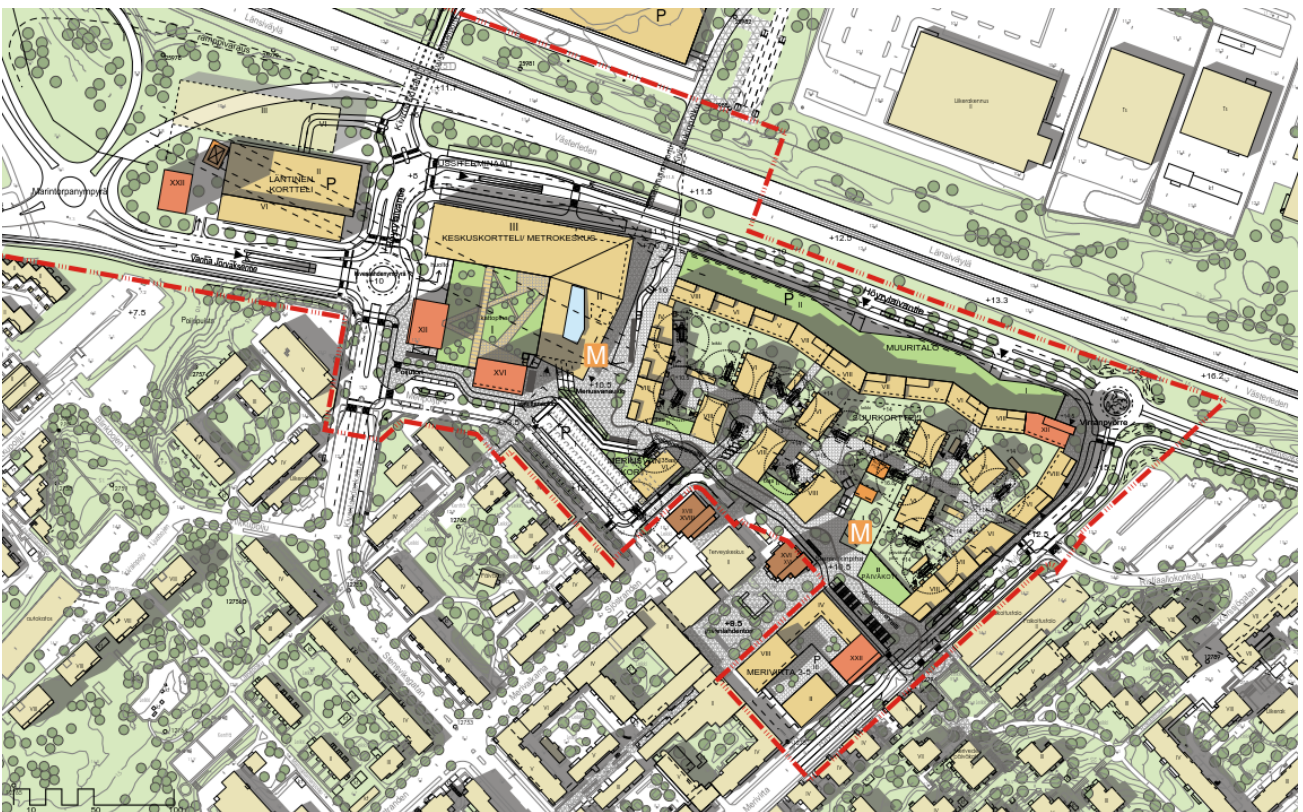


Kivenlahden metrokeskuksen alueen pohja- ja hulevesiselvitys

Espoon Kaupunki, KaKe



ESIKOPIO

28.2.2017

S SITO

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO.....	2
2	LÄHTÖTIEDOT	2
2.1	Maastomalli	2
2.2	Pohjatutkimukset.....	2
2.3	Selvitykset ja suunnitelmat.....	2
2.4	Länsimetron louhinnat ja työmaa.....	3
3	MAAPERÄ JA POHJAVESIOLOSUHTEET	4
3.1	Pohjasuhteet.....	4
3.2	Pohjavedenpinnan taso	6
3.3	Pohjavesien muodostuminen	7
3.4	Pohjavesien virtaus	8
4	HULEVESIEN HALLINTA	8
4.1	Nykytilanne	8
4.2	Rakentamisen vaikutus hulevesien ja muodostuvan pohjaveden määrään.....	8
4.3	Hulevesien imeytys	9
4.3.1	Hulevesien mahdolliset imeytyspaikat ja -rakenteet	10
4.3.2	Hulevesien johtaminen imeytykseen.....	12
4.3.3	Arvio imeytysmäärästä Kiviruukin alueella	12
4.4	Rakentamisen aikainen hulevesien hallinta	13
5	RAKENTAMISEN VAIKUTUS POHJAVESIOLOSUHTEISIIN.....	14
5.1	Rakentamisen aikaiset vaikutukset pohjaveden pinnan tasoon	14
5.2	Lopullisen tilanteen vaikutus	14
6	RAKENTAMISEN VAIKUTUS YMPÄRISTÖÖN	15
6.1	Rakennukset pehmeiköllä.....	15
6.2	Länsiväylä	16
7	SUOSITUKSET JATKOSUUNNITTELUUN JA YHTEENVETO	18
7.1	Pohjaveden pinnan taso	18
7.2	Pohjaveden pinnan tarkkailu	19
7.3	Rakennusten painumatarkkailu	19
7.4	Yhteenveto.....	20

LIITTEET:	Liite 1. Suunnittelualue
	Liite 2. Pohjatutkimuskartta
	Liite 3. Pohjavesiputkien havaintotiedot, suunnittelualue
	Liite 4. Pohjavesiputkien havaintotiedot, metrokeskuksen alue
	Liite 5. Metrokeskuksen maanalaiset tilat
	Liitteet 6 - 16. Pohjatutkimusleikkaukset
	Liite 17. Rakennusten perustamistavat
	Liite 19. Pohjaveden laskun vaikutusalue
	Liite 20. Pituusleikkaus 8-8
	Liite 21. Suotovirtauslaskelmat
	Liite 22. Ödometrikokeiden tulokset piste 204
	Liite 23. Ödometrikokeiden tulokset piste 205
	Liitteet 24-41. Painumalaskelmat
	Liitteet 42. Länsimetron tietokannasta tulostetut pohjavesiputkien tiedot

1 JOHDANTO

Tässä työssä on laadittu selvitys pohja- ja hulevesistä Espoon Kivenlahteen osana uuden Metrokeskuksen alueen suunnittelua. Tarkoituksena oli selvittää suunnitellun maankäytön hulevesi- ja pohjavesivaikutukset. Selvityksessä on käyty läpi alueen nykytilanne pohja- ja hulevesien osalta, selvitetty rakentamisen vaikutukset pohjaveden määrään ja laatuun sekä arvioitu mahdollisen pohjaveden aleneman vaikutukset ympäristöön. Selvityksen suunnittelualue on esitetty liitteessä 1.

Selvityksen ohjausryhmään ovat osallistuneet Espoon kaupungilta Kaisa Kauhanen ja Jouni Hartikainen. Sito Oy:ssä selvityksen teossa ovat olleet mukana Leena Nurmi (projektipäällikkö), Olli Himanen, Lauri Harilainen, Laura Viitanen, Pasi Hautalahti, Tapio Karvonen, Esa Kallio ja Maiju Juntunen.

2 LÄHTÖTIEDOT

2.1 Maastomalli

Työssä on käytetty Kivenlahden metrokeskuksen kunnallisteknisen yleissuunnitelman maastomalliaineistoa ja sen lisäksi on hankittu laajempi lasermalli Maanmittauslaitoksen tietokannasta.

2.2 Pohjatutkimukset

Suunnittelualueelta on hankittu Espoon kaupungin tietokannassa olevat nykyiset pohjatutkimustiedot ja maaperäkartta. Kivenlahden metrokeskuksen alueella tehtiin pohjatutkimuksia elo-syyskuussa 2016 alueen kunnallisteknistä yleissuunnitelmaa varten. Pohjatutkimukset käsittivät 17 kpl porakone-, 2 kpl siipi- ja 30 kpl puristinheijarikairauksia. Lisäksi otettiin häiriintyneet näytteet 2 pisteestä ja asennettiin 7 kpl pohjavesiputkia tulevien alikulkukäytävien läheisyyteen.

Tähän selvitykseen liittyen Kivenlahden pohjavesien muodostumisalueelle asennettiin loppuvuodesta 2016 4 kpl pohjavesiputkea, joilla saatiin varmistettua pohjavesien virtaussuunnat ja tarkennettua pohjaveden korkeusasemaa. Lisäksi otettiin kahdesta pisteestä Länsiväylän penkereen reunasta häiriintymättömät näytteet, joista tehtiin ödometrikokeita.

Pohjatutkimukset on esitetty pohjatutkimuskartalla, Liite 2.

2.3 Selvitykset ja suunnitelmat

Työtä varten on hankittu seuraavat selvitykset ja suunnitelmat:

- Kivenlahti, Aluesuunnitelma vaihe 1, Hule- ja tulva-asiat, Selvitys. Ramboll 8.5.2015
- Länsiväylän arkistosuunnitelmat, 60-luku
- Länsimetro, alueen rakennusten perustamistapaselvitys
- Länsimetro, ympäristöpalvelu, alueen pohjavesimittausten ja painumamittausten tiedot
- Kivenlahden metrokeskuksen arkkitehtisuunnitelmat, HKP
- Seudullinen maanpeiteaineisto, Helsingin seudun ympäristöpalvelut kuntayhtymä

2.4 Länsimetron louhinnat ja työmaa

Metron tilat ja rakentamisaikataulu

Kivenlahden metrokeskuksen alueelle sijoittuu merkittävä määrä maapäälle ulottuvia sekä maanalaisia metron toimintoja. Kuvassa 1 on esitetty pääpiirteissään metron kalliorakenteet. Länneestä päin lueteltuna merkittävimpiä rakenteita ovat maanpinnalle ulottuva Kaukalahden-väylän kuilu, ratatunnelit, huoltotunnelin avoleikkaus, huoltotunneli, läntinen sisäänkäyntikuilu, asema, itäinen sisäänkäyntikuilu sekä itäinen raiteenvaihtohalli, jonka läntisin osa ulottuu metrokeskuksen alueelle. Lisäksi kuilujen ympärille sijoittuu metroon liittyviä maaleikkauksia ja tasauslouhintoja.

Läntinen raiteenvaihtohalli ja asema louhitaan yhtenäisenä rakenteena, jolloin leveän kalliotilan kokonaispituus on noin 370 metriä. Tämä käsittää merkittävän osan tulevan metrokeskuksen alueesta. Tämän yhdistetyn raiteenvaihtohallin ja aseman leveys vaihtelee 24...29 metrin välillä. Aseman alueella holvin ylin taso vaihtelee tasojen -10...-14 välissä ja raiteenvaihtohallin alueella -16...-18 välissä. Ratalinjan alueella holvin ylin korko on noin tasolla -20...-22. Aseman pohja on tasolla noin -29 ja raiteenvaihtohallin -27.

Ratatunneleiden leveys on noin 6,2 m, holvin ylin korko vaihtelee -20...-22 välissä ja lattiapinnan korko tasojen -28...-30 välissä. Luonnollinen kalliopinta vaihtelee aseman ja raiteenvaihtohallien alueella noin tasolla +0...+16. Vastaavasti luonnontilainen maanpinta alueella on noin tasoilla +10...+16.



Kuva 1 Kalliorakenteet Metrokeskuksen alueella. (Lähde Länsimetro, ympäristötietopalvelu)

Rakentamisen aikataulu

Kivenlahden huoltotunnelien louhinnat aloitettiin keväällä 2015. Aseman ja raiteenvaihtohallien louhinnat käynnistettiin kevättalvella 2016. Itäisen sisäänkäyntikuilun maanpäälliset lou-

hintatyöt aloitettiin helmikuussa 2016. Läntisen sisäänkäyntikuilun maanpäälliset louhintatyöt aloitettiin tammikuussa 2017. Kauklahden väylän kuilun louhinnat aloitettiin syksyllä 2016.

Helmikuussa 2017 louhinnan tilanne on seuraava: asemahallissa on keskipilottia louhimatta noin 50 m sekä aseman pohjan pengerlouhinnat kokonaan louhimatta. Sisäänkäyntikuilujen louhintoja on aloitettu. Läntinen ja itäinen raiteenvaihtohalli on louhittu. Kauklahden väylän kuilu (kuilu 4.7) on louhimatta, kuiluhallin louhinta on menossa. Lisäksi Ratatunneleita on louhimatta lännen suuntaan noin 20 metriä. Metrokeskuksen alapuolinen alue on louhittu kokonaisuudessaan arviolta toukokuussa 2017.

Tunneleiden vesivuodot

Asema ja raiteenvaihtohalli kuuluvat metron tiiveysluokkaa AA, joka käytännössä tarkoittaa vesivuotoamäärää 2l/min/100m. Kivenlahden työtunneliin on rakennettu kaksi mittapatoa. Työtunnelista mitatut arvot ovat vaihdelleet syksyllä 2017 välillä 2,7-63,0 l/min/100m. Näissä mittauksessa ei ole huomioitu pumppaus- ja poistovesien määrää. Kun nämä ovat huomiotu, niin vuotovesien määrä on ollut tällöin noin 3,6 l/min/100m. Asemahalliin ja raiteenvaihtohallin päihin on rakennettu myös mittapadot. Näistä mittapadoista ei ole toistaiseksi esitetty tuloksia.

Urakoitsijan mukaan silmämääräisen tarkastelun perusteella metrontunneleiden ja hallien vesivuodot ovat pieniä, eivätkä vaikuttaisi ympäristön vedenpintoihin. Ajotunnelin rakentamisen yhteydessä luiskän pohjoispuoleinen kallio- ja ponttiseinä ovat vuotaneet runsaasti. Useiden tiivistämistoimenpiteiden seurauksena vuotoja on saatu merkittävästi pienennettyä seinästä, mutta suullisesti saadun tiedon mukaan ajoluiskän pohjassa olisi yhä vuotoja. Pohjan injektoinnista on tehty suunnitelmia, mutta metron rakentamistoimenpiteiden vuoksi luiskän injektointia ei ole vielä pystytty tekemään.

Pohjaveden pinnan korkeuden vaihtelut on esitetty kappaleessa 3.2.

3 MAAPERÄ JA POHJAVESIOLOSUHTEET

3.1 Pohjasuhteet

Yleistä alueen geologisista olosuhteista

Alueella ja sen lähiympäristöstä on käytössä noin 4600 tutkimuspistettä. Tutkimuspisteet jakautuvat alueellisesti epätasaisesti. Tiheimmin tutkimuksia on tulevan metron linjauksella ja erityisesti tulevan aseman yläpuolella (Länsiväylän eteläpuoli – Kivenlahdentie). Länsiväylän pohjoispuolella liiketilakorttelin alueella Länsiväylä –Ruukinsilta –Ruukintie) tutkimuspisteitä on harvemmassa, mutta ne muodostavat analysoinnin kannalta kattavaa tutkimuspisteverkkoa maalajien osalta. Tästä pohjoiseen mentäessä (Ruukintien pohjoispuoli) käytettävissä olevat tutkimukset sijoittuvat pääosin katupohjien alle. Tällöin ne kattavat katualueet hyvin, mutta muilta alueilta ei ole tällöin käytössä tutkimustietoa ja suuria alueita jää ilman maaperähavaintoja. Kivenlahdentien eteläpuolella on kohtuullisesti tutkimuspisteitä, mutta rakennetun ympäristön vuoksi ja pienipiirteisen kallio- ja maaperäolosuhteiden vuoksi alueen kokonaiskuvan hahmottaminen on haasteellista.

Pohjasuhteet

Koko suunnittelualueelta on tehty maastoleikkauksia kuvaamaan alueen pohjasuhteita. Länsi-Itä suuntaiset leikkaukset 1 - 7 on esitetty liitteissä 6. – 12. ja Etelä-Pohjoinen suuntaiset leikkaukset A – D on esitetty liitteissä 13. – 16. Leikkausten sijainnit on esitetty pohjatutkimuskartalla liitteessä 2.

Tehtyjen havaintojen perusteella pohjaveden muodostumisalueen pohjaolosuhteet voidaan jakaa kolmeen erityyppiseen osaan. Tässä jätetään käsittelemättä itse kalliorinteet.

Pohjoinen osa: Ruukintien pohjoispuolinen osa

Alue on kahden kalliomäen välissä sijaitseva ruhjelaakso. Muodostumisalueen pohjoisosasta etelään päin tultaessa ylimpänä maakerroksena on savi, tämän alla hiekka ja moreenikerros vaihtelevan paksuisena kerroksena. Lisäksi esiintyy silttejä, soraa ja erilaisia moreeneja.

Savikerroksen paksuus on monin paikoin yli 3 metriä. Kairaustietojen perusteella savikerroksen enimmäispaksuus on noin 8 metriä. Saven alapuolisen, vettä johtavan kerroksen (moreeni tai hiekka) paksuus on tyypillisimmin noin 1-4 metriä. Ruukintietä lähestyttäessä hiekkakerroksen paksuus kasvaa. Tämä alue kuuluu jo osittain keskimmäiseen "allasalueeseen". Syvin kalliopintahavainto on tasolla -3.

Keskiosa: Ruukintie-Kivenlahdentie välinen alue

Maaperä muodostaa alueelle vaihtelevan syvyisen allasalueen. Alueen allasta jakaa Kivenlahdenpuiston kohdalle sijoittuva pieni kalliomäki, joka jakaa alueen itäiseen ja läntiseen haaraan. Läntinen haara ulottuu Merivirta ja Ristiaallokon nimisten katujen alueelle. Itäinen haara ulottuu Kivenlahdentien eteläpuolelle Kivenlahden kadun alle / alueelle.

Tarkkaa tietoa allasalueen kalliopinnan syvyydestä ei ole, sillä alueella on vain harvoja kalliopintaan ulottuvia kairauksia. Syvin kalliopintahavainto on tasolta -4,5. Allasalueen merkittävin ominaisuus on paksu hiekkakerros paksun savikerroksen alapuolella. Hiekkakerrokseen paksuus vaihtelee runsaasti alueen kalliopinnan muodostaman morfologian mukaan, mutta hiekkakerroksen paksuus ylittää paikoin jopa 5 m. Tehtyjen havaintojen perusteella hiekkakerros vaikuttaisi yhtenäiseltä. Hiekkakerroksen merkittävin alue on esitetty liitteenä olevassa pohjavesiputkikartassa vihreällä rajauksella, liite 3.

Eteläosa: Kivenlahdentien eteläpuolinen alue

Alue on käytännössä kokonaan rakennettua. Tutkimustietoa on hajanaista ja toisaalta alueen maaperää on rakentamisessa niin paljon muokattu, että alueen kairaushavainnoille ei ole nykyisyydellään riittävää varmuutta. Lisäksi alueen pinnanmuodot ovat pienipiirteisiä, joka aiheuttaa haasteellista tulkintaa alueelle. Merkittävää alueelle on, että kun pohjoisempana allasalueella kalliopinta painui selvästi alle 0-tason, niin eteläosassa kalliopinta nousee selvästi 0-tason yläpuolelle muodostaen kalliokynnyksen alueelle. Länsiväylän ja Metrokeskuksen alueen kohdalla pohjaveden virtauksen reitti jakaantuu kahteen haaraan, läntiseen ja itäiseen. Itäisellä haaralla kalliokynnys nousee noin tasolle +6. Lisäksi alueen maaperä on moreenisempää sekä kerrospaksuudet ohuempia.

Läntinen haara ulottuu Kivenlahdenkadun alle. Tehtyjen havaintojen perusteella kalliopinta vaihtelee alimmillaan tasolla +3...+4. Lisäksi alueen maaperä on kairausten perusteella hiekkaisempaa ja maalajikerrokset selkeämpiä.

Yhteenvedo olosuhteista

Paksun savikerroksen alla on hyvin vettä johtava hiekkakerros, jossa on lisäksi paikoin soraisempia alueita. Lisäksi saven alapuolella on paikoin silttisempiä kerroksia. Saven alapinta ja

paksuus vaihtelevat alueella runsaasti. Ohuimmat savikerrokset ovat kalliopaljastumien lähellä ja alimmillaan savikerrokset painuvat ”syvälle hiekkakerrokseen”. Tämä voi aikaansaada hiekkakerrokseen paineellisia kohtia, jotka esimerkiksi kairattaessa savikerroksen läpi voi aiheuttaa pohjaveden nousua maanpinnalle.

Hiekkakerros todennäköisesti johtaa hyvin vettä alueella. Todennäköisin pohjaveden virtausreitti kulkee pohjoisesta suurin piirtein läntistä haaraa pitkin. Myös itäisemmän haaran kautta tapahtuu todennäköisesti virtausta, mutta vähäisemmässä määrin johtuen hieman korkeammasta kalliokynnyksestä sekä huonommin vettä johtavista maalajeista. Läntinen haara sijoittuu Metron ajotunnelin kohdalle, jossa virtausta tällä hetkellä estää tällä hetkellä ponttiseinä. Tästä syystä pohjavedet ovat saattaneet hakea uusia virtausreittejä esimerkiksi louhittujen tieyhteyksien kautta. Lisäksi tällä hetkellä allasalueen länsireunaan kasattu maapenger saattaa vaikuttaa alueen vesiolosuhteisiin.

Liitteessä 3. on esitetty kalliopinnan korkeuskäyrät ja Länsiväylän molemmiin puolin sijaitsevan hiekaesiintymän rajat sekä pohjaveden virtauksen suunnat virtausnuolin.

3.2 Pohjavedenpinnan taso

Alueen nykyiset pohjavesiputket on esitetty liitteissä 3. ja 4. Liitteessä 3. on esitetty koko pohjaveden muodostumisalueella sijaitsevat putket sekä Liitteessä 4 on esitetty pohjavesiputket Metrokeskuksen alueella. Putkien mittausten minimi- ja maksimiarvot sekä pohjaveden pinnan mittausten keskiarvot on esitetty alla olevassa taulukossa 1.

Taulukko 1 Pohjavesiputkien mittaustiedot.

Piste-numero	Kairaus-numero	YTP-numero	Gw min.	Gw max.	GW keskiarvo	Havaintojen aikaväli	Huomioita
VP1	S40	1981	7,97	8,19	8,07	06/2016-01/2017	
VP2	S41	1982	7,74	8,05	7,9	06/2016-01/2017	
VP3	S39	1980	9,99	10,00	10,00	06/2016-01/2017	kuiva
VP4	S42	1983	7,71	8,00	7,86	06/2016-01/2017	
VP5	218	1871	0,99	7,32	2,32	02/2015-11/2016	ulottuu kallioon, tuhotu
VP6	297		9,77	9,77	9,77	12/2015-03/2016	kaikki havainnot samoja
VP7	396	1569	8,61	9,73	8,75	05/2012-01/2017	viimeisimmissä mittauksissa kuiva
VP8	414	1862	2,31	8,77	5,66	02/2015-01/2017	ulottuu kallioon
VP9	479	1436	7,47	8,93	8,08	11/2011-01/2017	
VP10	544	1842	7,45	8,65	7,95	02/2015-01/2017	ulottuu kallioon?
VP11	S45	1986	7,41	7,69	7,57	06/2016-12/2016	
VP12	S44	1985	7,61	7,89	7,76	06/2016-01/2017	

VP13	S43	1984	7,34	7,55	7,46	06/2016-01/2017	
VP14	687	1736	7,16	8,14	7,48	08/2013-01/2017	
VP15	1133	1923	7,71	9,43	8,51	07/2015-01/2017	ulottuu kallioon
VP16	1123	1841	8,851	10,15	9,32	01/2015-01/2017	
VP17	1108	1711	3,75	6,06	3,89	10/2013-11/2015	ulottuu kallioon,tuhoutunut
VP18	1106	1439	8,74	10,89	9,50	11/2011-01/2017	
VP19	905	1865	0,74	5,14	1,33	02/2015-08/2016	ulottuu kallioon, tuhoutunut
VP20	815	1438	7,21	10,38	8,27	12/2011-01/2017	
VP21	771		5,65	6,19	5,96	06/2005-08/2006	Vanha
VP22	799	1734	5,56	5,87	5,66	03/2014-01/2017	
VP23	S200		8,36	8,39	8,37	11/2016-01/2017	3 havaintoa
VP24	S201		9,13	9,18	9,15	11/2016-01/2017	3 havaintoa
VP25	S202		15,37	15,61	15,49	11/2016-01/2017	3 havaintoa
VP26	S203		16,66	16,85	16,76	11/2016-01/2017	3 havaintoa

Pohjavesiputkissa VP7, VP9, VP10 ja VP14 on mittaustietoja Länsimetron rakentamisen aloitusajankohdasta lähtien. Mittausten perusteella pohjaveden pinta on laskenut ennen rakentamista vallinneesta tilanteesta työn aikana noin 0,5 – 0,7 m (noin +8,5 -> +7,8). Länsimetron tietokannasta tulostetut pohjavesikortit on esitetty liitteessä 42.

Tällä hetkellä pohjavesiputkien mittaustietojen keskiarvon perusteella pohjavedenpinta on noin tasolla +7,5 - +8,1 Metrokeskuksen alueen pohjoispuolella, Länsiväylän alittavien kaukalojen kohdalla. Metrokeskuksen eteläpuolella pohjavedenpinta on noin tasolla +8,3 - +8,8 ja pohjavesialueen itäreunassa noin tasolla +8,5 - +9,5 (pohjaveden itäinen virtaushaara).

3.3 Pohjavesien muodostuminen

Suunnittelualue sijaitsee pohjaveden muodostumisalueella. Pohjaveden muodostumista tarkastelualueella nykytilanteessa arvioitiin määrittämällä tarkastelu-alueen pohjavesien muodostumisalueen pinta-ala ja vähentämällä siitä paksujen savikoiden osuus. Oletuksena on, ettei paksujen savikoiden läpi muodostu pohjavettä. Pohjaveden muodostumislaksiksi saatiin 120 ha, ilman savikoita 97 ha. Etelä-Suomessa vuosisadanta on 650 mm ja karkean arvion mukaan imeytyvyys vettä läpäisevältä pinnalta on 50 %. Tarkastelualueen vettä läpäisevän pinnan osuus arvioitiin HSY:n seudullisen maanpeiteaineiston perusteella. Vettä läpäisevän pinnan osuus tarkastelualueella on noin 66 %. Näillä parametreillä pohjaveden muodostumismääräksi arvioitiin noin 570 m³/vrk.

3.4 Pohjavesien virtaus

Pohjavesien virtausta ohjaavat maanpinnan ja kallionpinnan muodot sekä vettä johtavien kerrosten sijainti ja paksuudet. Kappaleessa 3.1 kuvattujen pohjaolosuhteiden sekä alueelta tehtyjen pohjaveden pinnantasomittausten perusteella voidaan pohjaveden arvioida muodostumisalueensa pohjoisosassa virtaavan kallioharjanteiden välistä laaksoa pitkin kohti etelää. Ruukintien – Kivenlahdentien väliselle alueelle pohjavettä virtaa sekä pohjoisesta Kattilalaakson painannetta pitkin sekä alueetta ympäröiviltä kalliorinteiltä. Pääosa alueella syntyvästä ja sinne kulkeutuvasta pohjavedestä purkautuu yllä kuvattuja kalliosolia pitkin etelään. Pääosa virtauksesta arvioidaan kulkevan länsipuolista haaraa pitkin. Tätä tukevat niin kallionpinta- ja maakerroshavainnot kuin myös alueelta tehdyt pohjaveden pinnanmittaukset. Pohjavedenpinta länsipuolisen solan alueella (putki VP14) oli syyskuussa 2016 tasolla +7,43, kun se itäpuolisen solan kohdalla (putki VP15) oli tasolla +8,34. Huomioitavaa on, että pohjavesikerroksen paksuus solien kohdalla on melko ohut, länsipuolisessa solassa noin 2-4 metriä ja itäpuolisessa solassa noin 1,5-3 metriä.

4 HULEVESIEN HALLINTA

4.1 Nykytilanne

Hulevesien hallinnan tarkastelualue muodostuu metrokeskuksen suunnittelualueesta ja siihen liittyvästä valuma-alueesta. Tarkastelualueen valuma-alueen pinta-ala on noin 136 ha. Tarkastelualueen pohjoisosa on nykyisin pientalovaltaista melko vehreää aluetta. Pientaloalueen ja Länsiväylän välissä on teollisuusaluetta ja Länsiväylän eteläpuoli on melko tiiviisti rakennettua kerrostaloaluetta aina rantaan asti. Tarkastelualueella keskimääräinen vettä läpäisemättömän pinnan osuus on noin 34 % (Seudullinen maanpeiteaineisto, HSY).

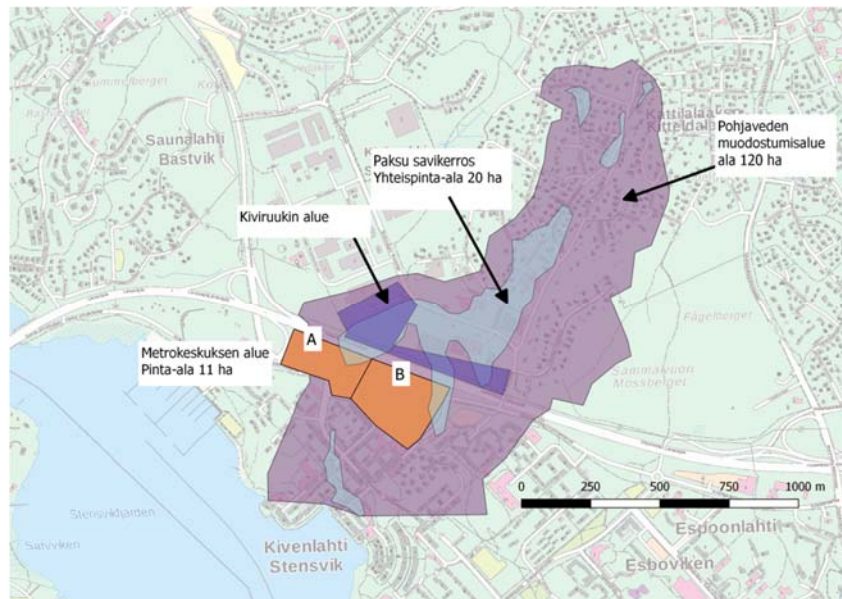
Nykytilanteessa tarkastelualueella on hulevesiverkosto (300B-800B). Kattilalaakson eteläosan hulevedet johdetaan Länsiväylän ali etelään 1000B rumpua pitkin. Länsiväylän alituksen jälkehen hulevedet virtaavat Kivenlahden alueen hulevesiverkoston (400B-1000B) kautta mereen. Hulevesiverkoston ominaisuuksia on tarkasteltu tarkemmin Kivenlahden metroaseman kunnallisteknisen yleissuunnitelman yhteydessä hulevesiselvityksessä (Sito Oy 2017).

4.2 Rakentamisen vaikutus hulevesien ja muodostuvan pohjaveden määrään

Kivenlahden metrokeskuksen rakentaminen lisää vettä läpäisemättömän pinnan osuutta suunnittelualueella. Suunnittelualueelle virtaa nykyisin hulevesiä myös Länsiväylän pohjoispuolelta Kiviruukin teollisuusalueelta, jolle on suunniteltu kaavoitettavan teollisuusalue. Suunnittelualueen valuma-alueen itäreunassa on myös Sammalvuoren asemakaavoitettava alue, jolle on suunniteltu muun muassa täydennysrakentamista, paloasema ja työpaikkarakentamista. Nykyisin Sammalvuoren alue on metsäistä kallioaluetta.

Metrokeskuksen alueen vettä läpäisevän pinnan osuuden muutosta arvioitiin jakamalla alue kahteen osaan (kuva 2). Läntisellä alueella A (metrokortteli) tulee Kivenlahden metrokeskuksen arkkitehtisuunnitelmien (HKP) mukaan olemaan enemmän kattopintaan nykytilanteeseen nähden kuin itäisellä alueella B (suurkortteli). Alueella A TIA-muutos (TIA= total impervious area, vettä läpäisemättömän pinnan osuus) on lähtötilanteen 27 % rakentamisen jälkeiseen 80 % ja alueella B nykytilanteen 47 % rakentamisen jälkeiseen 60 %. Kiviruukin teollisuusalueella TIA-muutoksen on arvioitu olevan rakentamista edeltävän tilanteen 27 % rakentamisen jälkeiseen tilanteen 80 %. Sammalvuoren alueen vettä läpäisemättömän pinnan määrä ei oletettavasti muutu merkittävästi rakentamisen myötä, koska alue on nykytilanteessa vettä läpäisemätöntä kalliota. Asemakaavoitettava alue on pääosin pohjavedenmuodostumisalueen

ulkopuolella. Rakentamisen vaikutusta hulevesien muodostumiseen ja hulevesiverkoston riittävyyteen on käsitelty tarkemmin työssä Kivenlahden metroaseman kunnallisteknisen yleissuunnitelman yhteydessä hulevesiselvityksessä (Sito Oy 2017).



Kuva 2 Metrokeskuksen suunnittelualue oranssilla: A metrokortteli, B suurkortteli; sinisellä Kiviruukin suunnitteilla oleva teollisuusalue, violetilla pohjaveden muodostumisalue ja vaaleansinisellä paksut savikot.

Vettäläpäisevän pinnan osuuden muutoksen myötä muodostuvan huleveden määrä kasvaa ja muodostuvan pohjaveden määrä vähenee. Arviot muodostuvan pohjaveden määrästä vuorokausitasolla on esitetty taulukossa 2. Arviot on laskettu 650 mm vuosisadannalla ja olettaen, että puolet alueelta muodostuvasta valunnasta imeytyy pohjavedeksi.

Taulukko 2 Muodostuvan pohjaveden määrä ennen rakentamista ja rakentamisen jälkeen.

Alue	Muodostuva pohjavesi Nykyisin	Muodostuva pohjavesi Tulevaisuudessa
Koko pohjaveden muodostumisalue	568 m ³ /vrk	532 m ³ /vrk
Metrokeskus	45 m ³ /vrk	25 m ³ /vrk
Kiviruukin alue	23 m ³ /vrk	6 m ³ /vrk

Myös metrotunnelin rakentaminen vaikuttaa muodostuvan pohjaveden määrään, koska tunneliin voi vuotaa maaperään imeytynyttä vettä. Tässä työssä on arvioitu metrotunnelin vuotomääräksi 10 l/min/100 m. Tunnelin pituus alueella on noin 700 metriä, joten pohjavesihäviö tunneliin on noin 100 m³/vrk.

4.3 Hulevesien imeytys

Rakentamisen vaikutuksesta pohjaveden muodostusmäärä vähenee koko tarkastelualueella noin 36 m³/vrk ja metron rakentamisen myötä noin 100 m³/vrk, yhteensä 136 m³/vrk.

Seuraavissa luvuissa on tarkasteltu imeyttämISRakenteiden ja –paikkojen tarjoamia mahdollisuuksia muutoksen kompensoimiseksi. Tarkastelun perusteella Kiviruukin alueella voidaan imeyttää noin 20 m³/vrk.

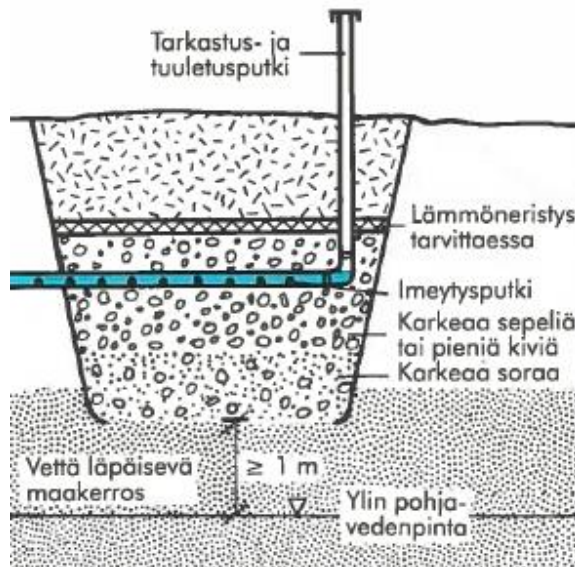
4.3.1 Hulevesien mahdolliset imeytyspaikat ja -rakenteet

Pohjaveden muodostumista voidaan lisätä imeyttämällä hulevettä maaperään. Alueilla, joilla maaperä on läpäisevää pohjavesikerrokseen asti, imeytys voidaan tehdä imeytysrengaskai-
volla (kuva 4) tai imeytyskasetilla (kuva 5). Alueilla, joilla on esimerkiksi paksu savikerros maan-
pinnan ja pohjavesikerroksen välillä, voidaan käyttää imeytysporakaivoja (kuva 6). Eri imeytys-
rakenteiden alustavat sijoituspaikat on esitetty kuvassa 3. Mikäli imeytysrakenteiden raken-
tamiseen päädytään, niiden sijoittelua tulee tarkentaa suunnittelun myöhemmissä vaiheissa,
kun alueen maankäyttö on tiedossa.



Kuva 3 Mahdolliset imeytysalueet ja -rakenteet, alustava ehdotus

Länsiväylän pohjoispuolella Kiviruukin suunnitteilla olevalla teollisuusalueella on kallion
päällä, ohuen savikerroksen alla pohjavesimuodostumaan yhteydessä olevaa läpäisevää kitka-
maata. Näissä kohdissa imeyttäminen pohjavedeksi on mahdollista maanpäällisillä rakenteilla,
edellyttäen että tarvittava paine-ero syötettävän veden korkeusaseman ja pohjaveden paine-
tason välille saavutetaan. Imeytysrakenteet voivat olla esimerkiksi isoja betonikaivoja, jotka
on kytketty rinnan. Kaivon sisälle voidaan tehdä tarvittaessa suodatinkerros hiekasta, jolloin
epäpuhtauksien pääsy syvempiin kerroksiin on vähäisempää ja huolto (suodatinkerroksen
vaihto) on mahdollista.



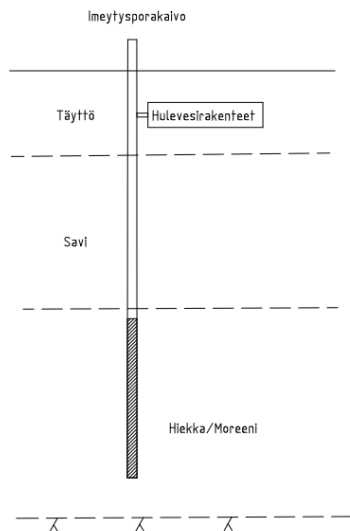
Kuva 4 Periaatekuva imeytysrengaskaivosta (ymparisto.fi)

Imeytysrengaskaivojen vaihtoehtoisena ratkaisuna voidaan käyttää imeytyskasetteja. Niiden imeytyspinta-ala on suurempi kuin rengaskaivojen mutta rengaskaivojen huolto on helpompaa. Imeytysrakenne valitaan käytettävissä olevan pinta-alan mukaan.



Kuva 5 Imeytyskasetin periaatekuva (Lähteet: vasen: Omataloyhtiö, oikea: Pipelife)

Imeytysporakaivojen avulla voidaan imeyttää paksujen savikoiden läpi (kuva 6). Kaivot asennetaan porapaalukoneella. Kaivoissa on umpiputkiosuus täytemaan ja savikerroksen kohdalla. Saven alapuolisessa hiekkakerroksessa on siiviläosuus, jonka kautta vesi imeytetään maahan. Putken halkaisija on noin 400 mm ja siiviläosan pituus noin 3 metriä. Työputken ja kaivoputken välinen tila täytetään salaojasoralla. Kaivon imeyttämiskapasiteetti riippuu siiviläosuuden korkeudesta, paine-erosta imeytettävän vesipinnan ja pohjaveden tason välillä sekä saven alapuolisen kerroksen vedenläpäisevyydestä. Kaivon sijainti tulee valita suppean noin 20 metrin vaikutusalueen mukaan. Vaakasuuntainen vedenläpäisevyys maakerroksessa, johon siiviläputki asennetaan, tulee selvittää imeytyskokein maastossa (esim. slug-testi tai kaksoistulppamittaus). Kaivojen yhteyteen tarvitaan hulevesien tilapäistä varastointia. Hulevesiä voidaan varastoida esimerkiksi edellä kuvatuissa hulevesikaseteissa tai kosteikoissa.



Kuva 6 Periaatekuva imeytysporakaivosta

4.3.2 Hulevesien johtaminen imeytykseen

Hulevesiä voidaan johtaa imeytysrakenteisiin Länsiväylän pohjoispuolella painovoimaisesti hajautettuihin imeytysrakenteisiin. Metrokeskuksen alueella hulevesien johtaminen edellyttää pumppausta keskitetyistä keruualtaista keskitettyihin imeytysrakenteisiin. Keskitetyn ratkaisun toteuttaminen mahdollistaa hajautettua ratkaisua laajempien alueiden hulevesien imeyttämisen. Metrotunneliin kertyvää vettä joudutaan todennäköisesti pumppaamaan joka tapauksessa. Tässä työssä on tarkasteltu hulevesien imeyttämistä Kiviruukin alueella. Metrokeskuksen alueen kortteli- ja lähiympäristösuunnitelman (Sito Oy, 2017) mukaan metrokeskuksen alueella ei ole imeytysmahdollisuuksia tiiviin rakentamisen ja kansipihojen vuoksi.

Hulevesien imeytykseen johtamisessa on kiinnitettävä erityistä huomiota imeytettävien hulevesien laatuun. On suositeltavaa imeyttää pohjaveteen vain verrattain puhtaita hulevesiä eli katto- ja pihavesiä. Arviolta puolet suunnittelualueella muodostuvista hulevesistä on katto- ja pihavesiä.

Mikäli imeytysrakenteiden rakentamiseen päädytään, voidaan harkita myös talousveden imeyttämistä. Imeytysvaihtoehtojen tarkka vertailu edellyttää kokonaiskustannusarvion laatimista.

4.3.3 Arvio imeytysmäärästä Kiviruukin alueella

Imeytyvään vesimäärään vaikuttavat imeytysrakenteen halkaisija, painekorkeus ja hiekkakerroksen vedenläpäisevyys. Imeytyvän veden määrää arviotiin kahdella eri painekorkeudella: GW +1,0 ja GW +2,0. Imeytysporakaivon halkaisijaksi oletettiin 400 mm ja siiviläosan pituudeksi vettä johtavassa kerroksessa 3,0 metriä. Pohjastaan avoimen imeytysrengaskaivon halkaisijaksi oletettiin 1200 mm ja vettä johtavan hiekkakerroksen paksuudeksi 2,0 metriä. Hiekkakerroksen vedenläpäisevyyden arvo k sijoittuu arvion mukaan välille $1,7 \cdot 10^{-5}$ - $5,0 \cdot 10^{-5}$ m/s.

Tilastoanalyysin (Julkaisematon, Sito Oy) mukaan käyttämällä imeytysrakenteiden mitoituspe-
rusteena 10 mm sadantaa vastaavaa valuntaa saadaan imeytyksen piiriin vuosisadantojen ve-
simäärästä noin 80 %. Kiviruukin alueelta (3,57 ha, TIA 80 %) muodostuu 10 mm sateella noin
285 m³ virtaama. Jos tästä vesimäärästä puolet oletetaan imeytykseen soveltuvaksi katto- ja
pihavedeksi, imeytettäväksi vesimääräksi saadaan noin 140 m³/10 mm-sade. Vuosisadannasta
(650 mm) 80 % on 520 mm. Kiviruukin alueelta muodostuu alueen maankäytön tiivistymisen
jälkeen vuositason 20 m³/vrk imeytyskelpoista piha- ja kattovettä.

Imeytysrakenteiden lukumäärä määräytyy sen mukaan, kuinka nopeasti niiden yhteydessä olevan varastointirakenteen edellytetään tyhjenevän. Taulukossa 3 on esitetty tarvittava imeytysrakenteiden lukumäärä ja varastointirakenteiden tilavuudet, kun varastointiaika on yksi vuorokausi. Laskelmassa tehtiin oletus, että nopeammin imeyttävien imeytysporakaivojen kautta imeytetään 2/3 vedestä ja hitaammin imeyttävien imeytysrengaskaivojen kautta 1/3.

Taulukko 3 Imeytyskaivojen lukumäärä eri painekorkeuksilla ja varastointitilavuustarve

k=1,7 - 5,0 *10⁻⁵ m/s, sadanta 10 mm		
Painekorkeus	Imeytysporakaivojen lukumäärä Varastointitilavuustarve 95 m ³	Imeytysrengaskaivojen lukumäärä Varastointitilavuustarve 48 m ³
+1,0	4-10 kpl	5-14 kpl
+2,0	2-5 kpl	3-7 kpl

4.4 Rakentamisen aikainen hulevesien hallinta

Oletettavasti suurin yksittäinen kuormituspiikki alajuoksulle aiheutuu työmailta rakentamisen alkuvaiheessa. Rakentamisen aikana eroosio on voimakkainta ja vesistöön purkautuvien hulevesien laatu on heikkoa, kun pintamaa ja kasvillisuus on usein poistettu. Veden laatu on heikkoa etenkin silloin, kun tilapäiseen eroosiosuojaukseen ei ole kiinnitetty riittävästi huomiota.

Työmaalta ei tule laskea suoraan vesistöön tai ojaan runsaasti kiintoainetta, lietettä tai haitallisia aineita sisältäviä hule- tai kuivatusvesiä. Työnaikainen hulevesien hallinta on suunniteltava huolellisesti, mikä saattaa vaikuttaa koko rakennuskohteen toteutusjärjestykseen. Rakentamisen aikainen hulevesien hallinta tulee huomioida niin, että ensimmäinen rakennusvaihe on hulevesijärjestelmän toteuttaminen ojineen, painanteineen ja altaineen. Lisäksi työmailla eroosion suojaamiseen tulee kiinnittää erityistä huomiota sekä mahdollisuuksien mukaan säästää alkuperäistä kasvillisuutta ja pintamaata. Edellytyksenä työmaille on mm. työmaiden rakentamisaikainen suunnitelma, jossa hulevesien hallinta ja eroosiolle alttiiden pintojen suojaaminen on huomioitu. Edellä mainittu suunnitelma voi olla esimerkiksi rakennusluvan ehtona.

Työmaavesien käsittelyä on kuvattu mm. Espoon kaupungin laatimassa työmaavesiohjeessa¹. Ohjetta mukaillen työmaavesien käsittelysuunnitelman tulisi sisältää ainakin seuraavat kohdat:

- poistettavien vesien määrän ja laadun arviointi,
- poistettavien vesien johtamistavan ja kohteen valinta,
- tarvittavien vesien käsittelyjärjestelmien valinta ja mitoitus,
- poistettavien vesien laadun seurannan tarpeen arviointi ja seurannan/raportoinnin suunnittelu,
- käsittelyjärjestelmän käyttö- ja huoltotoimenpiteiden suunnittelu,
- vesien johtaminen ja käsittely poikkeus- ja onnettomuustilanteissa, sekä
- vastuuhenkilöiden nimeäminen edellä esitettyihin kohtiin.

¹ Espoon kaupunki: Espoon kaupungin työmaavesiohje

Rakentamisen aikana hulevesien laatua voidaan parantaa esimerkiksi tilapäisillä laskeutuslaitailla. Mahdollisuuksien mukaan laskeutuslaitaissa puhdistunutta vettä voidaan johtaa imeytysrakenteisiin ja näin ehkäistä rakentamisen aikaista pohjaveden pinnantason laskua (kts. luku 5.1).

5 RAKENTAMISEN VAIKUTUS POHJAVESIOLOSUHTEISIIN

5.1 Rakentamisen aikaiset vaikutukset pohjaveden pinnan tasoon

Rakentaminen vaikuttaa pohjaveden pinnantasaan sekä pohjaveden virtausreitteihin. Rakentamisen aikana pohjavedenpinnan alapuolisiin kaivantoihin ja tunneleihin suotautuu vettä, jota joudutaan pumppaamaan pois työalueelta. Pumppaaminen vaikuttaa pohjaveden pinnantasiin rakennusalueen ympäristössä.

Metrokeskuksen rakennuskaivannon toteutustapa ja työnaikaisen pohjaveden alentamisen tarve / taso vaikuttavat merkittävästi pumpattaviin vesimääriin ja vaikutuksen laajuuteen. Rakennusaikaiset vaikutukset ovat pysyvää tilannetta suuremmat.

5.2 Lopullisen tilanteen vaikutus

Lopullisessa tilanteessa Metrokeskuksen alueelle on rakennettu pohjaveden virtausta estäviä tai ohjaavia rakenteita. Muun muassa rakennusten kellarikerrokset tulevat sijaitsemaan nykyisen pohjavedenpinnan alapuolella, ja siten rajoittavat pohjaveden luontaista virtausta kohti etelää.

Metrokeskuksen rakentaminen ei tule kokonaan estämään pohjaveden virtausta läntistä solaa pitkin, mutta virtauksen mahdollistavien maakerrosten laajuus vähenne suuresti. Metrokeskuksen rakennusmassan pohjoista reunaa pitkin on tehty pituusleikkaus (liite 20.), jossa on esitetty rasteroinnilla maakerrokset, joiden kautta pohjavesi pääsee virtaamaan pohjoisesta kohti etelää. Estävien rakenteiden vuoksi pohjaveden pinta saattaa nousta rakenteiden pohjoispuolella. Pinnan nousu voi kompensoida suotovirtauslaskelmissa esitettyä pohjavedenpinnan alenemaa. Rakenteiden eteläpuolella pohjavedenpinta alenee. Rajoitettujen virtausolosuhteiden myötä muodostuma hakee uuden tasapainotilan missä virtaus tulee tapahtumaan pääasiassa itäisen solan kautta. Itäisen solan alueella pohjavedenpinta voi kohota, toisaalta vettä poistuu myös salaojajärjestelmien kautta.

Edellä esitettyä pohjaveden virtauksen estymistä ja pohjaveden virtausta pitää jatkosuunnittelussa selvittää tarkemmin, esim. pohjaveden virtausmallin avulla. Pohjavesialueen pohjoispuolelta pohjavesien johtamiseksi alueen eteläpuolelle tarvitaan todennäköisesti teknisiä rakenteita tai vaihtoehtoisesti kalliota tulee louhia itä/länsipuolisten virtausreittien välisellä alueella syvemmälle (pysäköintilaitoksen perustamistason, noin +7, alapuolelle) ja tehdä rakennuksen alle vettä johtava kerros.

Pohjavettä alentavien rakenteiden vaikutuksen ulottumaa on arvioitu suotovirtauslaskelmin seuraavien reunaehtojen mukaisesti:

- Länsiväylän alikulkukäytävien vesitiiviit kaukalot rakennetaan tasolle +7,5 asti ja ne kuivatavat pohjaveden tälle tasolle
- Pohjavesi ympäristössä on tasolla +8,0 ja alueella muodostuu riittävästi pohjavettä tämän tason säilymiseksi

- AKK 6:n kaukalerakenne sijoittuu savikerrokseen siten, että pohjaveden virtaus vettä läpäisevästä hiekkakerroksesta salaojiin on estynyt
- AKK 5:n eteläosalla on tehty arvio myös tilanteessa, jossa kaukalerakenne ei kokonaan estä virtausta hiekkakerroksesta
- Metrokeskuksen kiinteistön rakenteet eivät vaadi pysyvää pohjaveden alentamista, eivätkä esimerkiksi salaojat kuivata aluetta (vesitiiviit rakenteet)
- Metron tunnelin pysyvä vuotovesimäärä on 10 l/min/100 tunneli-m
- Suotovirtauslaskelmissa ei ole otettu huomioon edellä käsiteltyjä pohjaveden virtausta rajoittavia rakenteita.

Pysyvä tilanne on esitetty asemapiirustuksessa liitteessä 19. Suotovirtauslaskelmia, joihin arvio osaltaan perustuu, on esitetty liitteessä 21.

Arvion mukaan pysyvän pinnan alentamisen vaikutus tasolta +8,0 tasolle +7,5 ulottuu 35-135 metrin etäisyydelle näistä rakenteista.

Metrokeskuksen kaava-alueen läntinen kortteli

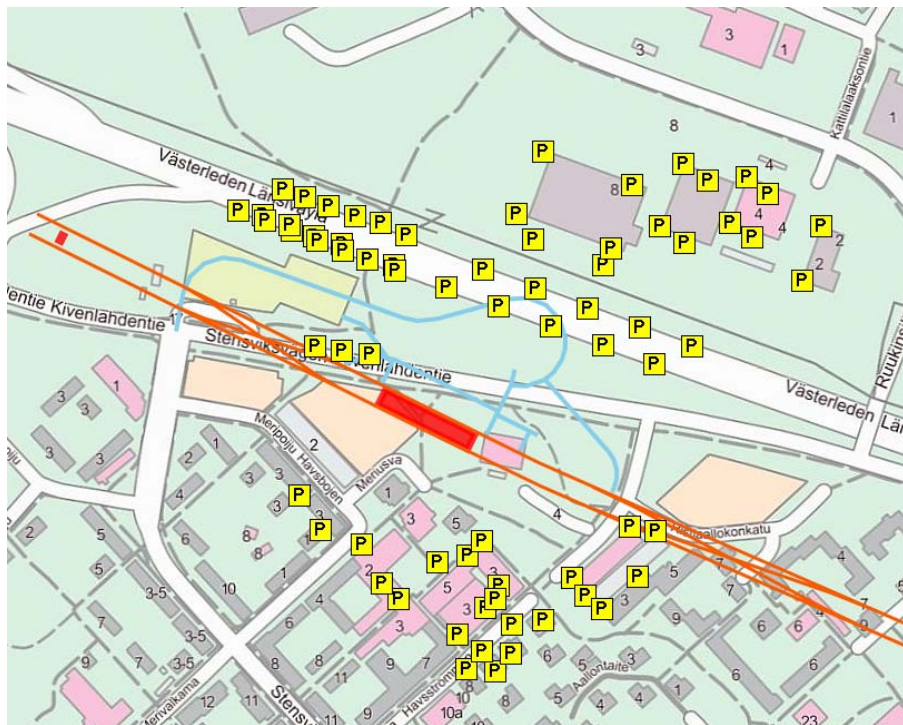
Läntisen korttelin suunnitelmat ovat vielä hyvin alustavat. Korttelin kohdalla on korkea kalliomäki, josta suuri osa tullaan korttelin rakentamisen aikana louhimaan pois. Kortteliin rakennettavan pysäköintilaitoksen alin lattiataso on +1,8. Kalliomäen läntisin reuna tulee säilyttää tasolle +8 asti, jotta pohjavesien virtaus ei käännä viereiselle pohjavesialueelle päin. Kalliomäen länsipuolella havaitut pohjavedenpinnat ovat tasolla +1...+4. Lisäksi rakentamisen aikana tulee varmistaa, ettei louhintojen aikana kallioperään synny halkeamia, joiden kautta pohjavesi pääsee virtaamaan viereiselle pohjavesialueelle.

Tekninen ratkaisu pohjaveden virtauksen estämiseksi on esimerkiksi rakentaa Metrokeskuksen läntisen korttelin ympärille vesitiivis porapaaluseinä. Louhinta tulisi toteuttaa tarvittaessa varovaisemmalla tarkkuuslouhinnalla tai jopa irtiporaamalla, jotta kallio pysyisi mahdollisimman ehjänä. Porapaaluseinien vierestä kallio tulee verhoinjektoida kuten myös louhittavan montun pohja.

6 RAKENTAMISEN VAIKUTUS YMPÄRISTÖÖN

6.1 Rakennukset pehmeiköllä

Metrokeskuksen alueen ympäristön rakennusten perustamistavat on esitetty liitteessä 17. Perustamistavat on selvitetty Länsimetron hankkeen yhteydessä ja tiedot on saatu Länsimetron ympäristötietopalvelusta. Palvelusta löytyvä myös tiedot tehdyistä painumamittauksista Kivenlahden metroaseman ympäristössä. Painumien suuruus on ollut joulukuun 2016 raportin mukaan -9...+5 mm suuruusluokkaa. Tarkkailupisteet on esitetty kuvassa 7.



Kuva 7 Painumatarkkailupisteet (Lähteet: Länsimetron ympäristöpalvelu)

Länsiväylän pohjoispuolen savikkoalueella rakennukset on perustettu paalutuksen varaan, lukuun ottamatta yhtä rakennusta, josta osa on perustettu maanvaraisesti. Rakennusten pihat ja Ruukintie on perustettu maanvaraisina. Alueen mahdollinen pohjavedenalenema aiheuttaa niihin painumia. Tältä kohtaa on tehty painumalaskelma saven vesipitoisuuksien perusteella ja arvioitujen painumat ovat seuraavat:

- Leikkaus B-B, pl 590
 - o Savikerroksen paksuus 4 - 6 m, Vesipitoisuus 25 - 90 %
 - o Arvioitu painuma 1 m pohjaveden alenemalla 20 vuodessa on noin 70 - 120 mm, liite 24.
- Leikkaus B-B, pl 685
 - o Savikerroksen paksuus 1 - 8 m, Vesipitoisuus 25 - 90 %
 - o Arvioitu painuma 1 m pohjaveden alenemalla 20 vuodessa on noin 60 - 120 mm, liite 25.

Pohjaveden aleneman pysyvässä tilanteessa alueen rakentamisen jälkeen ei ole arvioitu ulottuvan Ruukintien alueelle, mutta jos alenema olisi 1 m suuruusluokkaa, sillä olisi vaikutusta alueen kunnallistekniikan kuntoon painumien ollessa 100 mm suuruusluokkaa.

Länsiväylä eteläpuolella lähimmät maanvaraiset rakennukset sijaitsevat noin 110 - 150 m etäisyydellä metrolinjasta ja pohjamaa niiden kohdalla on silttiä/hiekkaa.

6.2 Länsiväylä

Metrokeskuksen alue rajautuu pohjoisosaltaan Länsiväylään. Suunnittelualueella Länsiväylä sijoittuu kahdessa kohtaa savikolle. Vanhojen suunnitelmien ja ajoradan vierelle v. 2016 tehty-

jen pohjatutkimusten perusteella Länsiväylä on perustettu maanvaraisena savikerroksen vaaraan. Väylän stabiliteetti pehmeikköjen kohdalla on varmistettu väylän viereen rakennetuilla vastapenkereillä.

Länsiväylän penkereen luiskasta otettiin syksyllä 2016 häiriintymättömiä näytteitä 2 pisteestä ja niistä tehtiin ödometrikokeet. Tehtyjen ödometrikokeiden tulokset on esitetty liitteissä 22-23. Painumakuvaajissa ei ole selkeästi nähtävissä konsolidaatiojännityksen kohtaa. Laskelmissa savikerros on määritelty normaalisti konsolidoituneeksi.

Länsiväylän pehmeikölle perustettujen osuuskien kohdalta on tehty painumalaskelmia pl 12 680 ja pl 13 020. Painumalaskelmat on tehty Ohde-Janbun menetelmällä ja saven vesipitoisuuksien perusteella seuraavasti:

- Ohde-Janbun menetelmä, maaparametrit ödometrikokeiden tuloksista, kuormitus pohjaveden pinnan alenemasta 1 m ja 2 m.
- Vesipitoisuusmenetelmä, maaparametrit näytteiden vesipitoisuuksista, kuormitus pohjaveden pinnan alenemasta 1 m ja 2 m.
- Ohde-Janbun menetelmä, maaparametrit ödometrikokeiden tuloksista, penkereen kuormitus sen rakentamisen ajankohdasta lähtien (40 vuotta).
- Vesipitoisuusmenetelmä, maaparametrit näytteiden vesipitoisuuksista, penkereen kuormitus sen rakentamisen ajankohdasta lähtien (40 vuotta).
- Ohde-Janbun menetelmä, maaparametrit ödometrikokeiden tuloksista, penkereen kuormitus sen rakentamisen ajankohdasta lähtien (40 vuotta) ja lisäkuorma pohjaveden alenemasta johtuen 1 m. Laskennassa pohjaveden aleneman kuorma on annettu maanpinnan tasoon, sillä GeoCalc laskentaohjelma laskee painumat vain kuormien vaikutustason alapuolella.
- Vesipitoisuusmenetelmä, maaparametrit näytteiden vesipitoisuuksista, penkereen kuormitus sen rakentamisen ajankohdasta lähtien (40 vuotta) ja lisäkuorma pohjaveden alenemasta johtuen 1 m. Laskennassa pohjaveden aleneman kuorma on annettu maanpinnan tasoon, sillä GeoCalc laskentaohjelma laskee painumat vain kuormien vaikutustason alapuolella.

Lasketut painumat on esitetty alla olevassa taulukossa **Virhe. Viitteen lähde ei löytynyt..**

Taulukko 4 Kt51 painumalaskentojen tulokset

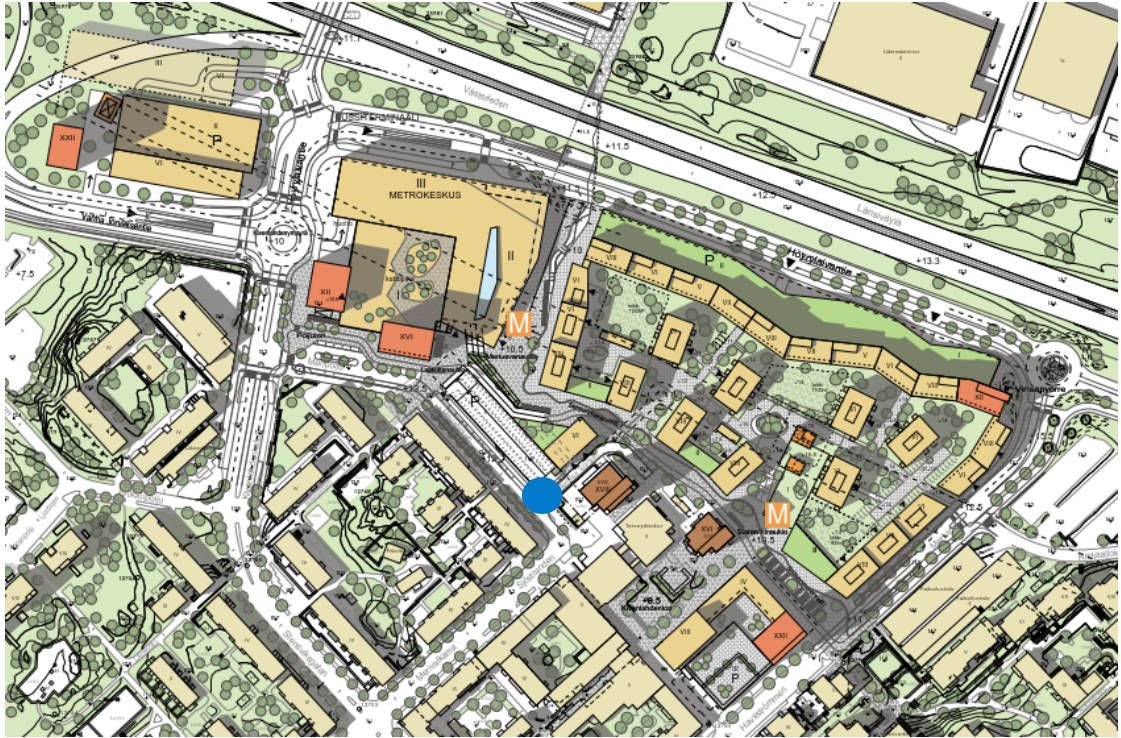
	GW -1 m [mm]	GW -2 m [mm]	KT51 pen- ger [mm]
Painuma Kt51 PL 12680			
Ohde-Janbu, KT51 pohjaveden alenema huomioitu nykytilanteesta	25	47	198
Janbu vesipit, KT51 pohjaveden alenema huomioitu nykytilanteesta	35	65	
Ohde-Janbu, Kt51 penkereen tapahtunut painuma			287
Janbu vesipit, Kt51 penkereen tapahtunut painuma			
Ohde-Janbu, Kt51 pohjaveden aleneman aiheuttama painuma (penke- reen painuma lähes päättynyt)	44		
Janbu vesipit, Kt51 penger ja pohjaveden aleneman aiheuttama pai- numa (penkereen painuma lähes päättynyt)	63		

	GW -1 m [mm]	GW -2 m [mm]	KT51 pen- ger [mm]
Painuma Kt51 PL 13020			
Ohde-Janbu, KT51 pohjaveden alenema huomioitu nykytilanteesta	40	75	450
Janbu vesipit, KT51 pohjaveden alenema huomioitu nykytilanteesta	45	85	
Ohde-Janbu, Kt51 penkereen tapahtunut painuma			532
Janbu vesipit, Kt51 penkereen tapahtunut painuma			
Ohde-Janbu, Kt51 pohjaveden aleneman aiheuttama painuma (penke- reen painuma lähes päättynyt)	55		
Janbu vesipit, Kt51 pohjaveden aleneman aiheuttama painuma (penke- reen painuma lähes päättynyt)	64		

7 SUOSITUKSET JATKOSUUNNITTELUUN JA YHTEENVETO

7.1 Pohjaveden pinnan taso

Pohjaveden pinnantasoja ja niissä tapahtuvia muutoksia seurataan ennen rakentamista, rakentamisen aikana ja rakentamisen päätyttyä. Kivenlahdentien eteläpuolisen alueen pohjavedenpinnantason muutosten havaitsemiseksi ehdotetaan yhden uuden pohjavesiputken asentamista aiemmin esitetyn länsipuolisen kalliosolan alueelle. Itäisen kalliosolan pohjaveden pinnantasoja pystytäneen melko kattavasti tarkkailemaan havaintoputkesta Vp15. Alustava havaintoputken sijoituspaikka on esitetty alla, kuva 8.



Kuva 8 Kivenlahdentien eteläpuolelle ehdotetun uuden pohjaveden havaintoputken alustava sijainti merkitty sinisellä ympyrällä.

7.2 Pohjaveden pinnan tarkkailu

Pohjaveden tarkkailua esitetään suoritettavaksi sekä ennen rakentamistoimenpiteiden alkua, rakentamistoimenpiteiden aikana sekä noin kaksi vuotta rakentamisen päätyttyä. Pohjaveden tarkkailua esitetään ennakkotarkkailuvaiheessa suoritettavaksi 4 kertaa vuodessa (kevät – kesä – syksy – talvi) seuraavista havaintoputkista: Uusi putki läntisessä solassa, Vp1-2, Vp 4, Vp9-10, Vp11-18.

Rakentamistoimenpiteiden aikana tarkkailutiheyttä tulee lisätä siten, että erityisesti kriittisten rakentamisvaiheiden aikana tarkkailu tapahtuu 1-2 viikon välein. Tarkkailu suoritetaan lähtökohtaisesti samoista havaintoputkista kuin ennakkotarkkailu. Rakentamisvaiheen aikaisen tarkkailun tiheyttä ja näytteenottopisteitä tarkennetaan ennakkotarkkailun havaintojen ja työsuunnitelmien tarkentumisen mukaan.

Jälkitarkkailua jatketaan 4 kertaa vuodessa kahden vuoden ajan rakentamistoimenpiteiden loppuun saattamisesta. Tarkkailupisteet määritetään rakentamistoimenpiteiden aikana tehdyn tarkkailun perusteella siten, että alueet, joilla rakentamisen aikana tapahtui merkittäviä muutoksia, ovat mukana tarkkailussa. Rakennusaikana tuhoutuneiden putkien tilalle asennetaan tarvittaessa uudet putket.

7.3 Rakennusten painumatarkkailu

Länsimetron valmistuttua tarkkailua jatketaan Länsiväylän eteläpuolella olevien maanvaraisen rakennusten kohdalla ja Länsiväylän plv. 12600 – 13100. Länsiväylän pohjoispuolella asennetaan painumapultti Ruukintien kohdalle. Ruukintien ja Länsiväylän välissä sijaitsevien rakennusten painumatarkkailua jatketaan nykyisistä pisteistä. Lisäksi rakennusten piha-alueille asennetaan muutama tarkkailupiste.

7.4 Yhteenveto

Selvityksessä on käyty läpi pohja- ja hulevesien nykytilaa uuden Metrokeskuksen alueella ja määriteltä suunnitellun maankäytön hulevesi- ja pohjavesivaikutukset.

Alueella rakennetaan parhaillaan Länsimetron Kivenlahden asemaa ja metrorataa. Louhinnat aloitettiin keväällä 2015 ja Metrokeskuksen alapuolinen alue on louhittu kokonaisuudessaan arviolta toukokuussa 2017. Pohjavesimittausten perusteella pohjaveden pinta on laskenut ennen rakentamista vallinneesta tilanteesta työmaan läheisyydessä noin 0,5 – 0,7 m (noin +8,5 -> +7,8).

Tällä hetkellä pohjavesiputkien mittaustietojen keskiarvon perusteella pohjavedenpinta on noin tasolla +7,5 - +8,1 Metrokeskuksen alueen pohjoispuolella, Länsiväylän allittavien kaukaloiden kohdalla. Metrokeskuksen eteläpuolella pohjavedenpinta on noin tasolla +8,3 - +8,8 ja pohjavesialueen itäreunassa noin tasolla +8,5 - +9,5 (pohjaveden itäinen virtaushaara).

Kivenlahden metrokeskuksen rakentaminen ja Länsiväylän pohjoispuolelle suunniteltu täydennysrakentaminen lisää vettä läpäisemättömän pinnan osuutta pohjavesialueella. Vettä läpäisevän pinnan osuuden muutoksen myötä muodostuvan huleveden määrä kasvaa ja muodostuvan pohjaveden määrä vähenee. Rakentamisen vaikutuksesta pohjaveden muodostumismäärä vähenee koko tarkastelualueella noin 36 m³/vrk ja metron rakentamisen myötä noin 100 m³/vrk, yhteensä 136 m³/vrk.

Pohjaveden muodostumista voidaan lisätä imeyttämällä hulevettä maaperään. Imeytys voidaan tehdä kitkamaa-alueilla imeytysrengaskaivolla tai imeytyskasetilla. Savikkoalueilla voidaan käyttää imeytysporakaivoja. Mikäli imeytysrakenteiden rakentamiseen päädytään, niiden sijoittelua tulee tarkentaa suunnittelun myöhemmissä vaiheissa, kun alueen maankäyttö on tiedossa.

Rakentaminen vaikuttaa pohjaveden pinnantasoon sekä pohjaveden virtausreitteihin. Rakentamisen aikana pohjavedenpinnan alapuolisiin kaivantoihin ja tunneleihin suotautuu vettä, jota joudutaan pumppaamaan pois työalueelta. Pumppaaminen vaikuttaa pohjaveden pinnantasoihin rakennusalueen ympäristössä. Nämä vaikutukset ovat pysyvää tilannetta suuremmat.

Lopullisessa tilanteessa Metrokeskuksen alueelle on rakennettu pohjaveden virtausta estäviä tai ohjaavia rakenteita. Muun muassa rakennusten kellarikerrokset tulevat sijaitsemaan nykyisen pohjavedenpinnan alapuolella, ja siten rajoittavat pohjaveden luontaista virtausta kohti etelää.

Metrokeskuksen rakentaminen ei tule kokonaan estämään pohjaveden virtausta läntistä pohjavedenvirtausreittiä pitkin, mutta virtauksen mahdollistavien maakerrosten laajuus vähenee suuresti. Estävien rakenteiden vuoksi pohjaveden pinta saattaa nousta rakenteiden pohjoispuolella. Rakenteiden eteläpuolella pohjavedenpinta alenee. Pohjaveden virtauksen estymistä ja pohjaveden virtausta pitää jatkosuunnittelussa selvittää tarkemmin, esim. pohjaveden virtausmallin avulla. Pohjavesien johtamiseksi pohjavesialueen pohjoispuolelta alueen eteläpuolelle tarvitaan todennäköisesti teknisiä rakenteita.

Metrokeskuksen läntisen korttelin louhintojen yhteydessä on huomioitava, että tässä raportissa käsiteltävän pohjavesialueen ja länsipuolella sijaitsevan viereisen pohjavesialueen rajalla oleva kalliokannas ei saa rikkoonua niin, että pohjavedet pääsevät virtaamaan viereiselle alueelle. Läntisen korttelin ympärille tulee rakentaa esim. vesitiivis porapaaluseinä ja louhinta tulisi toteuttaa tarvittaessa varovaisemmalla tarkkuuslouhinnalla tai irtiporaamalla, jotta kallio pysyisi mahdollisimman ehjänä.

Metrokeskuksen alueen ympäristössä painumatarkkailua tulee jatkaa ja asentaa myös uusia painumatarkkailupisteitä. Länsiväylä on perustettu maanvaraisesti ja pehmeikköjen kohdalla painumien arvioidaan olevan noin 40 – 64 mm 1 metrin pysyvästä pohjaveden alenemasta.