hallinnan kannalta merkittäviä kohteita, pääasiassa avokaivantoja, joissa mahdollisia haittavaikutuksia saattaa syntyä pohjaveden suotautuessa työnaikaiseen kaivantoon ja pohjaveden pinnan tason laskiessa tämän seurauksena.

Merkittävimpiä kaivantokohteita ovat kaupunginpuutarhan alueen kaivanto (noin paaluvälillä 4+010 - 4+120), Paavo Nurmen sisäänkäynnin kaivanto (noin paaluvälillä 4+630 - 4+700) ja Töölöntorin kaivanto (noin paaluvälillä 5+000 – 5+080). Yllä esitettyjen lisäksi ratalinjalle sijoittuu mm. savunpoistokuiluja ja muita pieneköjä kaivantoja.

Kaivantokohteissa haitallisten pohjavesivaikutuksien ensisijaisena ehkäisykeinona on maapohjaveden kaivantoon suotautumisen estäminen rakentamisen aikana, sekä lopullisen rakenteen kuivattavan vaikutuksen estäminen.

Kaivantokohteiden lisäksi ratalinjan kohdalla, noin paaluvälillä 4+700 – 4+850 ja 5+550 – 5+600 sijaitsee mahdollisesti kalliopinnan rajaamat suhteellisen pienen varastovesitilavuuden omaavat maapohjavesialtaat. Näissä kohteissa pohjaveden suotautuminen louhittuun kalliotunneliin saattaa johtaa maapohjaveden pinnan tason laskuun, joten ensisijaisen ehkäisykeinona on tunneleiden huolellinen esi- ja tarvittaessa jälki-injektointi.

4.2 KAT2: Toimenpiteet haitallisten pohjavesivaikutusten estämiseksi

Pohjavesien hallinnan suunnittelua varten KAT2 suunnittelualueelta erotettiin kuvassa 4 esitetty alue, joka käsittää Töölönlahden ja Kauppatorin välisen pohjavesialtaan. Alueen rajauksessa hyödynnettiin olemassa olevaa erittäin kattavaa pohjavesien havaintoverkostoa ja aiemmin tehtyjen kalliotilojen louhinnan yhteydessä tulkittuja ruhjevyöhykkeitä, Pisararadan suunnitteluvaiheessa tulkittujen ruhjeiden sijaintia ja keskusta-alueen pohjavedenpinnan laskulle herkkien rakennusten ja alueiden sijaintia.

Keskustassa oleva pohjaveden hallinta-alue ulottuu yhtenäisenä Töölönlahdelta Kauppatorille saakka, sillä olemassa olevat pohjavesihavainnot ja tehdyt analyysit ovat osoittaneet, että alueella olevat ruhjevyöhykkeet ja paksut maakerrokset aiheuttavat sen, että meriveden vaihtelut näkyvät erityisesti paineellisen pohjaveden korkeuksissa. Pisararadan kalliotunnelien aiheuttamat työnaikaiset vuodot mm. Kluuvin ruhjeen alueella saavat korvaavaa vettä sekä orsivesikerroksista (pystysuunnassa) että vaakasuunnassa sekä Töölönlahden, että Kauppatorin suunnalta.

Keskustan pohjavesialueen rajausta länsi- ja itäsuunnassa perustuu pääasiassa ruhjetulkintoihin ja olemassa olevan kalliotilojen louhinnan yhteydessä havaittuihin pohjavesien alenemiin.

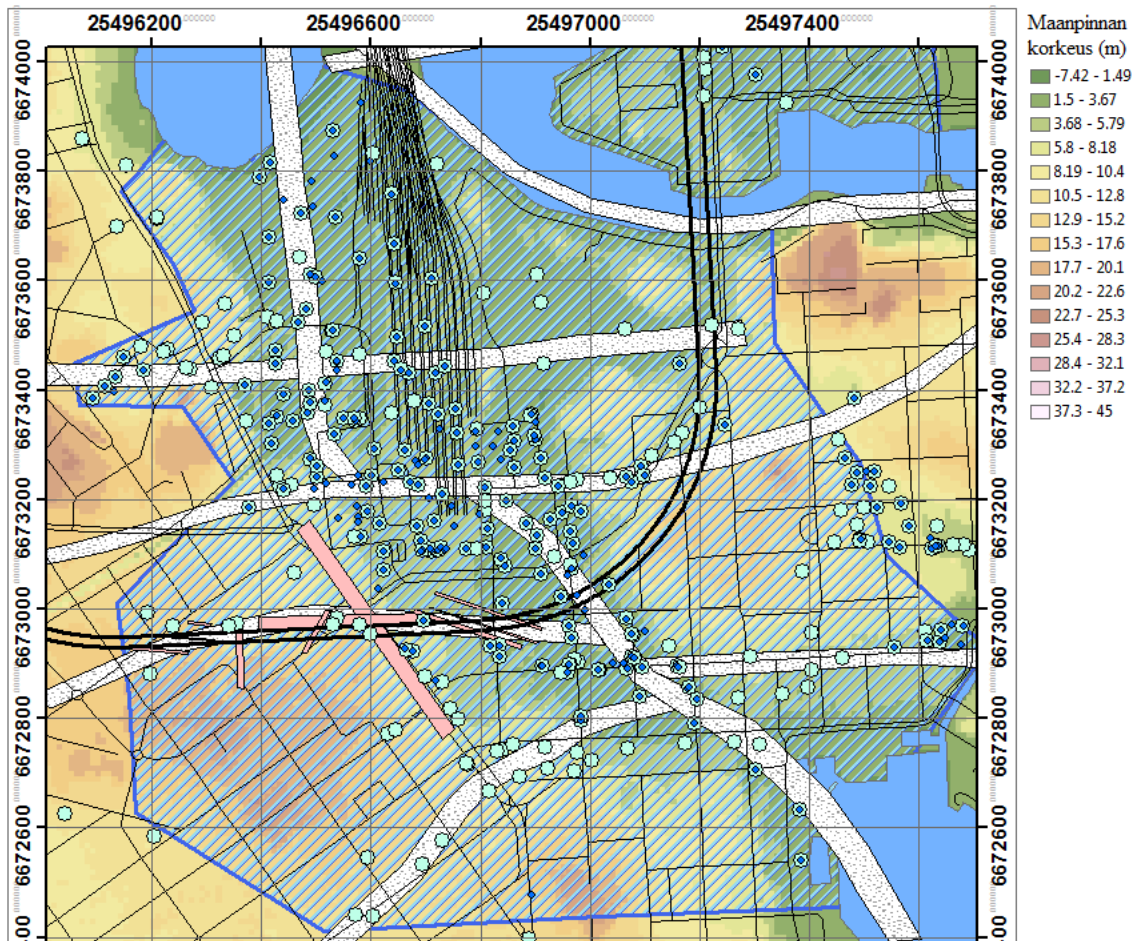
Pohjavesien hallinnan kannalta kriittiset alueet

Käytettävissä olevia perustietojen apuna käyttäen tehtiin pohjavedenhallinnan kannalta kriittisten alueiden kartoitus:

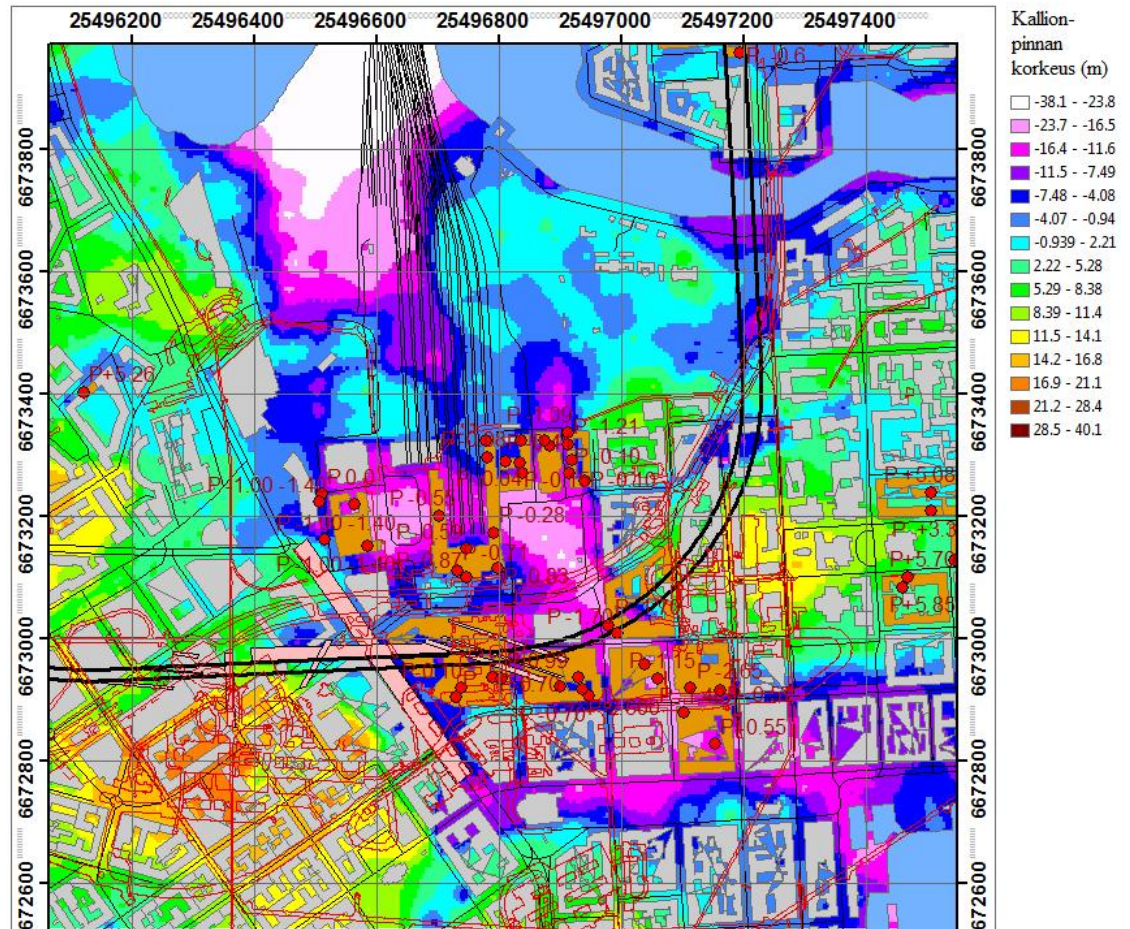
- Puupaaluilla olevat rakennukset ja erityisesti ne alueet, joilla orsivedenpinta on hyvin lähellä puupaalujen yläpinnan tasoa
- Rakennukset, joiden alla maakerrokset ovat paksuja (savikerroksen paksuus)
- Alueet, joilla Pisara-tunneli leikkaa ruhjevyöhykkeet

- Alueet, joilla pieni tunnelin vuoto voi potentiaalisesti aiheuttaa pohjaveden alemmaa (pohja- ja kalliopohjavesien jakajalla olevat alueet, joilla sadannasta imeytävän veden osuus pieni)

Pisararadan kalliotunnelit suunnitellaan siten, että niistä ei aiheudu haitallisia vaikutuksia ympäristön orsi- ja pohjavesiin. Pohjavedenpinnan laskulle herkäät rakennukset ja alueet on esitetty kuvassa 5. Ko. kuvissa on esitetty myös pohjavesien käyttäytymiseen vaikuttavat ruhjevyöhykkeet ja olemassa olevat julkiset kalliotilat.



Kuva 4. Pohjaveden hallinta-alueen raja-alue Helsingin keskustassa (KAT2). Kuvassa on esitetty maanpinnan korkeus, tulkitut ruhjeet ja pohjavesiputkien sijainnit (vaaleansininen on paineellinen pohjavesiputki, tummansininen on orsivesiputki). Harmaalla värillä on merkitty aiemmin tulkitut ruhjevyöhykkeet ja vaaleanpunaisella Pisararadan suunnitteluvaiheessa tulkitut ruhjeet.



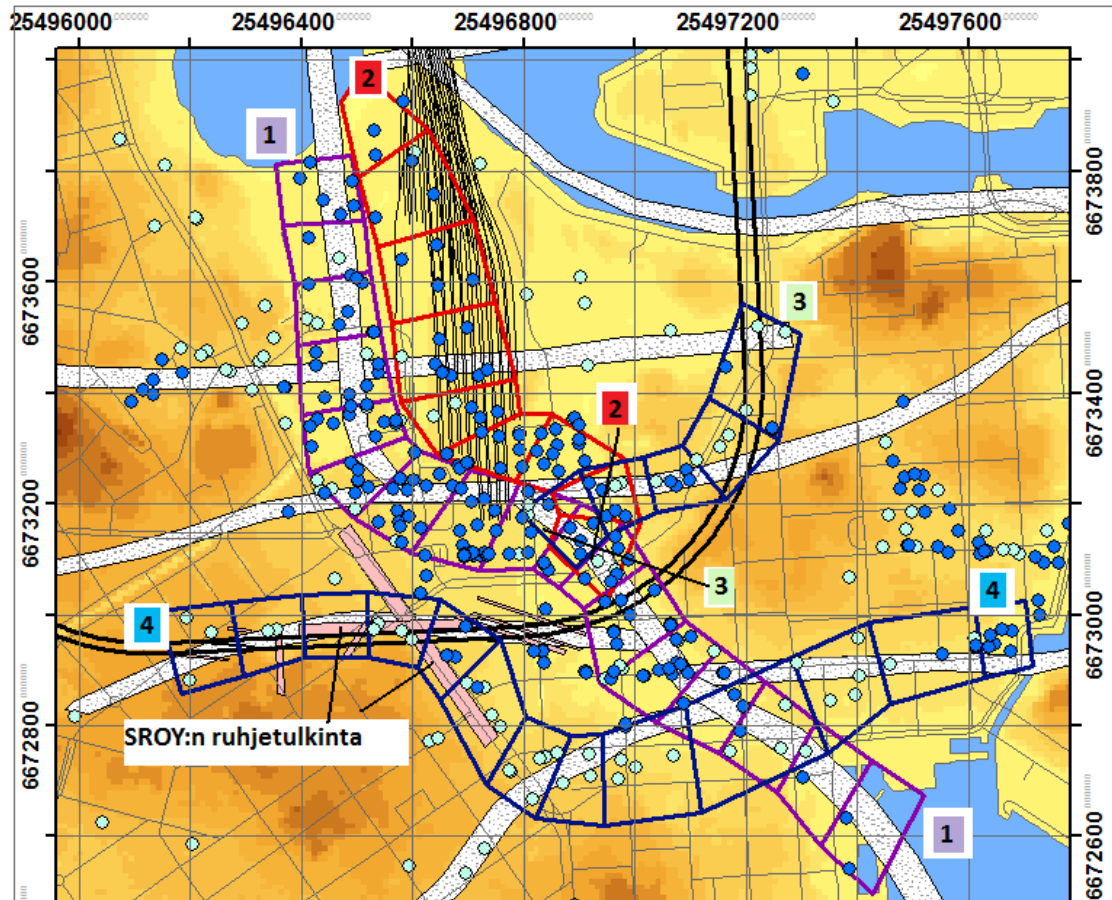
Kuva 5. Pohjavesien hallinnan kannalta kriittisiä alueita ovat puupaaluille perustetut rakennukset keskustassa (oranssilla merkityt). Punaisilla ympyröillä on osoitettu puupaalu-
jen yläpinnan korkeudet. Olemassa olevien julkisten kalliotilojen sijainti on esitetty pu-
naisilla viivoilla.

Pohjaveden hallintaa tukevat menetelmät

Pisararadan pohjavesien hallinnan suunnittelua varten käytettiin Helsingin kaupungin pohjavesi-rekisteriä, jossa on kaikkiaan n. 1800 pohjavesiputken perustiedot ja havainnot ajan suhteen havaintoa).

Pohjavesien käyttäytyminen valituissa pituusprofiileissa pitkän aikavälin kuluessa

Pohjavesien käyttäytymistä tutkittiin laatimalla KAT2-alueelle mittaushavaintojen perusteella useita pohjavedenpinnan pituusprofiileja, joiden avulla voidaan tutkia sekä kalliorakentamisen vaikutuksia viimeisten 40 vuoden aikana (havainnot alkavat v. 1973), että alueen luontaisen pohjavedenpinnan vaihtelua (maksimi- ja minimiarvot 40 vuoden ajalta). Kuvassa 6 on esitetty neljä eri pituusprofiilia, joita käytetään pohjavedenhallinnan suunnittelussa. Pituusleikkaus 1 yhdistää Töölönlahden, keskustan, Kluuvien ruhjeen ja Kauppatorin (Eteläsatama) välisen alueen. Pituusprofiili 2 ulottuu Töölönlahdelta keskustan alueelle ja profiili 3 Kaisaniemestä keskustan alueelle. Pituusprofiili 4 alkaa Kampin ostoskeskuksen länsipäädyn tienoilta ja kulkee Pisararadan linjausta pitkin Mannerheimintien ruhjeelle, Esplanadin puiston poikki ja päättyy Pohjoissatamaan. Pituusprofiili 4 leikkaa myös Kluuvien ruhjeen.



POHJAVEDENPINNAN PITUUSPROFIILIT

- 1 Töölönlahti - keskusta - Kluuvin ruhje - Kauppatori
- 2 Töölönlahti - rautatielinjaus - keskusta - Kluuvin ruhje
- 3 Kaisaniemi - Kluuvin ruhje
- 4 Kamppi - Mannerheimintie - Pohjoissatama

Kuva 6. Pituusprofiilien sijainti KAT2-alueella.

Numeerinen pohjavesimalli KAT2-alueelle

Koko pohjavesiaineistosta rajattiin KAT2-pohjavesialueille sijoittuvat putket ja tarkempaan tarkasteluun otettiin n. 150 orsivesiputkea ja 170 paineellisen pohjaveden mittausputkea ja niiden kaikki mittaukset v. 1973 lähtien. Näiden havaintoputkien aineistojen ja muiden käytettävissä olleiden GIS -tietojen perusteella laadittiin KAT2-alueelle numeeriset pohjavesimallit.

Kehitettyjä numeerisia malleja käytetään:

- arvioitaessa erisuuruisten vuotovesimäärien paikalliset ja alueelliset vaikutukset pohjavedenpinnan korkeuksiin.
- suunniteltaessa kriteerejä sallituille vuotovesimäärille,
- arvioitaessa sallitut vaihteluvälit orsi- ja pohjaveden pinnalle niin, että haitallisia vaikutuksia ei pääse syntymään
- arvioitaessa rakentamisaikaisen pohjaveden ja orsiveden alenemisen vaikutukset

- selvitettäessä aluetta, joilla rakenteet voivat estää tai haitata pohjaveden virtausta painumaherkille tai puupaalutetuille alueille ja suunniteltaessa näihin kohteisiin pohjaveden ohisyöttö ja imeytysrakenteet
- suunniteltaessa seurantaohjelmat olemassa oleville pohjavesiputkien havaintopaikoille ja arvioitaessa uusien havaintoputkien määrä ja sijoittelu

Numeerinen pohjavesimalli testattiin käyttäen olemassa olevia orsivedenpinnan ja paineellisen pohjavedenpinnan mittaushavaintoja. KAT2-alueella havaintojen alueellinen kattavuus on erittäin hyvä. KAT2-alueen pohjavesimallin voidaan katsoa kuvaavan niin hyvin pohjavesien käyttäytymistä, että malleja voidaan käyttää apuna pohjavedenpinnan hallinnan suunnittelussa ja suunniteltaessa toimenpiteitä, joilla ehkäistään haitalliset pohjavesivaikutukset.

Toimenpiteet haitallisten pohjavesivaikutuksien ehkäisemiseksi alueella KAT2

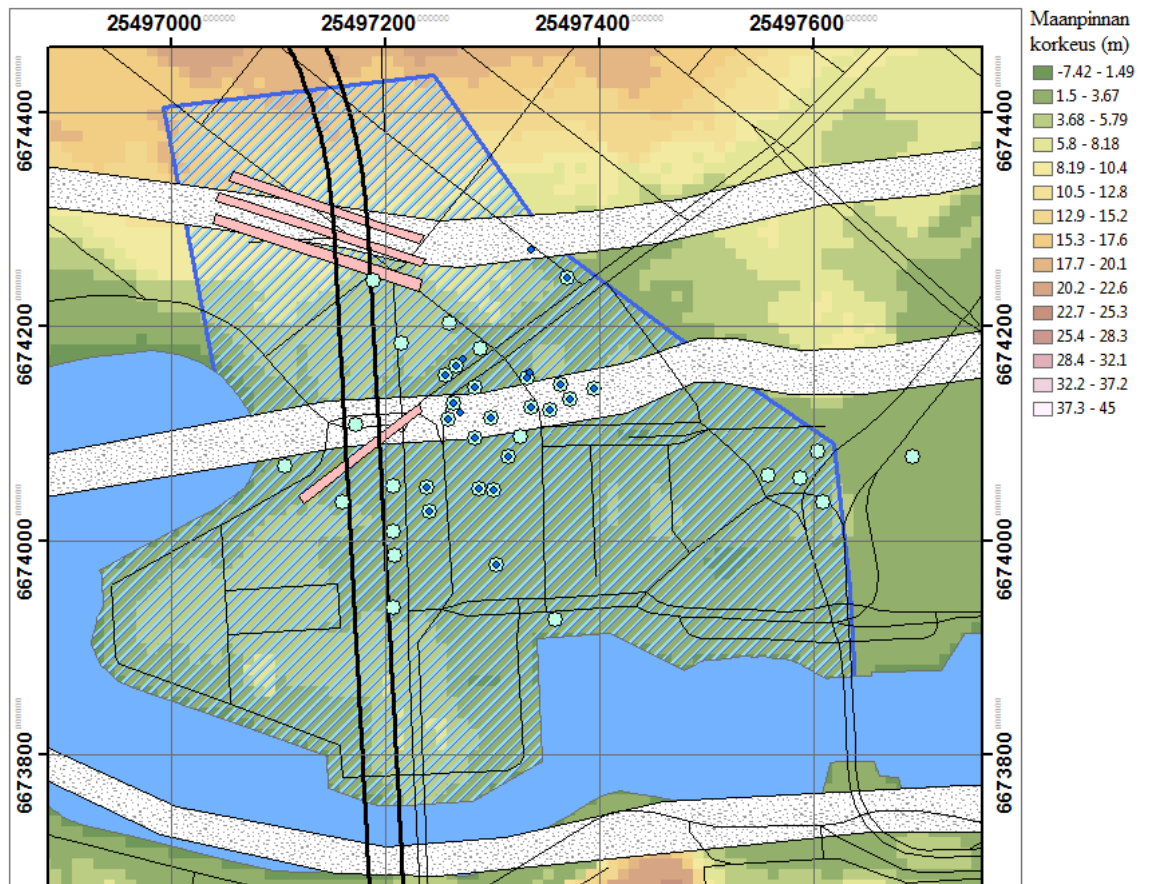
Ensisijaisina menetelminä haitallisten pohjavesivaikutuksien ehkäisemiseksi ovat kallio-perän esi- ja jälki-injektoinnit erityisesti keskustan aseman ympäristössä, sekä Kluuvin ruhjeen ja Mannerheimintien ruhjeen leikkaavilla tunneliosuuksilla. Keskustan alueen puupaaluperusteisten rakennusten osalta on huolehdittava pohjaveden lisäimeytyksillä, että orsivedenpinnan taso ei laske nykyisestä tasostaan. Imeytysten kohdentamisessa käytetään apuna alueelle kehitettyä numeerista pohjavesimallia.

Pohjaveden pinnan tason alapuolelle ulottuvien kaivantojen pohjavesivaikutuksien pääasiallinen ehkäisymenetelmä on kaivannon tekeminen vesitiiviiksi (tukiseinien lyöminen lukkoon, tukiseinälinjoilla toteutettava maainjektointi ja mahdollisesti myös kallion pintaosan tiivistäminen injektoimalla). Työnaikaisen kaivannon ja sen tukiseinien vesitiiveyden todentaminen koeluonteisesti suoritettavan pumppauksen avulla ennen kaivutyön aloittamista saattaa olla tarpeen kriittisissä kohteissa.

Pohjaveden pinnan tasoon kohdistuvat rakentamisen aikaiset ja pysyvän tilanteen haittavaikutukset pystytään hallitsemaan injektoinneilla ja lisävesien imeytyksillä.

4.3 KAT3: Toimenpiteet haitallisten pohjavesivaikutusten estämiseksi

Hakaniemen aseman ympäristön pohjaveden hallinta-alue (kuva 7) rajoittuu länsi- ja eteläreunasta mereen. Pohjois- ja itäreunalla alue on rajattu riittävän suureksi, jotta Pisararadan mahdollinen vaikutus pystytään ennakoimaan. Alueen rajauksessa on käytetty apuna Pisararadan suunnitteluvaiheessa tulkittujen ruhjeiden sijaintia ja keskustan alueen pohjavedenpinnan laskulle herkkien rakennusten ja alueiden sijaintia.



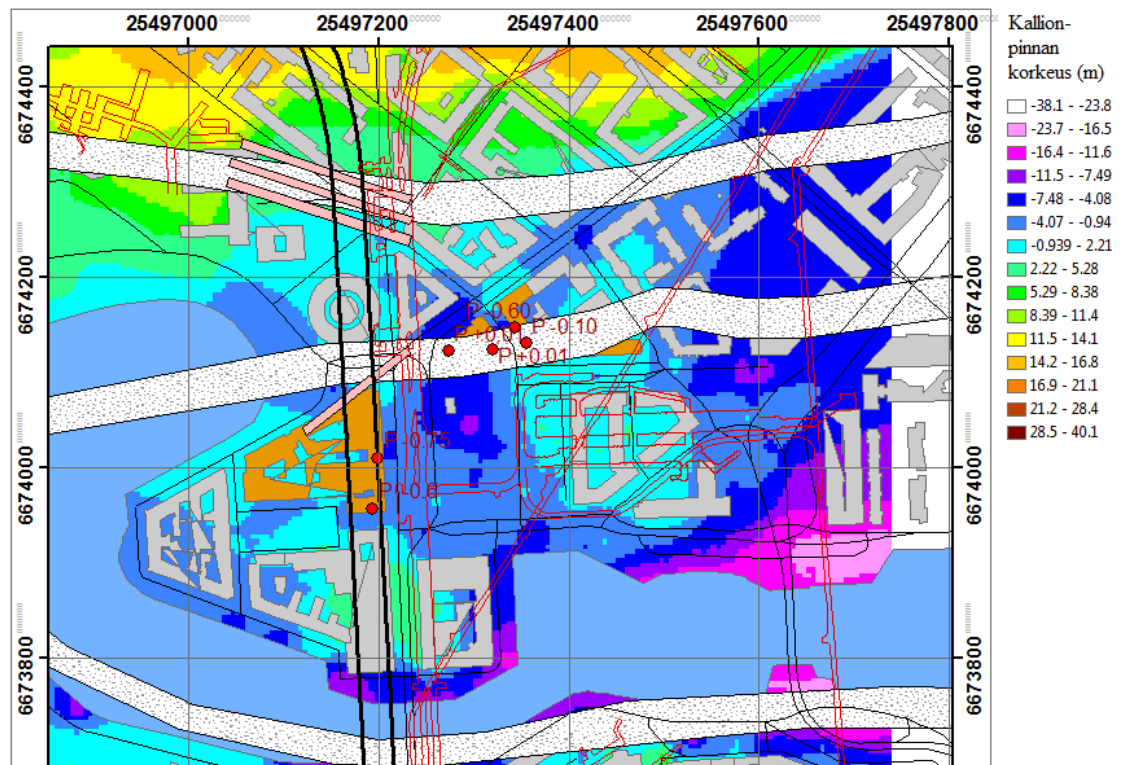
Kuva 7. Pohjaveden hallinta-alueen rajausta Hakaniemen alueella (KAT3). Kuvassa on esitetty maanpinnan korkeus, tulkitut ruhjeet ja pohjavesiputkien sijainnit (vaaleansininen on paineellinen pohjavesiputki, tummansininen on orsivesiputki). Harmaalla värillä on merkitty aiemmin tulkitut ruhjevyöhykkeet ja vaaleanpunaisella Pisararadan suunniteluvaiheessa tulkitut ruhjeet.

Pohjavesien hallinnan kannalta kriittiset alueet

Käytettävissä olevia perustietojen apuna käyttäen tehtiin pohjavedenhallinnan kannalta kriittisten alueiden kartoitus:

- Puupaaluilla olevat rakennukset ja erityisesti ne alueet, joilla orsivedenpinta on hyvin lähellä puupaalujen yläpinnan tasoa
- Rakennukset, joiden alla maakerrokset ovat paksuja (savikerroksen paksuus)
- Alueet, joilla Pisara-tunneli leikkaa ruhjevyöhykkeet
- Alueet, joilla pieni tunnelin vuoto voi potentiaalisesti aiheuttaa pohjaveden alemmaksi (pohja- ja kalliopohjavesien jakajalla olevat alueet, joilla sadannasta imeytyvän veden osuus pieni)
- Erikoistarkasteluun otettavat alueet (mm. Vauhtitien alue)

Pisararadan kalliotunnelit suunnitellaan siten, että niistä ei aiheudu vaikutuksia ympäristön orsi- ja pohjavesiin. Pohjavedenpinnan laskulle herkäät rakennukset ja alueet on esitetty kuvassa 8. Ko. kuvissa on esitetty myös pohjavesien käyttäytymiseen vaikuttavat ruhjevyöhykkeet ja olemassa olevat julkiset kalliotilat.



Kuva 8. Pohjavesien hallinnan kannalta kriittisiä alueita ovat puupaaluille perustetut rakennukset Hakaniemessä (oranssilla merkityt). Punaisilla ympyröillä on osoitettu puupaalujen yläpinnan korkeudet. Olemassa olevien julkisten kalliotilojen sijainti on esitetty punaisilla viivoilla.

Pohjaveden hallintaa tukevat menetelmät

Numeerinen pohjavesimalli KAT3-alueelle

Numeerinen pohjavesimalli testattiin käyttäen olemassa olevia orsivedenpinnan ja paineellisen pohjavedenpinnan mittaushavaintoja. KAT3-alueella mittausverkko on harvempi kuin KAT2-alueella. KAT3-alueen mittausverkkoa tullaan täydentämään Hakaniemen aseman ympäristössä tehtävän koepumppauksen ja mallinnustarkastelujen perusteella.

Toimenpiteet haitallisten pohjavesivaikutuksien ehkäisemiseksi alueella KAT3

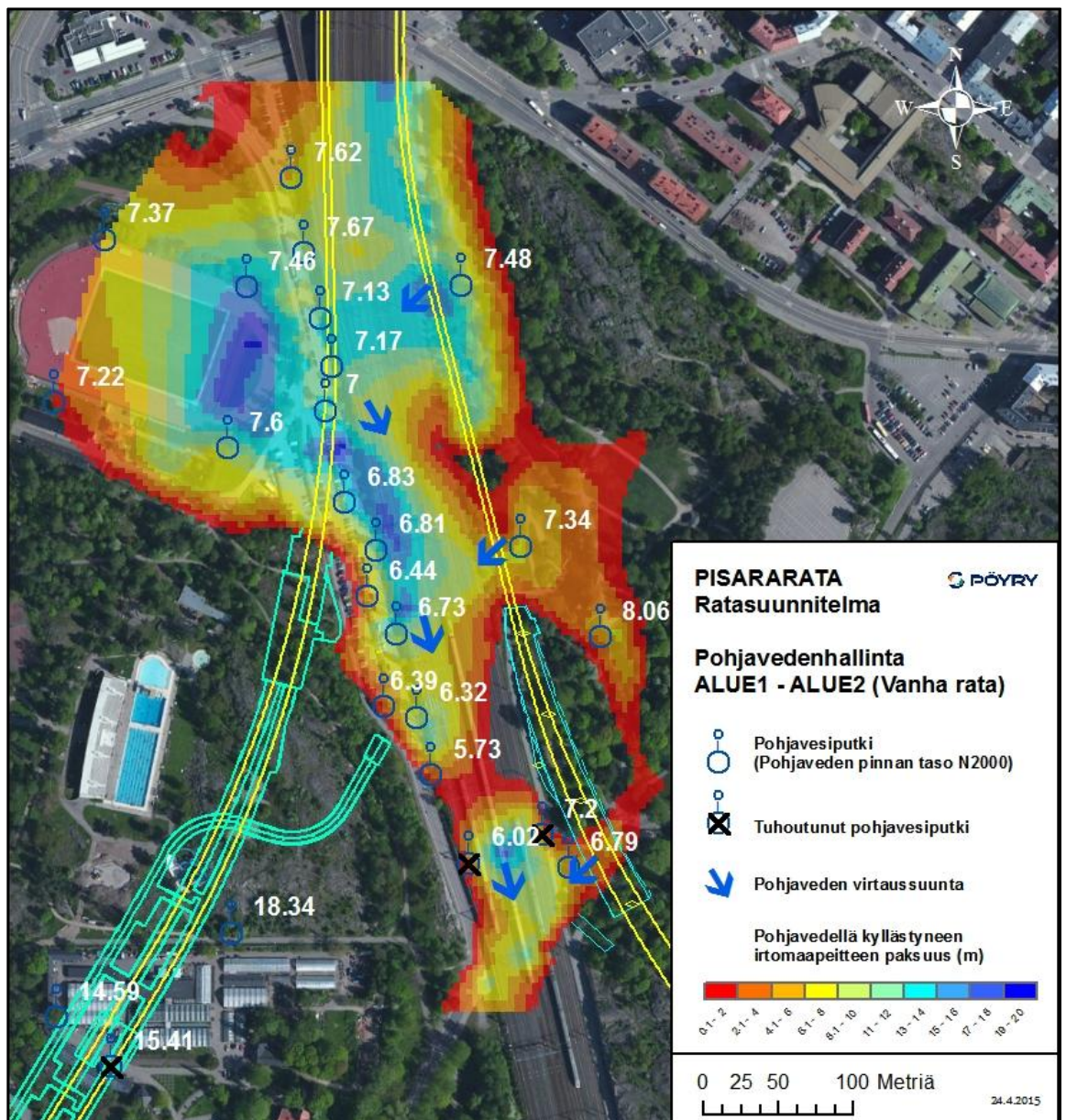
Ensisijaisina menetelminä haitallisten pohjavesivaikutuksien ehkäisemiseksi ovat kallio-perän esi- ja jälki-injektoinnit erityisesti Hakaniemen aseman ympäristössä ja kalliotunnelin leikkaavilla ruhjealueilla, Hakaniemen alueen puupaaluperusteisten rakennusten osalta on huolehdittava, että orsivedenpinnan taso ei laske nykyisestä tasostaan (kallioinjektoinnit ja vedenpitävät kaivannot pohjavedenpinnan yläpuolisissa kerroksissa), Mahdollinen lisäveden imeytystarve arvioidaan alueelle kehitetyllä numeerisella pohjavesimallilla.

Pohjaveden pinnan tason alapuolelle ulottuvien kaivantojen pohjavesivaikutuksien pääasiallinen ehkäisymenetelmä on kaivannon tekeminen vesitiiviiksi (tukiseiniä lyöminen lukkoon, tukiseinälinjoilla toteutettava maainjektointi ja mahdollisesti myös kallion pintaosan tiivistäminen injektioimalla).

Pohjaveden pinnan tasoon kohdistuvat rakentamisen aikaiset ja pysyvän tilanteen haittavaikutukset pystytään hallitsemaan injektioinneilla ja lisävesien imeytyksillä.

4.4 VANHA RATA, ALUE1 – ALUE2: Toimenpiteet haitallisten pohjavesivaikutusten estämiseksi

Vanhan radan alueella tarkoitetaan Pisararadan paaluväliä (KM+M) 3+500...3+800 (ALUE 1) ja paaluväliä (KM+M) 9+550...9+900 (ALUE2). Pisararata erkanee pääradasta alueella 1 ja yhtyy takaisin päärataan alueella 2 (kuva 9).



KUVA 9. Vanhan radan (ALUE1 – ALUE2) pohjavesiolosuhteet. Hydrogeologisilta olosuhteiltaan herkältä alueelta on kuvassa esitetty pohjavedellä kyllästyneen irtomaapiteen paksuus.

Pääradan kohdalla kulkee pohjois-etelä suuntainen kallioperän painenne, joka toimii pohjavettä ympäristöstään keräävänä ja maapohjaveden virtausta ohjaavana kanavana.

Maapohjaveden päävirtaus suuntautuu pääradan suuntaisesti kohti etelää ja Töölönlahtea. Tivolitien kohdalla virtaus kääntyy todennäköisesti hieman lounaaseen. On mahdollista, että Eläintarhan kentän alueelta pohjavesi virtaa kohti päärataa ja tämän lisäksi myös länteen, kohti Nordenskiöldinkatua. Pisararatahankkeen kannalta tällä ei kuitenkaan ole suurta merkitystä.

Vanhan radan pohjavesiolosuhteille luonteenomaista on paksun savikerroksen alapuoleisessa kitkamaassa esiintyvä paineellinen pohjavesi, jonka painetaso on maanpinnan tasossa tai lähellä tätä. Savikerroksen alapuoleisen pohjaveden kyllästämisen irtomaapeitteen vedenjohtavuus on pohjaveden pinnan gradientin perusteella kohtalainen.

Paineellisen pohjavesiesiintymän varasto-ominaisuuksista johtuen, jo vähäisen vesimäärän poistaminen esiintymästä johtaa painetason laskuun. Lisäksi paineelliselle esiintymälle tyypillistä on, että painetaso laskee laajalla alueella. Vauhtitien ympäristöön suunniteltavan hulevesiviemärin tutkimuksien yhteydessä on selvitetty pohjavesiolosuhteiden herkkyyttä koepumppauksien avulla. Tutkimuksien perusteella Vanhan radan alue on hydrogeologisilta olosuhteiltaan erityisen herkkä.

Vanhan radan alueelle (ALUE1 – ALUE2) suunniteltujen toimintojen pohjavesivaikutukset

Pisararata kulkee alueella 1 lähinnä avoratana, radan tasauksen sijoittuessa hydrogeologisesti herkällä alueella (kuva 9) pohjaveden pinnan tason yläpuolelle. Tästä syystä itse radan rakentamisen ja käytön vaikutuksia pohjaveden pinnan tasoon voidaan lähtökohtaisesti pitää vähäisinä. Rata kulkee sillalla pääradan ja pisararatatunnelin välisen osuuden (Vauhtitien ylitys).

Pisararatalinjalla mahdolliset, joskin ennalta arvioiden vähäiset pohjaveden pinnan tasoon kohdistuvat vaikutukset syntyvät Vauhtitien ylittävän sillan alueella, missä sillan paaluilla läpäistään paineellista pohjavettä ”padottava” savikerros. Tällöin saatetaan luoda paineelliselle pohjavedelle virtausreitti ylempänä sijaitseviin maakerroksiin, paalun vaipan ympärille muodostuvan häiriintyneen vyöhykkeen kautta. Tämän seurauksena paineellisen pohjaveden painetaso saattaa laskea sen alueen ympärillä, missä paineellisen pohjaveden purkautumista ylempiin kerroksiin tapahtuu.

Pisararatahankkeeseen liittyy myös välittömästi pääradan länsipuolella ja pääradan suuntaisesti kulkevan Vauhtitien suunnittelu. Suunnitelmien mukaan Vauhtitien tasausta tullaan paikoin laskemaan. Enimmillään Vauhtitien tasausta laskee noin 1,5 metriä, ratasilan kohdalla noin paalulla 3+700. Tällä ei todennäköisesti ole pohjaveden pinnan tasoon kohdistuvia vaikutuksia, sillä Vauhtitien rakennekerrosten alapuolelle jää riittävän paksu paineellista pohjavettä padottava savikerros.

Pääradan itäpuolella, Pisararata kulkee kalliotunnelissa noin 9+550 paalulle saakka (Tivolitielle asti), rakenteen muuttuessa ensin betonitunneliksi ja tämän jälkeen betonikaualoksi noin 9+800 paalulle asti. Betonitunnelin kohdalla pohjan louhintataso sijaitsee noin 10 metriä vallitsevan pohjaveden pinnan tason alapuolella. Louhintataso nousee paaluluvun kasvaessa, sijoittuen kuitenkin reilun 200 metrin matkalla pohjaveden pinnan tason alapuolelle.

Noin paaluvälillä 9+550 – 9+800 rakentaminen toteutetaan avokaivannosta, jolloin pohjaveden pinnan tasoa kaivannon sisäpuolella lasketaan työnaikaisesti. Mikäli kaivannot eivät ole täysin vesitiiviitä, pohjavettä suotautuu kaivantoon, mikä saattaa johtaa pohjaveden painetason laskuun kaivannon ympäristössä. Lisäksi pohjaveden luontainen vir-

taus kaivantojen itäpuolelta länsipuolelle saattaa työnaikaisesti estyä siten, että pohjaveden pinnan taso kaivannon itäpuolella nousee ja vastaavasti länsipuolella laskee padotuksen vaikutuksesta.

Ottaen huomioon yllä esitetyt seikat ja Vanhan radan pohjavesiolosuhteiden herkkyys, voidaan pääradan itäpuolella suoritettavia toimenpiteitä perustellusti pitää pohjaveden hallinnan kannalta kriittisinä ja niiden toteuttaminen vaatii erityistä suunnitelmallisuutta ja pohjavesiolosuhteiden huomioon ottamista.

Pohjaveden suotautuminen pääradan molemmiin puolin kallioperään louhittavaan Pisararatatunneliin (KAT1 ja KAT3) saattaa johtaa lähinnä kalliopohjaveden pinnan tason laskuun välittömästi tunneleiden läheisyydessä. Sen sijaan maapohjaveden painetason laskeminen hydrogeologisilta olosuhteiltaan herkällä alueella (kuva 9) tämän johdosta on epätodennäköisempää.

Vanhan radan alueelle (ALUE1 – ALUE2) sijoittuvat herkätkö kohteet

Merkittävin kohde, johon pohjaveden pinnan tason tai lähinnä paineellisen pohjaveden painetason laskulla saattaisi olla vaikutuksia, on päärata. Päärata sijoittuu keskelle hydrogeologisilta olosuhteiltaan herkkää aluetta ja on rakennettu eri vaiheissa. Ratapenger on osin maanvarainen ja uloimmat raiteet on perustettu paalulaatalle.

Eläintarhan urheilukenttä sijoittuu välittömästi Pisararatalinjan länsipuolelle. Kenttä on rakennettu maanvaraisena ja on näin ollen herkkä pohjaveden painetason laskun suhteen. Painetason lasku saattaa johtaa juoksuratojen ja kenttäalueen painumiseen.

Toimenpiteet haitallisten pohjavesivaikutuksien ehkäisemiseksi alueella 1

Kaikkia toimenpiteitä koskevana yleisohjeena haitallisten pohjavesivaikutuksien ehkäisemiseksi on estää savikerroksen alapuoleisessa irtomaakerroksessa esiintyvän paineellisen pohjaveden purkautuminen ylempiin kerroksiin. Erityisen tärkeätä on estää paineellisen pohjaveden suotautuminen työnaikaisiin kaivantoihin ja lopullisessa tilanteessa estää, ettei pohjaveden painetaso laske radan kuivatuksen seurauksena (salojat jne.).

Tarvittaessa savikerroksen puhkaisevien ratasillan paalujen vaipan ympärille muodostuva ja pohjaveden purkautumisen mahdollistava häiriintynyt vyöhyke voidaan tiivistää injektioilla.

Työnaikaiset kaivannot voidaan eristää ympäristöstä vesitiiviillä rakenteilla (teräsponttiseinät, maainjektoinnit, kallioperän injektointi jne.), jolloin pohjaveden suotautuminen kaivantoon estetään. Ennen varsinaista kaivantojen kuivatusta, kaivantojen sisäpuolella alueella voidaan toteuttaa koeluontoinen kuivatuspumppaus ja samalla tarkkailla koeluontoisen kuivatuksen vaikutusta pohjaveden pinnan tasoon kaivannon ulkopuolella. Koeluontoisen kuivatuksen aiheuttamien pohjavesivaikutuksien perusteella voidaan tarpeen mukaan suorittaa lisää tiivistämistoimenpiteitä ennen varsinaisen kaivannon kuivatuksen aloittamista.

Työnaikaisten kaivantojen pohjavettä padottava vaikutus voidaan estää tai ehkäistä järjestämällä pohjavedelle virtausyhteys kaivannon itäpuolelta länsipuolelle.

5. POHJAVEDEN HALLINNAN SUUNNITTELU JA JATKOTOIMENPITEET

5.1 Pohjaveden hallinnan suunnittelu

KAT1

Yksityiskohtaisemmat kohdekohtaiset pohjaveden hallintasuunnitelmat laaditaan rakentamissuunnittelun yhteydessä, kaikkien muiden tekniikan alojen suunnitelmien tarkentamassa ja luodessa edellytykset yksityiskohtaisemmille pohjaveden hallintaa koskeville toimenpiteille.

Tällä hetkellä pohjaveden pinnan tasoa tarkkaillaan kaikista ratalinjan läheisyydessä sijaitsevista pohjaveden havaintoputkista. Tarkkailu tulee jatkumaan ja tarkkailutiheyttä tullaan paikoin kasvattamaan. Jatkossa myös pohjaveden havaintoputkiverkostoa tullaan täydentämään.

KAT2 ja KAT3

Kriteerit sallituille vuotovesimäärille

Olemassa olevien pitkien havaintosarjojen avulla laaditaan kartat pohjavedenpinnan luontaiselle vaihteluvälille erikseen orsivedelle ja paineelliselle pohjavedelle. Numeeristen mallien avulla laaditaan arviot sallituille vuotovesimäärille niin, että tunnelin vuotojen aiheuttamat alenemat pysyvät luontaisen pohjavedenpinnanvaihtelun rajoissa.

Sallitut orsi- ja pohjavedenpinnan vaihteluvälit

Olemassa olevien mittausten, numeeristen mallien ja pituusprofiilien antamien tulosten perusteella määritetään luontaiset pohjavedenpinnan vaihteluvälit v. 1973 alkaen ja tarkennetaan muilta osin numeerisen mallin avulla.

Pohjaveden imeytysrakenteiden suunnittelu

Pohjaveden imeytysrakenteita tarvitaan keskustan aseman ympärillä (KAT2). Keskustan aseman (KAT2) länsipuolella (kuva 5) on useita puupaaluille perustettuja rakennuksia ja näiden alueiden orsivedenpinnan korkeuden turvaamiseksi on suunniteltu alustavat imeytyspaikat. Vastaavanlaiseen rakenteeseen varaudutaan myös Kluuvin ruhjeen leikkauskohdassa (KAT2), sekä Hakaniemen aseman ympäristössä (KAT3). Hakaniemessä puupaaluille perustettuja rakennuksia on sekä aseman länsi- että koillispuolella (kuva 8). Imeytyspaikkojen suunnittelussa käytetään apuna jo aiemmin toteutettuja imeytysohjelmia (mm. keskustan huoltotunnelin imeytys v. 2009 alkaen) ja laadittuja numeerisia malleja.

Pohjavesien seurantaohjelman suunnittelu

Olemassa oleville ja uusille havaintoputkille laaditaan seurantaohjelma sekä rakentamisen aikaiselle, että rakentamisen jälkeiselle tilanteelle. Seurantaohjelman laadinnassa voidaan käyttää apuna mm. ruhjelinjauksia sekä numeerisia malleja (KAT2 + KAT3).

Maaleikkausten vaikutus

Maaleikkausten osalta huomioidaan vaikutukset pohjavesiolosuhteisiin sekä suunnitelmaan pintavesien pois johtaminen hallitusti.

Rakentamisaikaiset pohjaveden ja orsiveden alenemisen vaikutukset

KAT2- ja KAT3-alueille laadittujen pohjavesimallien perusteella laaditaan kartat rakentamisen aikaisista tilapäisistä pohjaveden ja orsiveden alenemista ja verrataan alenemia luontaisiin vaihtelurajoihin.

Vanha rata (ALUE1 - ALUE2)

Yksityiskohtaisemmat kohdekohtaiset pohjaveden hallintasuunnitelmat laaditaan rakentamissuunnittelun yhteydessä, kaikkien muiden tekniikan alojen suunnitelmien tarkentuksessa ja luodessa edellytykset yksityiskohtaisemmille pohjaveden hallintaa koskeville toimenpiteille.

Tällä hetkellä pohjaveden pinnan tasoa tarkkaillaan kaikista ratalinjan läheisyydessä sijaitsevista pohjaveden havaintoputkista. Tarkkailu tulee jatkumaan ja tarkkailutiheyttä tullaan paikoin kasvattamaan. Jatkossa myös pohjaveden havaintoputkiverkostoa tullaan täydentämään.

5.2 **Jatkotoimenpiteet**

KAT1

Pohjaveden seurantapisteitä lisätään. Määrä tarkentuu jatkosuunnittelun yhteydessä ja sen jälkeen, kun nyt asennetuista havaintoputkista on saatu seurantatietoa, joiden perusteella voidaan täydennystarvetta arvioida. Tämän hetkisen arvion mukaan lisäystarve rakentamissuunnitteluvaiheessa on noin 5...10 havaintoputkea.

KAT2 ja KAT3

KAT2-alueella uusia pohjavesiputkia sijoitetaan Pisararadan keskustan aseman ympärille 3-5 kpl (sekä orsivesi että paineellinen pohjavesi).

KAT3-alueella uusia orsivesiputkia ja paineellisen pohjavedenpinnan mittausputkia sijoitetaan Hakaniemen aseman ympäristöön 4-6 kpl.

Yksittäisiä uusia pohjavesiputkia (3-5 kpl) on tarpeen sijoittaa Pisararadan varrelle niille alueilla, joissa on todettu yksittäisiä ruhjevyöhykkeitä (mm. Kätilöopiston alue) ja Vauhtien alueelle.

Hakaniemen alueella tehdään koepumppaus, jonka tulosten perusteella KAT3-alueen mittausverkkoa tullaan täydentämään. Koepumppaus antaa lisätietoa maakerrosten vedenjohtavuudesta ja tuloksia voidaan hyödyntää myös suunniteltaessa Hakaniemen alueen mahdollisia lisäveden imeytyspaikkoja.

Vanha rata (ALUE1 - ALUE2)

Pohjaveden seurantapisteitä lisätään. Maaperän hydraulista johtavuutta, sekä työnaikaisen ja lopullisen tilanteen kuivatuksen pohjavesivaikutuksia tutkitaan pääradan itäpuoleisen alueen havaintoputkista suoritettavien slug-testien sekä koepumppauksien avulla.