

Rakennettavuusselvitys

Porvoo, Tuulikumpu

Päiväys	16.6.2021
Tekijä	Rosa Sirén
Tarkastaja	Leena Nurmi
Projektinumero	YKK66209

Sisällys

1	Johdanto	1
1.1	Hankkeen kuvaus.....	1
1.2	Lähtöaineisto.....	1
2	Nykytilanne	2
3	Pohjatutkimukset	2
3.1	Aikaisemmat pohjatutkimukset.....	2
4	Pohjasuhteet.....	2
4.1	Maaperä	2
4.2	Pohjavesi.....	9
5	Painumat.....	9
6	Rakennettavuus	12
6.1	Rakennukset	12
6.2	Putket ja johdot.....	12
6.3	Katualueet ja niiden ympäristö	14
6.4	Potentiaalisesti happamien sulfaattimaiden huomiointi	14
7	Kaivannot	15
8	Routasuojaus	16
9	Kuivatus.....	16
10	Perustamistapojen kustannusvaikutuksia.....	17
11	Jatkotoimenpiteet	18



1 Johdanto

1.1 Hankkeen kuvaus



Tuulikumpu, pientaloasumisen trendit- hankkeen tavoitteena on selvittää pientaloasumisen tulevaisuuden preferenssejä ja miten ne heijastuvat asumismuotoihin. Työhön sisältyy erilaisten asumismuotojen vertailua ja vaihtoehtoja, sekä vaihtoehtojen perustamistapoja, joita on käsitelty tässä raportissa. Raportti sisältää katsauksen alueen rakennettavuudesta ja perustamistapavaihtoehtoja.

1.2 Lähtöaineisto

Tuulikummun alueella on tehty painokairauksia vuosina 2017 ja 2019.

Lisäksi rakennettavuusselvityksen lähtötietona on käytetty maanpinnan laserkeilausaineistoa, GTK:n maaperätietoja sekä alueen pohjakarttaa, jossa on esitetty avokallioesiintymät. Alueella on tehty sulfaattimaaselvitys tammikuussa 2018.



2 Nykytilanne

Tuulikummun alue on merkitty yleiskaavassa pientalovaltaiseksi asuinalueeksi. Alue rajoittuu sen luoteis-/ pohjoisrajalla maantiehen (Helsingintie 170), josta aiheutuu sen läheisyyteen melualue. Alue on nykyisellään pääosin peltoa. Alueella sijaitsee muutama yksittäinen rakennus, yksityisiä maanomistajia on 8 kpl ja asuttuja kiinteistöjä 6 kpl. Alueen läpi virtaa Gammelbackan puro, johon on istutettu purotaimenkanta. Joen pohjoisosalla on tulvaherkkää aluetta. Alueen itälaidalla kulkee 110 kV voimalinja, joka on noin 46 m leveä.

3 Pohjatutkimukset

3.1 Aikaisemmat pohjatutkimukset

Tuulikummussa on tehty painokairauksia joulukuussa 2017 ja huhtikuussa 2019. Painokairauksia on alueella noin 40 m välein ja yhteensä niitä on tehty 62 pisteestä. Lisäksi sulfaattimaaselvityksen yhteydessä on tehty 3 koekuoppaa, joista on otettu maanäytteitä noin puolen metrin välein 2,2 m syvyyteen.

Alueella tehdyt pohjatutkimukset on esitetty liitteessä 1 pohjatutkimuskartta ja liitteessä 2 pohjatutkimusleikkaukset.

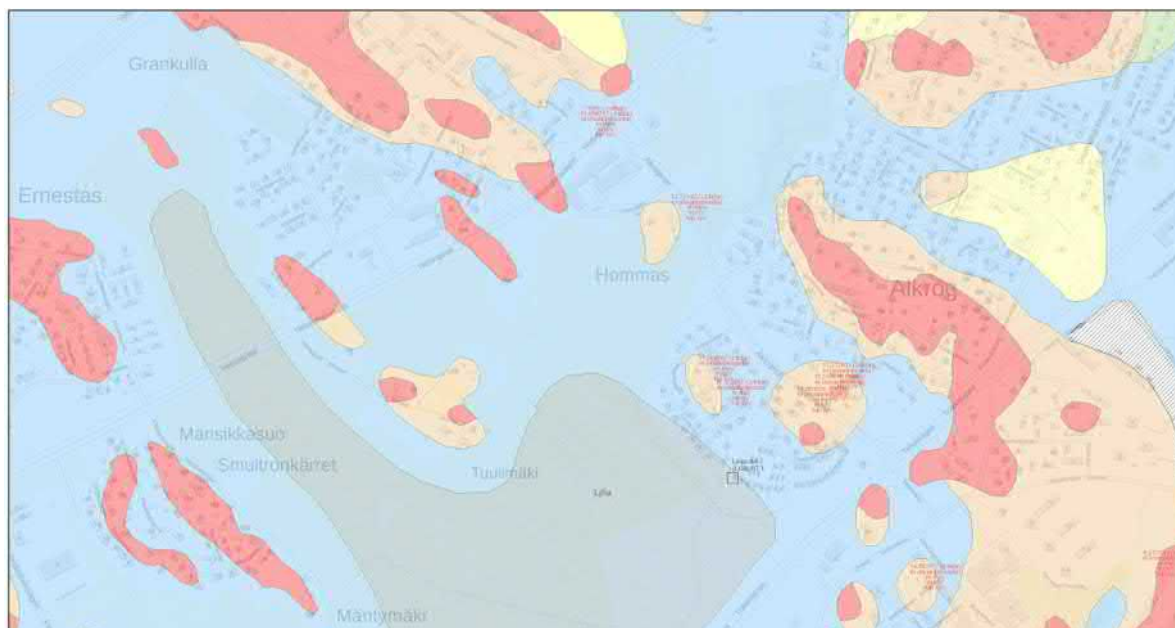
Kohteeseen ei tehty tämän työn yhteydessä uusia pohjatutkimuksia.

4 Pohjasuhteet

4.1 Maaperä

Tuulikummun alueen pohjamaa on GTK:n maaperäkartan mukaan pääosin savea. Alla olevassa kuvassa savi on esitetty kirkkaalla sinisellä värillä ja siinä oleva rusehtavan sininen on liejuista savea. Punainen väri kuvastaa kallioista aluetta ja oranssi moreenia.

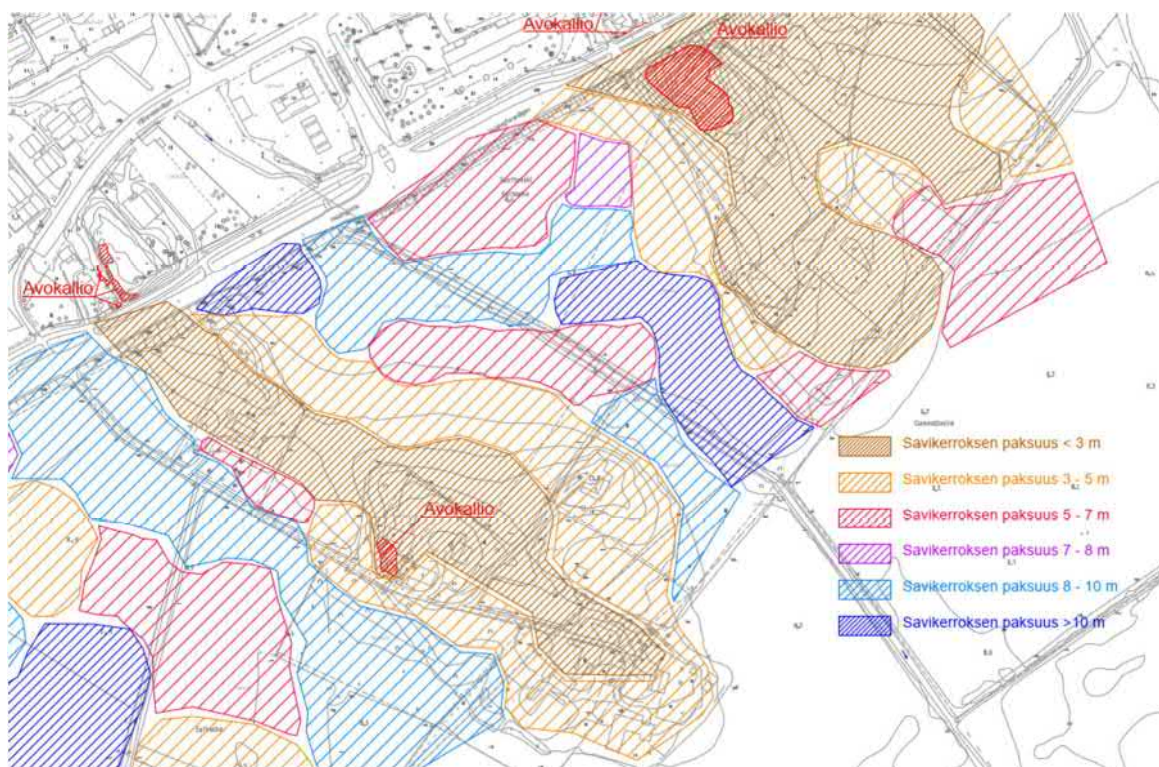




Kuva 1. Maaperäkartta (GTK)

Tuulikummun alueen pohjamaa painokairausten perusteella on esitetty kuvassa 2. Kuvassa paksuin savikerros on esitetty tumman sinisellä ja ohuimmat kerrokset tumman ruskealla. Avokalliot näkyvät tiheällä punaisella rasterilla. Savikerros on paksuimmillaan 10 – 12 m alueen keskiosassa, alueen läpi kulkevan joen pohjoispuolella. Joen molemmilla puolilla on savista pohjamaata, jonka kerrospaksuus vaihtelee 5 – 12 m paksuudella. Joesta poispäin mentäessä (koillisen ja lounaan suuntiin) savikerros ohenee.





Kuva 2. Pohjamaa painokairausten perusteella

Painokairaukset sijoittuvat pehmeimpien maakerrosten kohdalle. Tämän takia epävarmimmat arviot pohjamaasta ovat ohuiden savikerrosten kohdalla eli kohdissa, jossa savikerroksen paksuudeksi on esitetty alle 3 m. Painokairaukset on päätetty kiveen, lohkareeseen tai kallioon. Kallionpintaa ei ole tutkittu eikä myöskään mahdollisen pohjamoreenin paksuutta. Viereisen Helsingintien tutkimuksissa on pohjamoreenin paksuus saven alla ollut yli 5 m paksu, kun Tuulikummun alueella tehdyissä kairauksissa pohjamoreenia ei ole tai se on korkeintaan 3 m paksu.

Painokairaaja on erotellut maalajitulkintoihinsa liejuisen saven. Liejuista savea esiintyy pääosin syvimpien savikerrosten kohdalla, eli alueen lounasosassa sekä jokiuoman molemmin puolin. Liejuinen savi on tulkittu pääosin kohtiin, joissa painokaira on uponnut ilman painoa tai kiertoja.

Painokairausten perusteella savikerroksen alla on ohut hiekka/moreenikerros ja kairausten päättymistavaksi on merkitty kalliopinta. Oletettavasti tutkimukset



ovat jääneet kuitenkin liian lyhyiksi, eikä todellista kovaa pohjaa/kalliopintaa olla saavutettu.

Painokairausten perusteella savikerroksessa on ohuita kitkamaakerroksia savi-kerroksen alaosassa jokiuoman läheisyydessä. Ohuet kitkamaakerrokset ovat pääosin alle 1 m paksuisia, mutta paikoin jopa 2 m kerroksen alla on vielä metrin kerros savea.

Alueella on tehty 3 koekuoppaa sulfaattimaatutkimuksen yhteydessä. Sulfaattimaatutkimus valmistui 8.1.2018. Näytteenotto aloitettiin 0,2 m pintamaan jälkeen ja näytteitä otettiin 0,5 m välein 2,2 m syvyyteen asti. Näytteistä määritettiin muun muassa silmämääräinen maalaji ja vesipitoisuus. Ote tuloksista on esitetty alla olevassa taulukossa:

Näyte	syvyys (m)	maalaji	muita havaintoja	vesipitoisuus (%)
Alkrog 1	0,2 – 0,7	saSi/ljSa	vi, ru, ha/silttipaakkuja	67,1
	0,7 – 1,2	Sa	vi, ha/silttipaakkuja	74,3
	1,2 – 1,7	Sa	ha, mustaa	87,6
	1,7 – 2,2	Sa	ha, mustaa	75,9
Alkrog 2	0,2 – 0,7	saSi/ljSa	sis. orgaanista	54,2
	0,7 – 1,2	ljSa	siltti paakkuja ru/ha	104,4
	1,2 – 1,7	ljSa	ru/ha	120,0
	1,7 – 2,2	ljSa	Ha	124,4
Alkrog 3	0,2 – 0,7	saSi/Sa	ru, ha/silttipaakkuja	54,2
	0,7 – 1,2	saSi/Sa	ruha/ silttipaakkuja	104,4
	1,2 – 1,7	Sa	ruha/vähän silttipaakkuja	120,0
	1,7 – 2,2	Sa	Ha	124,4



Sulfaattimaa selvityksen mukaan koekuopan Alkrog 2 alueella esiintyi potentiaalisesti happamia sulfaattimaita. Havainto tehtiin syvimältä otetusta maanäytteestä. Koekuopista otettiin myös valokuvat, jotka on esitetty alla. Näytepiste 2 sijaitsee joen pohjoispuolella, juuri syvimmän savikerroksen kohdalla. Koekuoppien sijainnit on esitetty pohjatutkimuskartalla, liitteessä 1.



Kuva 3. Koekuoppa 1 (Alkrog)



Kuva 4. Koekuoppa 2 (Alkrog)



Kuva 5. Koekuoppa 2, syvyys 1,7 -2,2 m (Alkrog)





Kuva 6. Koekuoppa 3 (Alkrog)

Tutkimuksessa havaitut potentiaalisesti happamat sulfaattimaat eivät nykytilassa aiheuta merkittävää ympäristön happamoitumista. Mikäli potentiaalisesti happamat sulfaattimaat pääsevät hapettumaan esimerkiksi maanrakennustöiden seurauksena, on alueen maaperän ja vesien happamoitumisen riski olemassa. Mahdollisilla sulfaattimaan aiheuttamilla happamilla päästöillä on haitallinen vaikutus esimerkiksi kohteen läpi kulkevaan Gammelbackan puroon ja sinne istutettuun purotaimenkantaan. Lisäksi maaperän happamoituminen voi aiheuttaa maanalaisten rakenteiden korroosiota. Kohteen potentiaalisesti happamien sulfaattimaiden esiintymislaajuutta ei ole tutkittu, joten sulfaattimaiden esiintymiseen muualla kohteen alueella tulee riittävästi varautua.



Alueella on kaksi avokallioesiintymää. Toinen on alueen pohjoisosassa ja rajoittuu Helsingintiehen. Toinen on alueen lounasosassa, asutulla alueella Viimatien varressa.

4.2 Pohjavesi

Alueella ei ole pohjavesiputkia. Pohjaveden oletetaan kuitenkin olevan peltoalueella korkealla, noin 1 m syvyydessä maanpinnasta. Koekuoppiin noussut vesi näkyy myös hyvin yllä esitetyissä valokuvissa.

5 Painumat

Pohjamaan painumia arvioitiin karkeasti laskemalla painumat saven vesipitoisuuden perusteella. Vesipitoisuus on tutkittu ainoastaan 3 sijainnista ja vain 2 m syvyyteen, joten vesipitoisuudet ovat lähinnä arvioita ja laskennoilla on haettu ainoastaan suuntaa antavia painuman arvoja. Laskelmat on esitetty liitteessä 3 Alustavat painumalaskelmat.

Laskennat on tehty leikkausten mukaisille poikkileikkauksille A-A, B-B, C-C, D-C ja E-E. Pinnalle on laitettu 10 kPa kuorma, mikä vastaa noin 0,5 m täyttökerrosta. Poikkileikkaus C-C laskettiin lisäksi 20 kPa ja 30 kPa kuormille, jotka vastaavat n. 1m ja 1,5 m täyttökerrosta.

Paksuimmat pehmeiköt painuvat 0,5 m täytöllä n. 450 - 500 mm 100 vuoden aikana. Paksuin pehmeikkö on poikkileikkauksessa C, kohdassa, jossa joki virtaa alueelta pois. Painuma on suhteellisen tasaista, noin 1/4 painumasta tapahtuu ensimmäisen vuoden aikana kuorman laittamisesta ja viiden vuoden aikana tapahtuu noin puolet kokonaispainumasta. Painumalaskennan maksimi painuma-aikana käytettiin 100 vuoden painumaa. Alla olevassa taulukossa on esitetty leikkauksessa esiintynyt painuman suuruus saven paksuimmassa kohdassa 10 kPa vastaavalla kuormalla eri ajanjaksoilla.



Laskentatulokset:

Leikkaus	painuva kerros (m)	painuma 1 v (mm)	painuma 20 v (mm)	kokonaispai- numa (mm)
Leikkaus A-A	8,7	75	238	424
Leikkaus B-B	8,6	79	267	427
Leikkaus C-C	12,3	84	269	517
Leikkaus D-D	12,5	90	227	375
Leikkaus E-E	11,2	114	300	509

Edellä esitetystä taulukosta painumien suuruusluokka on hyvin samankaltainen riippuen painuvan kerroksen paksuudesta ja vesipitoisuudesta. Laskentamalliin kerroksille annettiin eri vesipitoisuuksia perustuen painokairausten havaintoihin. Savelle annettiin vesipitoisuuksia väliltä 50 - 80 %, niin että vesipitoisuus kasvoi syvemmälle mentäessä. Liejulle annettiin vesipitoisuuden arvoja 110 – 130 % välillä. Mitä pienempi savikerroksen vesipitoisuus on, sitä vähemmän se tulee todennäköisesti painumaan. Normaalisti konsolidoituneen saven vesipitoisuus vaihtelee tyypillisesti 50 – 120 % välillä. Liejun vesipitoisuus voi vaihdella tyypillisesti 100 – 400 % välillä. Laskennoissa liejulle annettiin maltillisia arvoja, mittauksien puuttuessa ja havaintojen vähäisyyden takia.

Saven vesipitoisuuden vaikutusta tuloksiin arvioitiin karkeasti laskemalla leikkausta C eri vesipitoisuuden arvioilla. Laskennoissa jokaisella kerroksella oli sama vesipitoisuus. Laskenta tehtiin 50%, 80%, 100% ja 120% vesipitoisuuksille. Laskennan perusteella vesipitoisuuden kaksinkertaistuminen tarkoittaa suunnilleen kaksinkertaisia painumia. Vesipitoisuus tulisikin aina selvittää, jotta painumalaskelmilla voisi saada luotettavamman tuloksen. Paksumman kohdan painumat on esitetty alla olevassa taulukossa:



Vesipitoisuus (%)	5v (mm)	20v (mm)	kokonaispainuma (mm)
50	97	146	251
80	155	230	398
100	194	291	498
120	232	349	601

Kuormituksen suuruuden vaikutusta painumiin on vertailtu leikkauksessa C. Kuormituksen muutoksella haettiin mahdollisia täyttökerroksia kohteeseen ja sen vaikutusta maan painumiin. Noin 0,5 m täyttökerroksella kokonaispainuma oli n. 500 mm. Kuorman tuplaantuessa kokonaispainuma oli n. 900 mm ja kolminkertaistuu yli 1200 mm. Johtopäätöksenä voidaan todeta, että jo 0,5 m täytöt alueella aiheuttavat jo suuria painumia, mutta ovat kuitenkin mahdollisia. Painumien ollessa näin suuria, tulee kaikki täytöt suunnitella huolella.

Kuorma (kPa)	5v (mm)	20v (mm)	kokonaispainuma (mm)
10 kPa	154	273	517
20 kPa	247	441	892
30 kPa	323	602	1195

Painumien laskenta vesipitoisuuksiin perustuen on aina likimääräistä. Kuitenkin painumalaskelmalla voidaan saada hyviä arvioita, mikäli vesipitoisuus on mitattu riittävän tiheästi saven eri kerroksista. Tavallisesti vesipitoisuus mitataan syvyys suunnassa 1- 2 m välein. Todellisen painuman selvitystä varten kohteessa tulisi ottaa häiriintymättömiä näytteitä, joille tulisi tehdä ödometriko-keet. Näin saataisiin selville saven todellinen jännityshistoria ja sen lujuusparametrit, joiden avulla saataisiin todenmukaiset painuma-arvot. Tarkempia



painumalaskelmia voitaisiin hyödyntää katujen ja pihojen tasauksen suunnittelussa. Rakenteet (rakennukset ja putket) joudutaan pehmeikköalueella joka tapauksessa perustamaan joko stabiloinnille, massanvaihdolle tai paaluttamaan.

6 Rakennettavuus

6.1 Rakennukset

Alueilla, joissa savikerroksen paksuus on alle 3 m, rakennukset voidaan perustaa maanvaraisena tai ohuen massanvaihdon varaan. Muualla rakennukset tulee perustaa paaluille. Painokairausten perusteella arvioidut paalupituudet vaihtelevat n. 5 – 15 m välillä. Paalupituudet suositellaan selvitettävän painokairausta raskaammilla kairausmenetelmillä rakennusten sijainnin varmistuttua esim. puristinheijarikairauksella. Paalujen nurjahduskuorman arviointiin tarvitaan saven lujuusparametrejä, jotka tulisi määrittää näytteenotoilla ja siipikairauksilla. Paalujen mitoittamiseen tarvitaan lisäksi korroosiotutkimuksia, joilla voidaan varmistaa riittävä käyttöikä paaluille.

Kun rakennuksia perustetaan massanvaihdolle, tulee huomioida sulfidisavitutkimukset ja varoa ettei savesta pääse irtaantumaan ympäristölle haitallisia yhdisteitä. Massanvaihtokaivannot tulee suunnitella huolella. Alueella pohjavesi on korkealla ja savi on oletettavasti hyvin pehmeää. Savi häiriintyy herkästi ja kaivannot ovat alttiita sortumille.

Rakennusten piha-alueet voidaan lähtökohtaisesti perustaa maanvaraisina, mikäli maanpinnan tasausta ei muuteta. Paalutettuihin rakennuksiin meneville kulukuyhteyksille on kuitenkin hyvä rakentaa siirtymärakenteet.

6.2 Putket ja johdot

Putket ja johdot suositellaan perustettavan stabiloinnille. Savikerroksen paksuuden mukaan 3-5 m syvyyksillä voidaan käyttää massastabilointia. Tätä



paksummat kerrokset tulee syvästabiloida. Massastabiloinnin eduksi alueella voidaan lukea, että se sitoo hyvin alueella olevia sulfidisavia ja se estää/hidastaa haitallisten aineiden kulkeutumista. Pilaristabiloinnin pilariväleissä sulfidista voi irrota haitallisia yhdisteitä, mutta se voidaan myös lukea tehokkaaksi keinoksi vähentää haitallisten aineiden liikkumista maaperässä. Alueella voidaan tehdä osa pilaristabiloinnista myös lamelleissa, jolloin yhdisteiden kulku hidastuu ”seinämäisellä” stabiloinnilla.

Liejuisen ja sulfidipitoisen saven stabiloitavuus tulee selvittää stabiloitavuuskokeilla tai koestabiloinneilla. Alueelle tarvittava sideainemäärä saadaan näin varmistettua ja stabiloinnin laatu ja toimivuus optimoitua.

Kun putket rakennetaan stabiloinnin päälle, ne perustetaan yleensä murskearinalle. Murskearinalla varmistetaan, että kuormat saadaan jaetuksi stabiloitinpilareille, eikä putkien alle jää heikompia mahdollisesti painuvia kohtia. Tarvittaessa stabiloinnin päälle voidaan myös rakentaa betoniarina, jos putket ovat suuria ja raskaita.

Mikäli putket perustetaan syvälle, niiden yläpuolelle tulee täyttömaita, jotka aiheuttavat kuormitusta pohjarakenteelle. Tällöin putkijohtoja joudutaan paalutamaan. Stabilointi ei tyypillisesti sovi, mikäli putket tulevat yli 3-4 m syvyyteen.

Putkien yhteydessä voidaan käyttää myös kevennysrakenteita, joilla voidaan vähentää putkien tulevia painumia ja samalla suojata putkia roudalta ja jäätymiseltä. Kevennys tulee mitoittaa pohjaveden alapuolella olevaksi.

Putkien rakentamisessa tulee huomioida alueen vaihtelevat olosuhteet ja rakennusten eri perustamistavat. Epätasaisia painumia tulee tasata riittävän pitkillä siirtymärakenteille, esim. vaahtolasikiiloilla ja siirtymäläatoilla. Erityisesti painumattomien rakennusten läheisyydessä putkirikot ovat vaarana, mikäli siirtymärakenteita ei suunnitella huolella.



6.3 Katualueet ja niiden ympäristö

Katualueet voidaan perustaa pääosin stabiloinneille, ellei alueella ole tarvetta nostaa merkittävästi nykyisen maanpinnan tasoa. Katualueet suositellaan rakennettavan paksuimpien savikerrosten kohdalle, jolloin rakennusten perustamiskustannukset saadaan pidettyä mahdollisimman alhaalla. Katualueet sallivat myös enemmän painumia kuin muut alueet, mutta niiden painumat tulee yhteensovittaa huolella muiden alueiden painumien kanssa.

Stabilointia suositellaan harkittavan myös Gammelbackan puron yhteyteen. Mikäli uoman ympäristö stabiloidaan, voidaan samalla estää haitallisten yhdisteiden pääsyä puroon. Stabilointi kalkkipohjaisilla sideaineilla neutralisoi sulfidisia.

6.4 Potentiaalisesti happamien sulfaattimaiden huomiointi

Alueille, joissa savikerroksen paksuus on alle 3 metriä, on mahdollista toteuttaa massanvaihto. Massanvaihdon aikana tulee kiinnittää huomiota epäiltyjen happamien sulfaattimaiden käsittelyyn. Kaivettua hapanta sulfaattimaata ei tule välivarastoida kohteella pidempijaksoisesti. Happamat sulfaattimaat toimitetaan ensisijaisesti maa-ainesten vastaanottopaikkaan saman työvuoron aikana. Maa-ainesten vastaanottopaikalla on oltava lupa ottaa vastaan happamia sulfaattimaita.

Mikäli happamia sulfaattimaita joudutaan varastoimaan kohteen alueella yli yhden työvuoron ajan, maat peitetään. Hapan sulfaattimaa läjitetään pressun päälle, jonka jälkeen kasat myös peitetään pressulla. Peittämisellä vähennetään maa-aineksen hapettumista ja sitä, että mahdollinen sadevesi pääsee huuhtomaan hapettunutta pintakerrosta. Happamia sulfaattimaita voidaan varastoida kohteen alueella yhtäjaksoisesti pisimmillään viikon ajan.

Happamat sulfaattimaat voidaan läjittää tarpeen vaatiessa saman työvuoron aikana takaisin samaan kaivantoon, josta ne on poistettu. Kaivantoon takaisin läjitettäessä tulee säilyttää mahdollisuuksien mukaan alkuperäinen



kerrosjärjestys. Takaisin kaivantoon läjitetty potentiaalisesti hapan sulfaattimaa tulee peittää vähintään 0,2 m paksulla tiiviillä maakerroksella.

Kohteen alueilla, joissa savikerroksen paksuus on yli 3 metriä, on mahdollista suorittaa pilaristabilointi. Stabilointiin käytettävä aine on kalkkipohjaista, jolla on taipumus neutraloida happoja. Mikäli kohteen syvemmät savialueet stabiloidaan, ei näillä alueilla ole tarvetta kiinnittää erityishuomiota sulfaattimaiden käsittelyyn. Stabiloinnin neutralisoivaa vaikutusta voidaan tällöin tarkkailla kohteen alueelta pumpattavien kaivantovesien pH:n seurantaohjelmalla.

Alueella, jossa on potentiaalisten happamien sulfaattimaiden esiintymisen riski olemassa, on säännöllisesti mitattava työmaalta poistuvista, maaperään kosketuksissa olevista vesistä veden pH-arvoa. Työmaan kaivannoista poisjohdettavien vesien ja muiden kuivatusvesien pH-arvon tulee olla välillä 6-9. Mikäli pH laskee alle 6, tulee vettä käsitellä siten, että pH nousee tasolle 6-9 ennen veden poisjohtamista (esimerkiksi kalkitus tai suodatus kalkkirouhepadon läpi).

Pidemmäksi ajaksi avoimeksi jätettäviin kaivantoihin kertyvän veden laatua ei ole tarvetta seurata säännöllisesti. Mikäli kaivanto pidetään kuivana esim. pumpaamalla, veden pH on mitattava ennen kaivantojen kuivattamista ja tarvittaessa säädettävä tasolle 6-9.

7 Kaivannot

Yli 2 m syvien sekä pohjavesipinnan alle ulottuvien rakennuskaivantojen toteutukselle suositellaan laadittavan kaivantosuunnitelmat. Huolella laadituilla kaivantosuunnitelmilla voidaan estää kaivantojen sortumat ja mahdollistaa alueen laadukas käyttö. Mikäli savi häiriintyy työaikana, se aiheuttaa rakentamistoille lisähaasteita ja hidastaa alueen rakentamista. Se myös lisää ennakoimattomia painumia, vaikuttaa pohjaveden virtaukseen ja rasittaa paaluperusteisia rakenteita.



Pohjavesipinnan yläpuoliset putkikaivannot voidaan toteuttaa luiskattuina kaivantoina noudattaen InfraRYL2010 Taulukon 16200:T1 Ohjearvoja. Pohjavesipinnan alapuolisista putkikaivannoista tulee olla erillinen kaivantosuunnitelma.

8 Routasuojaus

Alueella ei ole tehty routatutkimuksia tai rakeisuustutkimuksia. Luonnontilainen savinen maapohja on routivaa, saven ja liejuisen saven routaturpoama on noin 6 %. Kantavilla pohjamailla sora, sorainen hiekka, hiekka ja hiekkamoreeni voivat olla routimattomia tai lievästi routivia. Maalajien routimattomuus tulee kuitenkin selvittää rakeisuustutkimuksin, mikäli rakenteita ei routasuojata tai niitä ei perusteta roudattomaan syvyyteen. Porvoossa kerran 50 vuodessa esiintyvä pakkasmäärä on 35 000 Kh. Roudan syvyys maalajista riippuen on lumettomalla maalla tällöin 1,5 – 2,3 m (matalin savimailla ja syvin sora-hiekkamailla).

Routimattoman perustamissyvyyden yläpuoliset rakenteet routasuojataan ”RIL 261-2013 Routasuojaus” Ohjeen mukaisesti.

9 Kuivatus

Pohjamaa on paikoin huonosti vettä johtavaa ja rakennukset tulee salaojittaa vajovesien poisjohtamisen varmistamiseksi. Salaojitus rakennetaan ja suunnitellaan RIL 126-2009 ”Rakennuspohjan ja tonttialueen kuivatus” ohjeiden mukaisesti.

Alueiden kuivatus järjestetään kaadoin ja hulevesiviemäröinnein. Rakennuksen vierustalla täytyy olla 5 % kaato vähintään 3 m matkalla. Piha-alueen päällysrakenteet kuivatetaan salaojituksella.



10 Perustamistapojen kustannusvaikutuksia

Alueelle laskettiin suuntaa antava kustannusarvio pohjanvahvistustöistä. Kustannusarviossa esitetty rakentaminen ei vastaa hankkeen muuta suunnittelua ja arvio pohjautuu täysin pohjatutkimuksiin ja perustamisen kannalta selkeisiin ratkaisuihin. Kustannusarvio on esitetty liitteessä 4.

Laskelmassa puron molemmat puolet on esitetty stabiloitavan kokonaan. Sitä ei kuitenkaan tarvitse stabiloida, mikäli alue halutaan pitää nykyisessä tasauksessaan, eikä sinne suunnitella rakenteita, jotka eivät kestä painumia. Tästä saadaan vain karkea arvio alueen stabilointikustannuksista.

Asuinrakennukset on sijoitettu kohtiin, joissa saven paksuuden on arvioitu olevan pääosin alle 5 m. Kun saven paksuus on suurempi kuin 3 m, rakennukset on suunniteltu paalutettaviksi ja niiden piha-alueet stabiloitaviksi. Muussa tapauksessa rakennusten kohdalle on esitetty massanvaihtoa ja piha-alueet on jätetty kokonaan ilman pohjanvahvistuksia. Tarvittaessa piha-alueita voi vahvistaa kevennyksillä. Eritoten siirtymärakenteet eri rakenteiden ja pohjaolosuhteiden välille tulee suunnitella huolella. Piha-alueita ei lähtökohtaisesti tarvitse stabiloida, mikäli maanpinnan tasausta ei muuteta. Pihoilla ja kaduilla olevan vesihuoltoputkien perustamistapa on puolestaan selvittettävä huolella ja yhteensovitettava katujen ja rakennusten kanssa.

Täydennysrakentamisen on esitetty tässä kohtaa olevan täysin pientaloaluetta. Jokainen tontti on 600 m² kokoinen ja jokainen asunto 100 m² pohja-alaltaan.

Näillä oletuksilla yhden asunnon paaluttaminen maksaisi noin 6 t € eli n. 60 €/m². Asunnon kohdalle tehtävä massanvaihto maksaisi n. 3 t €. Piha-alueen stabilointi maksaisi n. 31 t € eli n. 62 €/m². Joen ympäristön stabilointi maksaisi n. 84 €/m². Kyseisen alueen stabilointi on siis kalliimpaa, kuin piha-alueen stabilointi ja tämä johtuu yksinomaan siitä, että alueella saven paksuus on suurempi, jolloin pilaripituuden kasvaessa, neliökohtainen hinta nousee.

Laskelmassa esitettyjä paalutuksia, massanvaihtoja tai stabilointeja ei ole mitoitettu. Rakennuksien sijainteja tai niiden kokoa tai kuormia ei ole tiedossa.



Myöskään katuja tai putkia ei ole suunniteltu. Laskenta on tehty vain ja ainoastaan eri perustamistapojen kustannusvaikutusten arviointia varten.

11 Jatkotoimenpiteet

Rakentamista varten tulee laatia alueelle kattava pohjatutkimusohjelma. Pohjatutkimusohjelma kannattaa laatia, kun alueen maankäyttö ja rakentaminen on suunniteltu. Näin pohjatutkimukset voidaan laatia vastaamaan tarkoitusta ja niiden avulla voidaan varmistua tulevista kustannuksista ja alueen mahdollisista riskeistä.

Paalutettavalle alueelle tulee ohjelmoida puristinheijarikairauksia, jotta voidaan varmistua todellisista paalupituuksista. Lisäksi paalutettaville alueille tulee ohjelmoida siipikairauksia, maanäytteenottoja sekä korroosiotutkimuksia. Sulfidisavet ja alueen korroosio-olosuhteet vaikuttavat paitsi massanvaihdon kustannuksiin, myös paalutuksen pitkäaikaiskestävyyteen ja sitä kautta paalutuksen kustannuksiin. Eri paalutyypin soveltuvuus ratkeaa myös tarkempien korroosio-olosuhteiden selvittämisen yhteydessä.

Tarkempien perustamistapojen määrittäminen painuminen perusteella vaatii tarkempia pohjatutkimuksia. Alueella suositellaan tutkittavan useammasta kohdasta häiriintyneillä näytteenotoilla saven ominaisuuksia ja sen lisäksi muutamasta kohdasta häiriintymättömillä näytteillä saven lujuusominaisuuksia. Näytteitä tulee ottaa kovaan pohjaan asti, niin että saven eri kerrokset tulevat edustetuiksi.

Sulfidisavitutkimuksia tulee ulottaa myös mahdollisille massanvaihtoalueille, jotta voidaan selvittää massanvaihtomateriaalille läjitys- ja kierrätyskohteet. Massanvaihto perustamistapana on edullinen ratkaisu, jos maamassalle löytyy läjityskohde tai muu edullinen vastaanottopaikka. Massanvaihto on myös hyvä ratkaisu, mikäli alueella halutaan tehdä esirakentamista. Muut pohjanvahvistusmenetelmät tulee suunnitella rakennuksen kuormitusten ja



kuormansiirtorakenteiden mukaisesti, kun taas massanvaihto voidaan tehdä ennen rakennusten suunnittelua.

Massanvaihto voidaan myös sovittaa yhteen reunavahvistetun laatan kanssa, jolla saadaan pientaloille kustannuksiltaan edullisin pohjarakenneratkaisu pehmeikköalueelle. Näihin kohteisiin voidaan massanvaihto tehdä esimerkiksi määräsyvyyteen ja reunavahvistetulla rakenteella varmistaa, että rakenne kestää pieniä painumia ja muodonmuutoksia. Tällöin painumat tulee määrittää tarkemmin ja myös rakennusten pintaverhoilussa tulee muistaa huomioida rakenteille sallitut painumat. Esimerkiksi tiiliverhoilu ei kestä rakennuksen muodonmuutoksia yhtä hyvin kuin puurakenteiset talot.

Heikko pohjamaa tekee rakentamisesta haastavaa. Alueet suositellaan jaetavan selkeisiin kokonaisuuksiin, jotka olosuhteiden salliessa voidaan rakentaa samanaikaisesti. Näin voidaan välttyä pohjamaan häiritsemiseltä ja olemassa olevien rakenteiden lisäkuormituksilta. Yhtiömuotoiset kohteet ovat helpommin hallittavissa ja niiden perustamistavoista saadaan selkeitä kokonaisuuksia.

Tulva-alueelle ei suositella rakentamista. Tulva-alue vaatisi kalliita perustamisrakenteita ja niiden suojaksi lisäksi tulvasuojauksia.

Voimalinjan alle suositellaan peltoa tai muuta virkistätymisaluetta, jotta alue saadaan hyödynnettyä. Näille alueille voidaan myös harkita kaivumaiden läjittämistä, mikäli painumat sallivat sen.

Alla olevassa taulukossa on vertailtu eri pohjanvahvistus ja perustamistapojen soveltuvuutta erilaisiin olosuhteisiin ja rakennuskohteisiin, sekä näiden kustannuksia. Taulukkoon on edellä mainittujen pohjanvahvistusmenetelmien lisäksi otettu mukaan ruuvipaalut. Niitä voi hyödyntää erilaisten kevyiden piharakennusten perustamiseen. Niiden kustannustehokkuus perustuu kuitenkin pieniin kohteisiin, joissa ei ole tarkoituksenmukaista hyödyntää raskaampaa paalutus kalustoa.



Perustamistapa	Menetelmään soveltuvat pohjamaa-olosuhteet	Kohteessa sulfidi-maaesiintymiä	Soveltuvat rakenteet	Kustannusten suuruusluokka
Massanvaihto	Matala savikko < 3 m	Kaivettu savi on viettävä kohteesta pois niille tarkoitettuun maa-ainesten vastaanottoaikkaan	Ei rajoituksia	30 - 40 €/m ² (ei sisällä kaatopaikkamaksuja)
Stabilointi	Savikko > 1 m	Parantaa olosuhteita neutralisoimalla suola- tai happamien vesien pH:ta	Kadut ja kunnallistekniikka	60 - 80 € / m ²
Maanvarainen laatta	Matala savikko tai massanvaihdon yhteyteen	Betonin tulee olla sulfaatinkestävää	Soveltuvuus tarkistettava painumalaskelmin. Pääosin kevyisiin yksittäisiin rakennuksiin.	40 € - 60 €/m ²
Teräsbetonipaalut	Savikko	Paalujen tulee olla sulfaatinkestäviä	Ei rajoituksia	60 - 80 € /m ² (rakennukset)
Lyötävät teräsputkipaalut	Savikko	Paalujen mitoituksessa on otettava huomioon iso korroosiovara, joka voi johtaa siihen, että paalun seinämävahvuus ei riitä	Ei rajoituksia	80 € / m ² (rakennukset)
Ruuviteräspaalut	Matala savikko	Paalujen mitoituksessa on otettava huomioon iso korroosiovara, joka voi johtaa siihen, että paalun seinämävahvuus ei riitä	Kevyet kylmät rakenteet ja vajat	50 € /m ²



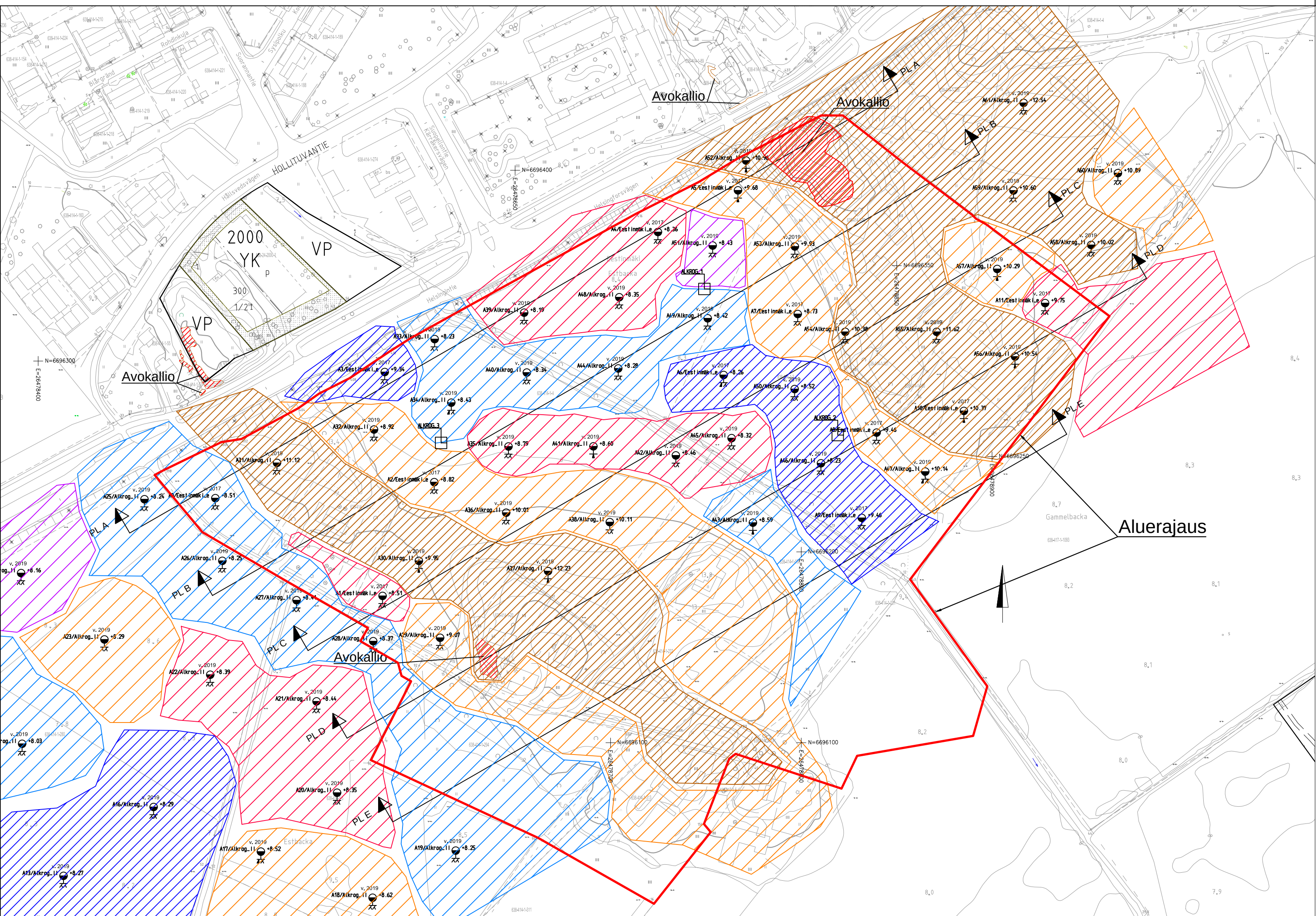
Rosa Sirén
Suunnittelija

Leena Nurmi
Apulaisosastopäällikkö

LIITTEET

1. Pohjatutkimuskartta
2. Pohjatutkimusleikkaukset
3. Alustavat painumalaskelmat
4. Alustava kustannusarvio





Avokallio

Savikerroksen paksuus < 3 m

Savikerroksen paksuus 3 - 5 m

Savikerroksen paksuus 5 - 7 m

Savikerroksen paksuus 7 - 8 m

Savikerroksen paksuus 8 - 10 m

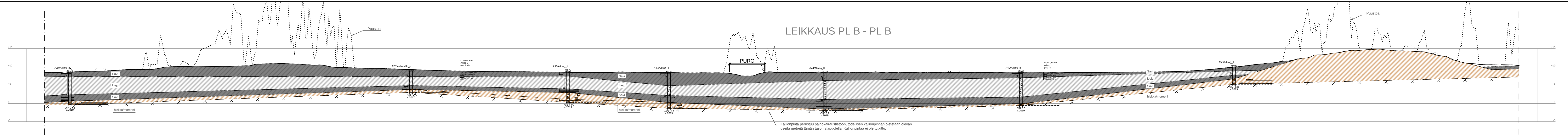
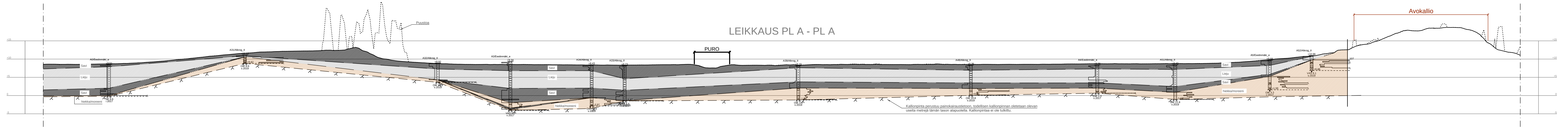
Savikerroksen paksuus >10 m

AL KROG 1

Koekuoppien sijainnit

TYÖVAIHE RAKENNETTAVUUSSELVITYS

Kaup.osa/Kylä	Kortteli/Tila	Tontti/Rno	Viranomaisen merkintöjä
Pysyvä rakennustunnus	Korkeus- ja koord. järjestelmä		
Rakennustoimenpide	Piirustuslaji		No
Rakennuskohteen nimi ja osoite	Piirustuksen sisältö		Mittakaavat
Tuulikumpu Rakennettavuusselvitys	Liite 1		
	Pohjatutkimuskartta		
	Savikerroksen paksuus		
SITOWISE	Suunn.ala	Työnumero	Piir.no
	Muutos		
Piirtäjä	Suunnittelija	Tiedostojajainti	
Tarkastaja	Vast.suun/Hyväksyjä	Päiväys	
Sirén Rosa		16.6.2021	
Nurmi Leena		.dwg	



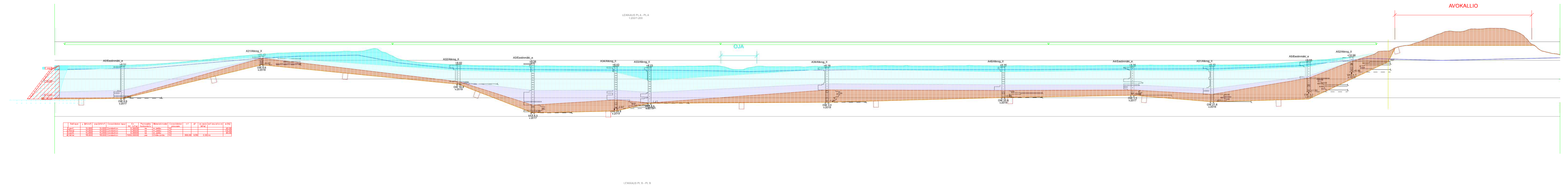
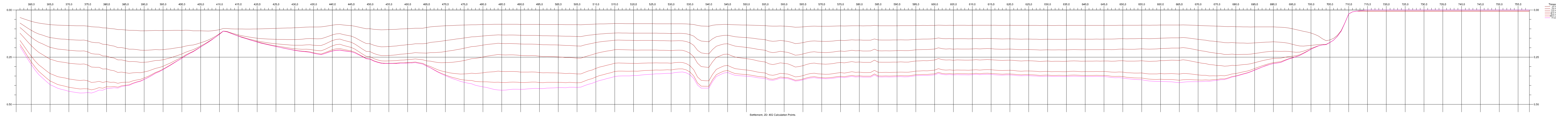
TYÖVAIHE RAKENNETTAVUUSSELVITYS

Kaup./osa/Kylä	Kortteli/Tila	Tontti/Rno	Viranomaisen merkintöjä
Pyysä rakennustunnus			Korkeus- ja koord. järjestelmä
Rakennustoimenpide			Piirustustyyli No
Rakennuskohteen nimi ja osoite			Piirustuksen sisältö Mittakaavat
Tuulikumpu Rakennettavuusselvitys			Liite 2A Tutkimusleikkaukset A-A ja B-B pohjatutkimukset
SITOWISE	Linnoitustie 6 02600 Espoo 290 059 201 www.sitowise.com	Suunn.ala Työnumero Pii.no Muutos	GEO
Piirtäjä	Suunnittelija Sirén Rosa		Tiedostojainti
Tarkastaja	Vast.suun./Hyväksyjä Nurmi Leena		Tiedosto 16.6.2021 .dwg

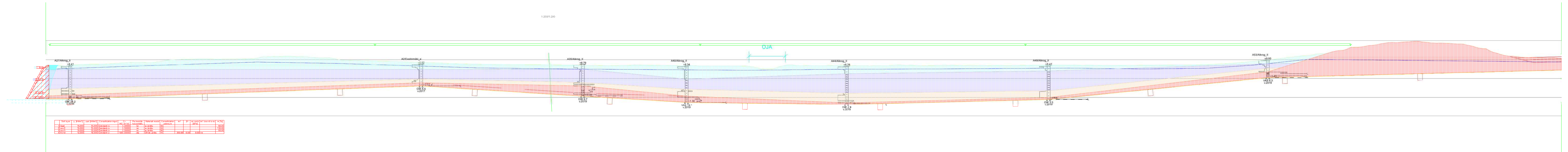
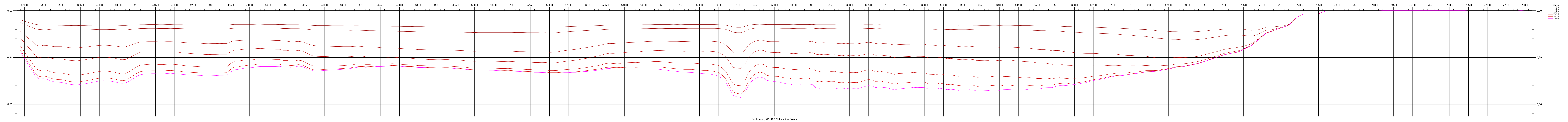
V:\Infra\W05\1\W0506209 Tuulikumpu Poroo - P03_Projekti\p03_GEO\1 Kartat_Liittekaavat

LIITE 3 PAINUMATARKASTELUT

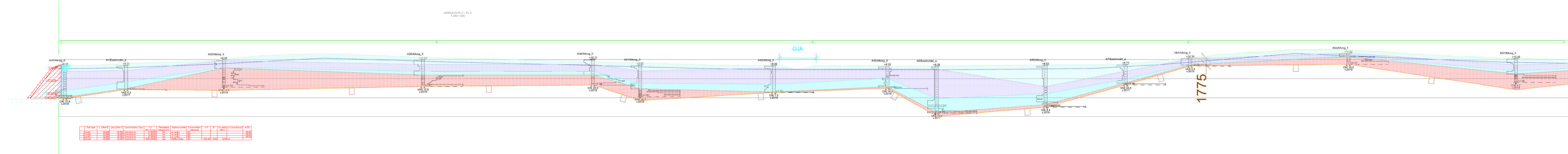
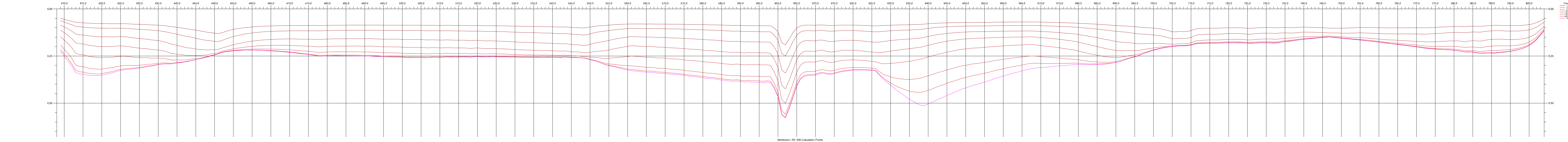
Tuulikumpu, painumatarkastelu
leikkaus A-A



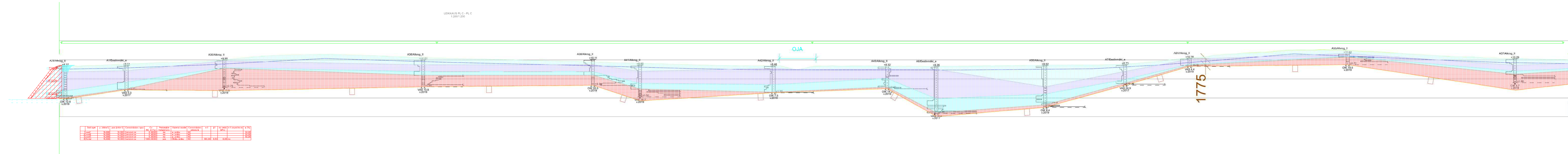
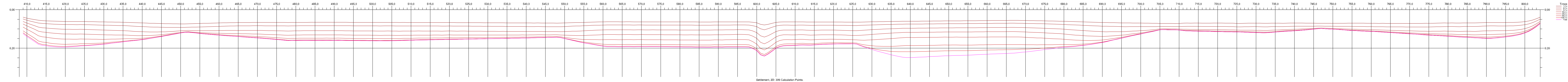
Tuulikumpu, painumatarkastelu
leikkaus B-B



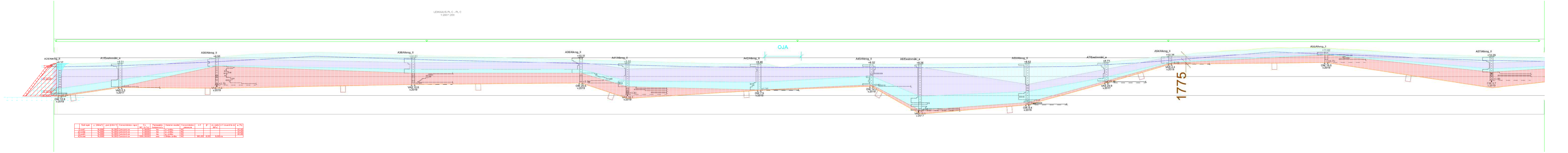
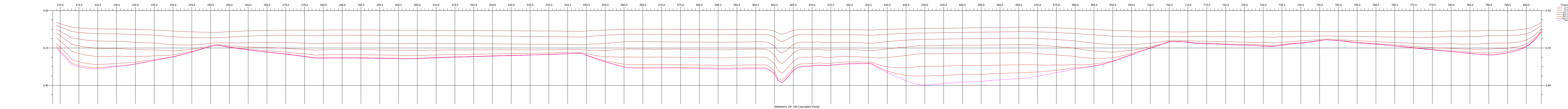
Tuulikumpu, painumatarkastelu
leikkaus C-C



Tuulikumpu, painumatarkastelu
leikkaus C-C
vesipitoisuus 50 %

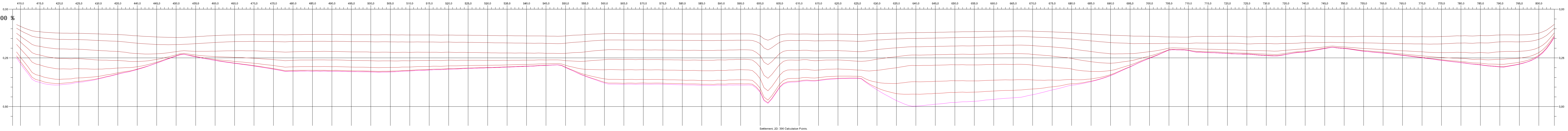


Tuulikumpu, painumatarkastelu
leikkaus C-C
vesipitoisuus 80 %



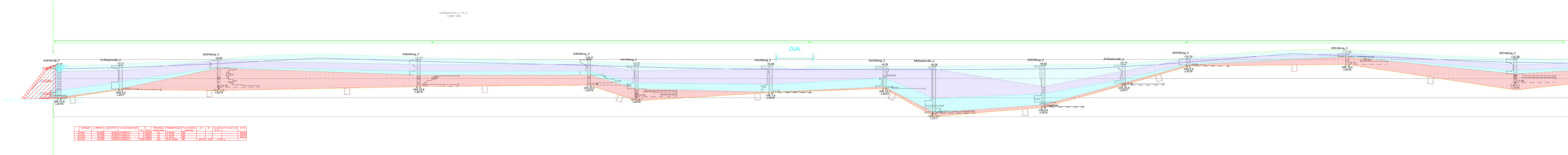
Tuulikumpu, painumatarkastelu
leikkaus C-C

vesipitoisuus 100 %



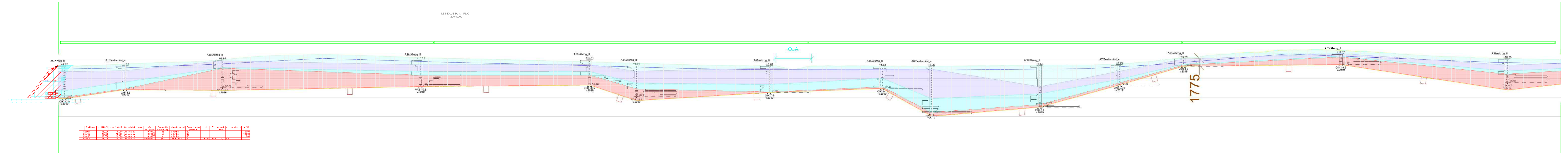
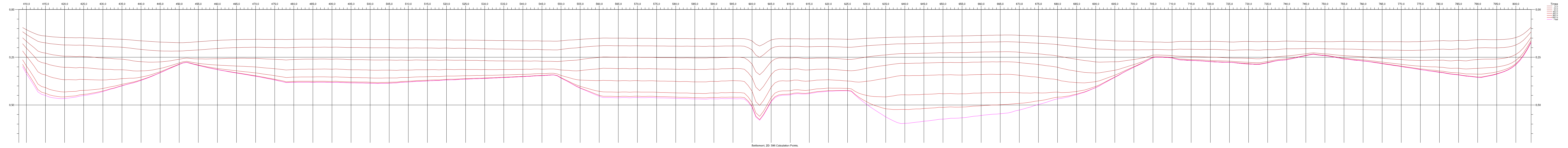
Settlement, 2D: 366 Calculation Points

LEIKKAUS PL C - PL C
1:200/1:200

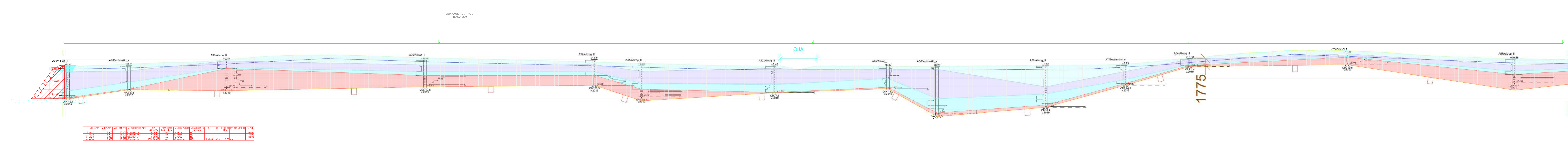
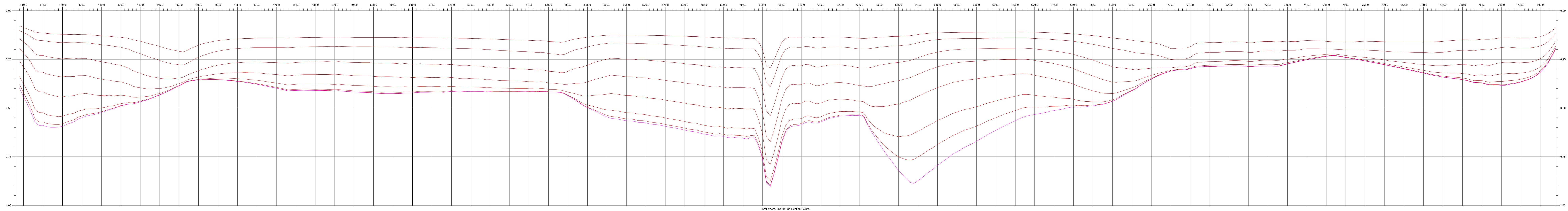


Soil layer	γ [kN/m³]	γsat [kN/m³]	Consolidation input	Cu	Permeability	Material model	Consolidation	m1	β1	σc (kPa)	m1 bound to σc	w [%]
1.1.1.1	18.000	18.000	Constant	0.0	0.0001	elasticity	pressure	1.0	0.0	100.00	100.00	100.00
1.1.1.2	18.000	18.000	Constant	0.0	0.0001	elasticity	pressure	1.0	0.0	100.00	100.00	100.00
1.1.1.3	18.000	18.000	Constant	0.0	0.0001	elasticity	pressure	1.0	0.0	100.00	100.00	100.00
1.1.1.4	18.000	18.000	Constant	0.0	0.0001	elasticity	pressure	1.0	0.0	100.00	100.00	100.00

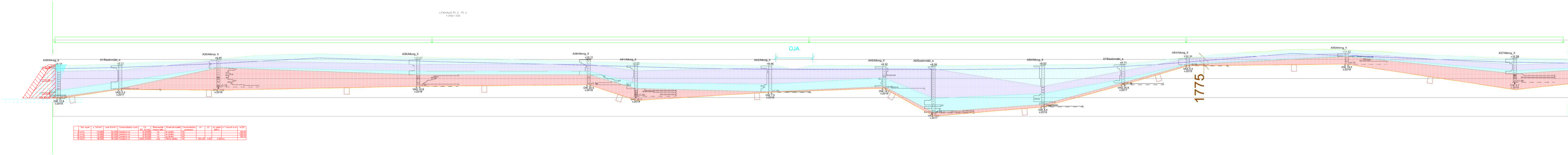
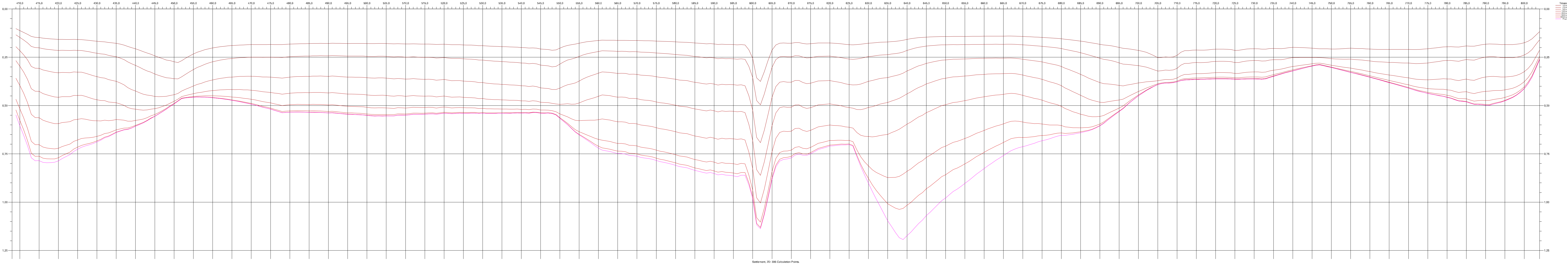
Tuulikumpu, painumatarkastelu
leikkaus C-C
vesipitoisuus 120 %



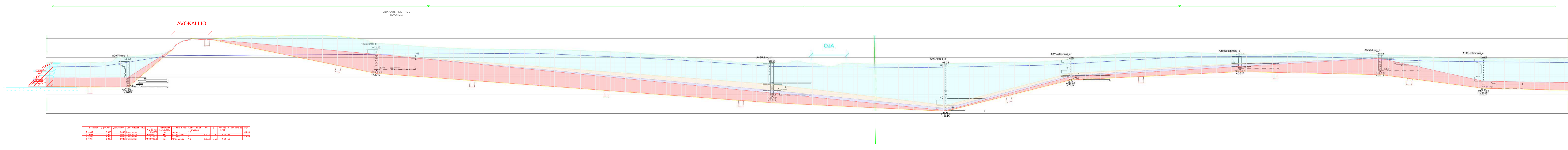
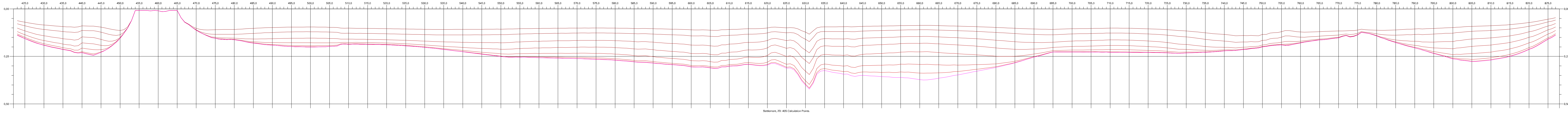
Tuulikumpu, painumatarkastelu
leikkaus C-C
kuorma 20 kPa



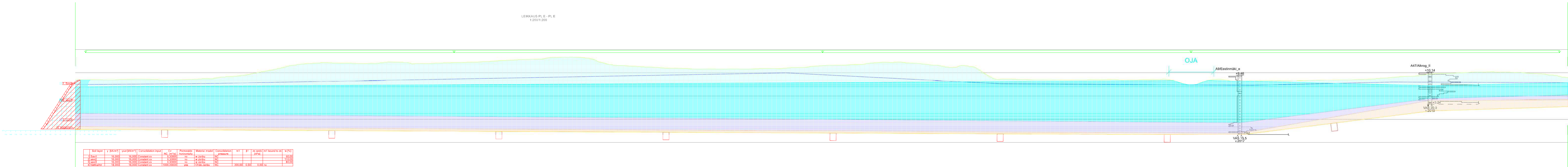
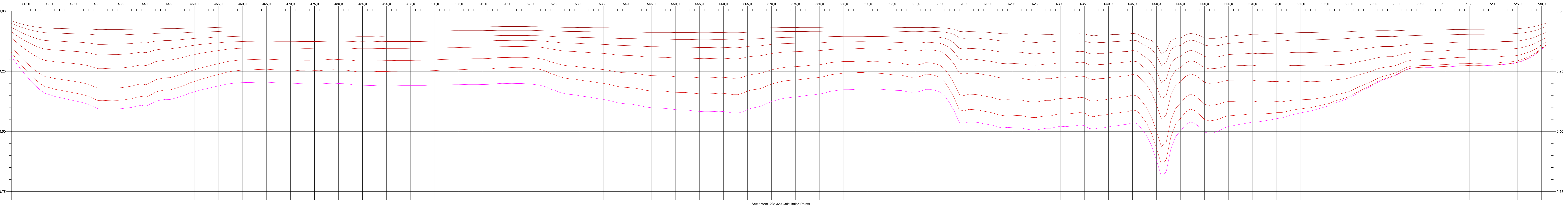
Tuulikumpu, painumatarkastelu
leikkaus C-C
kuorma 30 kPa



Tuulikumpu, painumatarkastelu
leikkaus D-D



Tuulikumpu, painumatarkastelu
leikkaus E-E



LIITE 4, Alustava kustannusarvio

Tuulikummun alueen karkea kustannusarvio perustamistapojen mukaan

Asunnot suositellaan rakennettavan kantavimmille kohdille eli alueille, joille saven paksuudeksi on merkitty alle 5 m. Pehmeälle maalle perustettaessa rakennukset joudutaan paaluttamaan. Muut alueet ja rakenteet eivät ole niin herkkiä painumille, joten niiden kohdalle voidaan hyödyntää myös muita pohjanvahvistusmenetelmiä. Näin ollen paksumman saven kohdalla voidaan käyttää muita pohjanvahvistusmenetelmiä, jotka ovat edullisempia.

Alueelle laskettiin suuntaa antava kustannusarvio pohjanvahvistustöistä. Alueen tulevaa rakentamista ei ole suunniteltu ja arvio pohjautuu täysin pohjatutkimuksiin ja perustamisen kannalta selkeisiin ratkaisuihin. Alueen rakentaminen on jaettu stabiloitavaan alueeseen ja asuntorakentamiseen, jolla tehdään massanvaihtoja ja paalutuksia.

Puron ympäristö on esitetty kokonaan stabiloitavaksi. Sitä ei kuitenkaan tarvitse stabiloida, mikäli alue halutaan pitää nykyisessä tasauksessaan, eikä sinne suunnitella rakenteita, jotka eivät kestä painumia. Tästä saadaan vain karkea arvio alueen stabilointikustannuksista.

Asuinrakennukset on sijoitettu kohtiin, joissa saven paksuuden on arvioitu olevan pääosin alle 5 m. Kun saven paksuus on suurempi kuin 3 m, rakennukset on suunniteltu paalutettaviksi ja niiden piha-alueet stabiloitaviksi. Muussa tapauksessa rakennusten kohdalle on esitetty massanvaihtoa ja piha-alueet on jätetty kokonaan ilman pohjanvahvistuksia. Tarvittaessa piha-alueita voi vahvistaa kevennyksillä. Eritoten siirtymärakenteet eri rakenteiden ja pohjaolosuhteiden välille tulee suunnitella huolella. Piha-alueita ei lähtökohtaisesti tarvitse stabiloida, mikäli maanpinnan tasausta ei muuteta. Pihoilla ja kaduilla olevan vesihuoltoputkien perustamistapa on puolestaan selvitettävä huolella ja yhteensovittettava katujen ja rakennusten kanssa.

Viimeisellä sivulla on esitetty kustannuslaskennassa käytetyt alueet. Lilalla värillä esitetty alue on esitetty kokonaan stabiloitavaksi. Sinisellä ja vihreällä olevat alueet on varattu täydennysrakentamiseen. Täydennysrakentamisen on esitetty tässä kohtaa olevan täysin pientaloaluetta. Jokainen tontti on 600 m² kokoinen ja jokainen asunto 100 m² pohja-alaltaan.

Näillä oletuksilla yhden asunnon paaluttaminen maksaisi noin 6 000 € eli n. 60 €/m². Asunnon kohdalle tehtävä massanvaihto maksaisi n. 3 t €. Piha-alueen stabilointi maksaisi n. 31 000 € eli n. 62 €/m². Puron ympäristön stabilointi maksaisi n. 84 €/m² eli se on siis kalliimpaa, kuin piha-alueen stabilointi ja tämä johtuu yksinomaan siitä, että alueella saven paksuus on suurempi, jolloin pilaripituuden kasvaessa, neliökohtainen hinta nousee. Todellisuudessa aluetta ei tarvitse stabiloida ollenkaan ja se voidaan tarvittaessa mitoittaa kevyemmin, kun piha-alueiden, koska siellä ei ole niin paljoa painumaherkkiä rakenteita (putkia ja johtoja yms).

Paalutuksia, massanvaihtoja tai stabilointeja ei ole mitoitettu. Rakennuksien sijainteja tai niiden kokoa tai kuormia ei ole tiedossa. Myöskään katuja tai putkia ei ole suunniteltu. Laskenta on tehty vain ja ainoastaan eri perustamistapojen kustannusvaikutusten arviointia varten.

TUULIKUMPU

Rosa Sirén
16.6.2021

STABILOINTI

- Joen ympäristö

Oletus: Pilarikoko 700 mm, k/k = 1000 mm

JOEN LÄNSIPUOLI

S1	Alueen laajuus:	11900 m2			
	Saven paksuus	m2	pilaripituus (m)	pilarit (kpl)	pilarit (jm)
	> 10 m		1200	11	1200
	> 8 m		3370	9	3370
	> 8 m		3800	9	3800
	5-7		3530	6	3530
					98910
					98,91 jkm

JOEN ITÄPUOLI

S2	Alueen laajuus:	16700 m2			
	Saven paksuus	m2	pilaripituus (m)	pilarit (kpl)	pilarit (jm)
	5-7		4530	6	4530
	5-7		1190	6	1190
	7-8		1130	8	1130
	8-10		3450	9	3450
	10-12		6400	11	6400
					144810
					144,81 km

243,72 jkm

Paalutus

- Asuinrakennusten paaluttaminen, piha-alueiden stabilointi

Oletukset:

- Yksittäisten tonttien koko 600 m2
- Asuinrakennusten koko 150 m2 - kaksi kerrosta, pohja-ala
- paalut 3 m jaolla anturalinjalle, rakennukseen 20 paalua
- piha-alue stabiloidaan kokonaisuudessaan Pilarikoko 700 mm, k/k = 1000 mm

Länsi:

Alue P1:	13100 m2	
Paalutus		
tontteja / asuntoja	21,83 asuntoa	
pituus	7 m	(alueella savikerroksen syvyys 3-5)
	140 jm	
	3057 jm paalua	
Stabilointi		
piha-alue	500 m2	piha-alue per asunto
	10916,7 m2	piha-alue per alue
pilarit	5 m	pilaripituus
	54583,3 jm	
Alue P2:	3150 m2	
Paalutus		
tontteja / asuntoja	5,25 asuntoa	
pituus	13 m	(alueella savikerroksen syvyys 3-5)
	260 jm	
	1365 jm paalua	
Stabilointi		
piha-alue	500 m2	piha-alue per asunto
	2625,0 m2	piha-alue per alue
pilarit	10 m	pilaripituus
	26250,0 jm	
Alue P3:	5700 m2	

Paalutus		
tontteja / asuntoja	9,50 asuntoa	
pituus	13 m 260 jm	(alueella savikerroksen syvyys 3-5)
	2470 jm paalua	
Stabilointi		
piha-alue	500 m2 4750,0 m2	piha-alue per asunto piha-alue per alue
pilarit	10 m 47500,0 jm	pilaripituus

Alue 4:	4200 m2	
Paalutus		
tontteja / asuntoja	7,00 asuntoa	
pituus	7 m 140 jm	(alueella savikerroksen syvyys 3-5)
	980 jm paalua	
Stabilointi		
piha-alue	500 m2 3500,0 m2	piha-alue per asunto piha-alue per alue
pilarit	5 m 17500,0 jm	pilaripituus

Itä

Alue 5:	10000 m2	
Paalutus		
tontteja / asuntoja	16,67 asuntoa	
pituus	7 m 140 jm	(alueella savikerroksen syvyys 3-5)
	2333 jm paalua	
Stabilointi		
piha-alue	500 m2 8333,3 m2	piha-alue per asunto piha-alue per alue
pilarit	5 m 41666,7 jm	pilaripituus

Paalutus, yhteensä:

Rakennusten paalutus 10205 jm

Piha-alueiden stabilointi 187500,0 jm

Massanvaihto

- Asuinrakennusten kohdalle massanvaihto, piha-alueiden kohdalle ei pohjanvahvistuksia

Oletukset:

- Yksittäisten tonttien koko

600 m2

- Asuinrakennusten koko 150 m2 - kaksi kerrosta, pohja-ala

100 m2

- rakennuskaivanto 1:1,5 luiskakaltevuudella. Peruskaivanto 1,0 m rakennuksen ympärille, rakennus 2 m syvyyteen

- piha-aluetta ei tarvitse käsitellä, kevennyksiä tarpeen mukaan

Massanvaihto

M1	Lansi	14700 m2	
	tontteja	24,5 kpl	
	Kaivanto	1100 m2	kaivannon laajuus per rakennus

Alueen asuntojen massanvaihdot
26950 m3

M2	Itä	9300 m2	
	tontteja	15,5 kpl	
	Kaivanto	1100 m2	kaivannon laajuus per rakennus

Alueen asuntojen massanvaihdot
17050 m3

Massanvaihto, yhteensä

44000 m3

Kustannukset:					
		paalutettavia	massanvaihdolle		
yksittäisiä tontteja:	100 kpl	60,25 kpl	40,0 kpl		
piha-alueita	50125 m2	30125 m2	20000 m2		
Joen ympäristön stabilointi:					
	28600 m2				
Joen ympäristön stabilointi:	243,72 jkm	9,88 €/jm	2 407 953,60	84,19	€/m ²
Rakennusten paalutus	10205 jm	34,36 €/jm	350 643,80	5 819,81	€/asunto
Piha-alueiden stabilointi	187500,0 jm	9,88 €/jm	1 852 500,00	30 746,89	€/piha
Massanvaihdot	44000 m3	2,88 €/m3	126 720,00	3 168,00	€/asunto
		yhteensä:	4 737 817,40	€	

