

# Malminkenttä, Lentoasemanpuisto

Geotekninen yleissuunnitelmaselostus

<b>Päiväys</b>	14.10.2022
<b>Tekijä</b>	Leena Nurmi, Juho Kivivuori
<b>Hyväksynyt</b>	Eija Kivilaakso, Asko Aalto
<b>Projektinumero</b>	YKK66735

## Sisällys

1	Johdanto .....	1
2	Pohjasuhteet.....	1
	2.1 Pohjatutkimukset .....	1
	2.2 Maaperäkuvaus ja pohjavesi .....	2
	2.3 Happamat sulfaattimaat .....	5
3	Nykyiset rakenteet .....	6
	3.1 Kiitotiet .....	6
	3.2 Salaojat.....	7
4	Puiston tasaus.....	8
5	Laskelmat.....	9
	5.1 Tehdyt laskelmat .....	9
	5.1.1 Painumalaskelmat .....	9
	5.1.2 Stabiiliteettilaskelmat .....	9
	5.1.3 Kantavuuslaskelmat.....	10
	5.2 Painumakriteerit .....	10
6	Esirakentaminen.....	11
	6.1 Stabiilointi .....	11
	6.1.1 Pilaristabiilointi .....	11
	6.1.2 Lamellistabiilointi .....	11
	6.2 Paalulaatta .....	11
	6.3 Massanvaihto .....	12
	6.4 Puupaalut .....	12
	6.5 Kevennys.....	12
	6.6 Esikuormitus ja pystyjoitus .....	12
	6.7 Esirakentamisen vähähiilisyys .....	12
7	Sillat ja muut rakenteet.....	13
	7.1 Maakaasuputki.....	13
	7.2 Sillat .....	14
	7.3 Tukimuurit .....	14
	7.4 Jäteveden pumppaamo .....	14
	7.5 Kentät.....	15
	7.6 Terminaalinaukio.....	15
	7.7 Muut rakenteet .....	15
8	Kustannuslaskennan periaatteet.....	15
	8.1 Pilaristabiilointi .....	15



8.2	Lamellistabilointi .....	16
8.3	Paalulaatta (Putkilinjat).....	16
8.4	Massanvaihto .....	16
8.5	Puupaalut .....	17
8.6	Kevennys.....	17
8.7	Putkikaivantojen tuennat.....	17
8.8	Alueelliset täytöt ja leikkaukset .....	17
8.9	Kooste kustannuksista .....	17
9	Jatkotoimenpiteet .....	18
9.1	Pohjatutkimukset .....	18
9.2	Kaivumaiden ja kaivantovesien laatu.....	18
9.3	Pohjavesi.....	18
9.4	Happamat sulfaattimaat .....	19
9.5	Puistokäytävien kuivatus .....	20
9.6	Sillat ja muut rakenteet .....	20

## Liitteet

- Liite 1 Pohjatutkimuskartta, eteläosa
- Liite 2 Pohjatutkimuskartta, pohjoisosa
- Liite 3 Savikon paksuus, eteläosa
- Liite 4 Savikon paksuus, pohjoisosa
- Liite 5 Puiston tasaus, eteläosa
- Liite 6 Puiston tasaus, pohjoisosa
- Liite 7 Pohjanvahvistuskartta, eteläosa
- Liite 8 Pohjanvahvistuskartta, pohjoisosa
- Liite 9 Geotekniset leikkaukset 1-4
- Liite 10 Malmin lentokentän kehitysalue, suositeltavat rakentamiskorkeudet ja rakennusten alapohjarakenteet, Sitowise 1.7.2022
- Liite 11 Puiston pohjanvahvistusten kustannusarvio
- Liite 12 Laskentaraaportti



# 1 Johdanto

Lentoasemanpuisto on Helsinki-Malmin lentokenttäalueelle (Malminkenttä) sijoitettava keskeinen puistoalue, mikä kattaa merkittävän osan vanhojen kiitoteiden alueesta. Lentoasemanpuistosta järjestettiin kansainvälinen suunnittelukilpailu, jonka voitti Maanlumo Oy maaliskuussa 2021. Voittaneen ehdotuksen pohjalta käynnistettiin asemakaavoituksen tueksi puiston yleissuunnittelu joulukuussa 2021 Maanlumon vastatessa puistosuunnittelusta ja Sitowise Oy:n vastatessa geo-, tasaus-, vesihuolto- ja hulevesisuunnittelusta. Suunnittelun lähtökohtana oli puiston kilpailutyön lisäksi aiemman vaiheen suunnitelma "Malmin kaavarunkoalueen vesihuollon, hulevesien ja tasauksen yleissuunnitelmien päivitys" (8.3.2019).

Tässä selostuksessa on esitetty puiston alueen pohjasuhteet, työn aikana tehdyt laskelmat ja alueen pohjanvahvistaminen sisältäen vesihuollon putket ja kaivanot sekä hulevesialtaat. Pohjanvahvistuksista on laadittu kustannusarvio, jonka periaatteita on esitetty selostuksen lopussa. Työtä on tehty yhteistyössä Sitowisen vesihuoltosuunnittelijoiden kanssa. Lentoasemanpuiston maisemasuunnittelusta on vastannut Maanlumo Oy. Vesihuollosta ja puistosta on tehty omat yleissuunnitelmaraportit.

Työhön on olennaisena osana liittynyt alueen tasaussuunnittelu. Lentoasemanpuiston alueella laadittiin yhteistyössä Maanlumon kanssa aiempaa suunnitteluvaihetta tarkempi tasaussuunnitelma sekä suunnitelmat hulevesien tulva-alueiden muodosta ja sijoittumisesta.

Samanaikaisesti yleissuunnittelun kanssa laadittiin Malminkentän alueelle selvitys "Suositeltavat rakentamiskorkeudet ja rakennusten alapohjarakenteet" missä annettiin yleiset ohjeet alimmille rakentamiskorkeuksille huomioiden Longinojan ja hulevesijärjestelmien tulvakorkeudet. Selvitys on tämän raportin liitteenä, liite 10.

Työn on tilannut Helsingin kaupungin Kaupunkiympäristön toimialan Teknistaloudellinen suunnitteluyksikkö, yhteyshenkilönään Kaarina Laakso. Työtä on ohjannut eri kaupungin yksiköiden edustajista koostunut ohjausryhmä, johon kuuluivat mm. Kaarina Laakso, Eija Kivilaakso, Kaisa Jama, Valtteri Heinonen, Tuomo Näränen, Jere Saarikko, Anni Tirri, Asko Aalto, Kimmo Kuisma ja Ilkka Korpi.

## 2 Pohjasuhteet

### 2.1 Pohjatutkimukset

Malmin lentokenttäalueelta on tehty pohjatutkimuksia eri vaiheissa vanhimpien pohjatutkimusten ollessa 1930-luvulta. Aiemmin tehtyjen tutkimusten tiedot on





hankittu Helsingin kaupungin Soili-tietokannasta. Suunnittelualan sisäpuolelta on tehty pohjatutkimuksia yli 200 tutkimuspisteestä. Tässä suunnitelmavaiheessa pohjatutkimuksia ohjelmoitiin 20 pistettä lisää. Pohjatutkimukset tilattiin Helsingin kaupungilta ja tutkimusten suorittamisesta vastasi Stara. Uudet tutkimukset käsittivät 20kpl puristinheijarikairauksia, 10kpl siipikairauksia, 4kpl häiriintymättömiä näytepisteitä sekä yhden häirityn näytepisteen.

Alueelta on aikaisemmin tehty häiriintymättömiä näytteenottoja ja näytteille on tehty ödometrikokeita painumaparametrien selvittämiseksi. Alueelle ohjelmoitiin uusia häiriintymättömien näytteiden tutkimuspisteitä 4 kpl. Aiemmin tehtyjen ödometrikokeiden tulokset on selostettu liitteenä olevassa laskentaselostuksessa, liite 12. Uusien ödometrikokeiden tulokset ovat käytettävissä seuraavassa suunnitteluvaiheessa.

Pohjatutkimuspisteet on esitetty liitteenä olevilla pohjatutkimuskartoilla, liitteet 1. ja 2.

## 2.2 Maaperäkuvaus ja pohjavesi

Suunnitteluala on maastonmuodoiltaan hyvin tasainen ja sijoittuu entisen Malmi lentokenttäalueen eteläosaan. Maanpinta on alueella noin tasojen +14 ja +15 välillä. Pohjavedenpinta on pääosin noin 0,5m – 1,0m syvyydellä maanpinnasta. Pohjavesi on osittain paineellista. Suunnittelualan sisäpuolella on neljä pohjavesiputkea, joista kahdessa pohjaveden pinnan on havaittu nousevan maanpinnan yläpuolelle. Alueen keskiosassa, 2. kiitotien pohjoispuolella sijaitsevassa pohjavesiputkessa pohjavesi on vaihdellut aikavälillä 9/2015 – 10/2021 tasojen +12,86...+14,67 välillä. Maanpinta on putken kohdalla tasolla +14,48, eli pohjavesi on noussut hetkellisesti putkessa maanpinnan yläpuolelle pohjaveden paineen vaikutuksesta. Suunnittelualan eteläosassa, nykyisten lentoaseman rakennusten vieressä sijaitsevassa pohjavesiputkessa pohjavesi on vaihdellut aikavälillä 8/2015 – 6/2021 tasoilla +13,69...+15,19. Maanpinta on putken kohdalla tasolla +14,96. Eli tässä pohjavesiputkessa on myös havaintoja paineellisesta pohjavedestä. Paineellisen pohjaveden havaintoputkien sijainnit esitetty alla olevassa kuvassa.

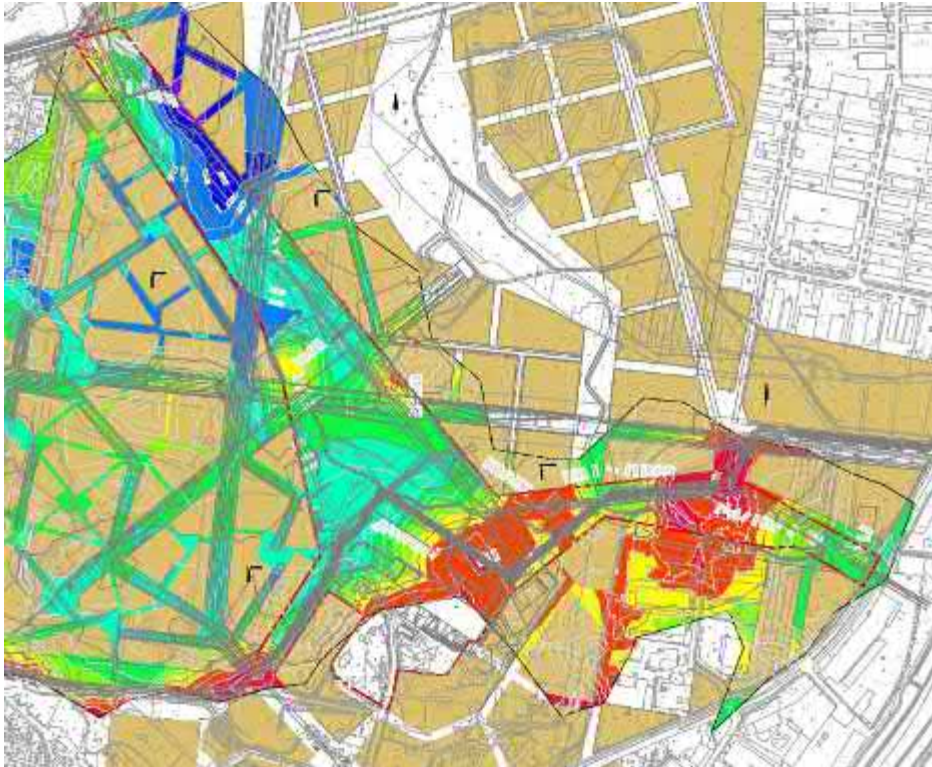




*Kuva 1: Paineellisen pohjaveden havaintoputkien sijainnit*

Päällimmäisenä kerroksena alueella on noin 0,5m – 1,0m kuivakuorisavikerros. Tämän alapuolella on savikko, jonka syvyys vaihtelee pääosin noin 5m – 16m välillä. Syvimmillään savikko on yli 16m suunnittelualan pohjoisosassa. Kuljettaessa pohjoisesta etelään savikon paksuus ohenee ja on alueen keskiosassa noin 8m - 11m. 2. kiitotien eteläpuolella olevien hulevesialtaiden kohdalla savikon syvyys on noin 10m – 12m, jonka jälkeen savikko ohenee kuljettaessa lähemmäksi lentokentän hangaarirakennusta. Savikon paksuus hangaarirakennuksen edessä on vain noin 0m - 3m. Savikon syvyyden vaihtelut on esitetty liitteissä 3 ja 4 sekä alla olevassa kuvassa.





Kuva 2: Savikon syvyys kuvattuna eri väreillä

Saven alapinnan syvyys maanpinnasta			
Numero	Min. syvyys	Max. syvyys	Väri
1	0.000	2.000	Red
2	2.000	4.000	Orange
3	4.000	6.000	Yellow
4	6.000	8.000	Light Green
5	8.000	10.000	Green
6	10.000	12.000	Cyan
7	12.000	14.000	Blue
8	14.000	16.000	Dark Blue
9	16.000	18.000	Purple

Kuva 3: Savikon syvyyskartan värien selitteet

Kuivakuorisaven leikkauslujuus vaihtelee alueelta tehtyjen siipikairausten perusteella noin 20 kPa ja 30 kPa välillä. Kuivakuorisavikerroksen alapuolisen saven voidaan katsoa jakautuvan lujuuden perusteella kahteen kerrokseen.

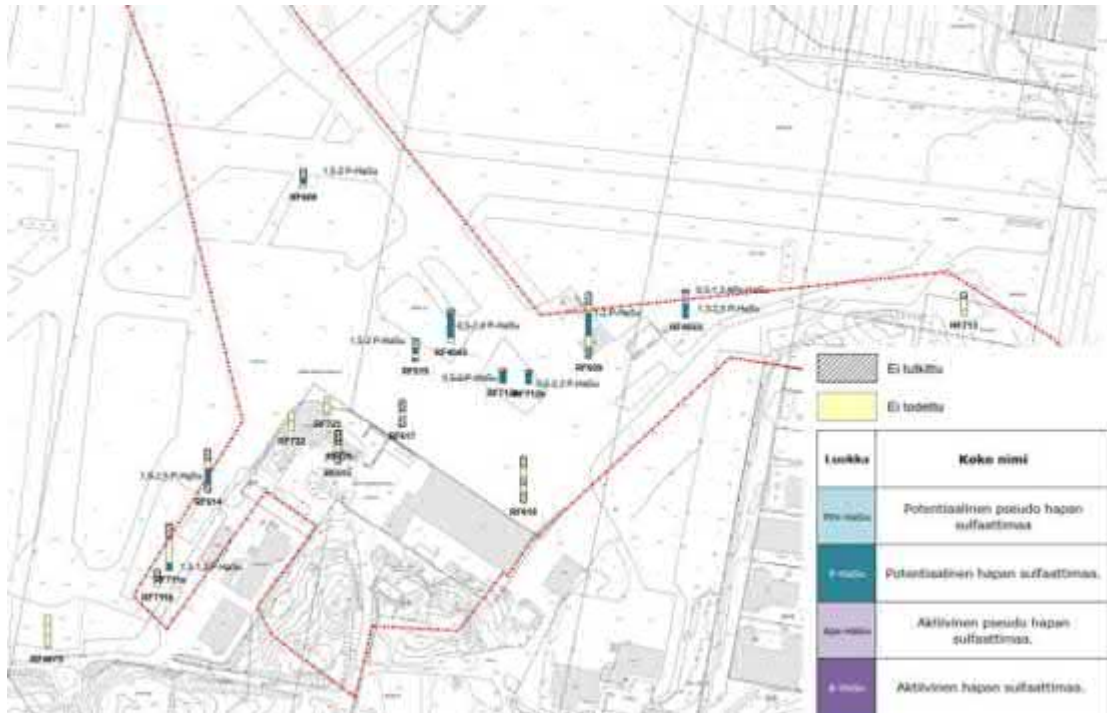


Päällimmäisenä on noin 4 – 7m matkalla on hieman pehmeämpi savikerros, jonka redusoimaton leikkauslujuus vaihtelee välillä 5...9kPa. Tämän alapuolella on hieman lujempi kerros, jonka redusoimaton leikkauslujuus vaihtelee välillä 10...14kPa.

Savikon alapuolella on paikoitellen silttiä tai savista silttiä noin 1-2m, jonka alapuolella on hiekka/moreenikerros kalliopintaan asti. Kalliopinta vaihtelee noin tasojen -10 ja +15 välissä. Ylimmillään kallio on alueen eteläosassa, jossa se on pääosin tasojen +5 ja +12 välissä. Kalliopinta nousee myös aivan alueen pohjoisnurkassa lähemmäksi maanpintaa.

## 2.3 Happamat sulfaattimaat

Ramboll tekee lentokenttäalueella happamien sulfaattimaiden tutkimuksia ja ylläpitää HASU-tietokantaa, joka päivittyy sitä mukaa kun saadaan tutkimustuloksia. Aktiivisia happamia sulfaattimaita on raportin kirjoitushetkellä todettu lentokenttäalueen koillisnurkassa. Lentoasemanpuiston suunnittelualueella on todettu potentiaalisia happamia sulfaattimaita sekä aktiivisia pseudo happamia sulfaattimaita. Alla olevassa kuvassa on esitetty tutkimuspisteiden sijainnit.



Kuva 4: Happamien sulfaattimaiden tutkimukset lentoasemanpuiston suunnittelualueella (Ramboll)

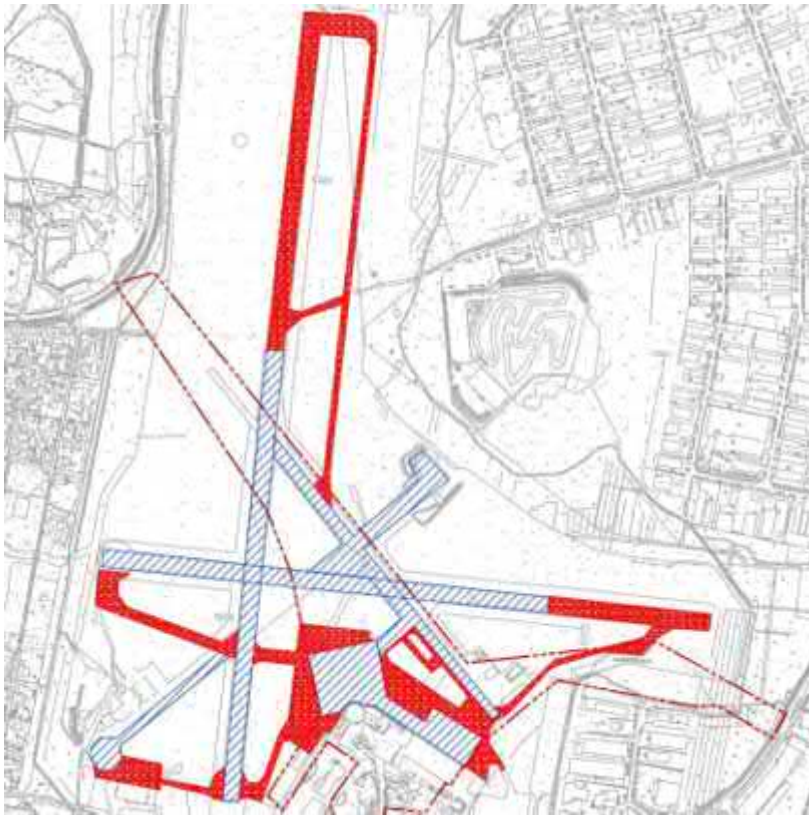




### 3 Nykyiset rakenteet

#### 3.1 Kiitotiet

Nykyisten kiito- ja rullausteiden rakennekerrosten paksuudet vaihtelevat noin 300mm ja 700mm välillä. Ilmailulaitoksen arkistokuvien mukaan kentän rakenteet koostuvat noin 100 - 200mm sorakerroksesta, jonka päällä on paikoitellen noin 130mm - 150mm betonilaattarakenne tai maksimissaan noin 250mm paksu murskerakkeros. Päälysrakenteena on asfaltti. Alla olevassa kuvassa sinisellä värillä on kuvattu alueet, joissa asfalttipinnan alapuolella on betonilaattarakenne ja punaisella alueet, joissa asfalttipinnan alla on murskerakenne.



*Kuva 5: Kentän nykyiset rakennekerrokset: betonirakenne sinisellä, sora/murskerakenne punaisella*

Nykyiset kiito- ja rullausteiden rakenteet tullaan pääosin poistamaan koko suunnittelualueella, jotta pohjanvahvistuskartoissa esitetyt pohjanvahvistustoimenpiteet saadaan suoritettua (Liitteet 7 ja 8). Puistosuunnitelmassa säilyväksi rakenteeksi on esitetty 1. ja 2. kiitotien väliin jäävä alue suunnitellun sillan alapuolella. Tämä alue on esitetty alla olevassa kuvassa.





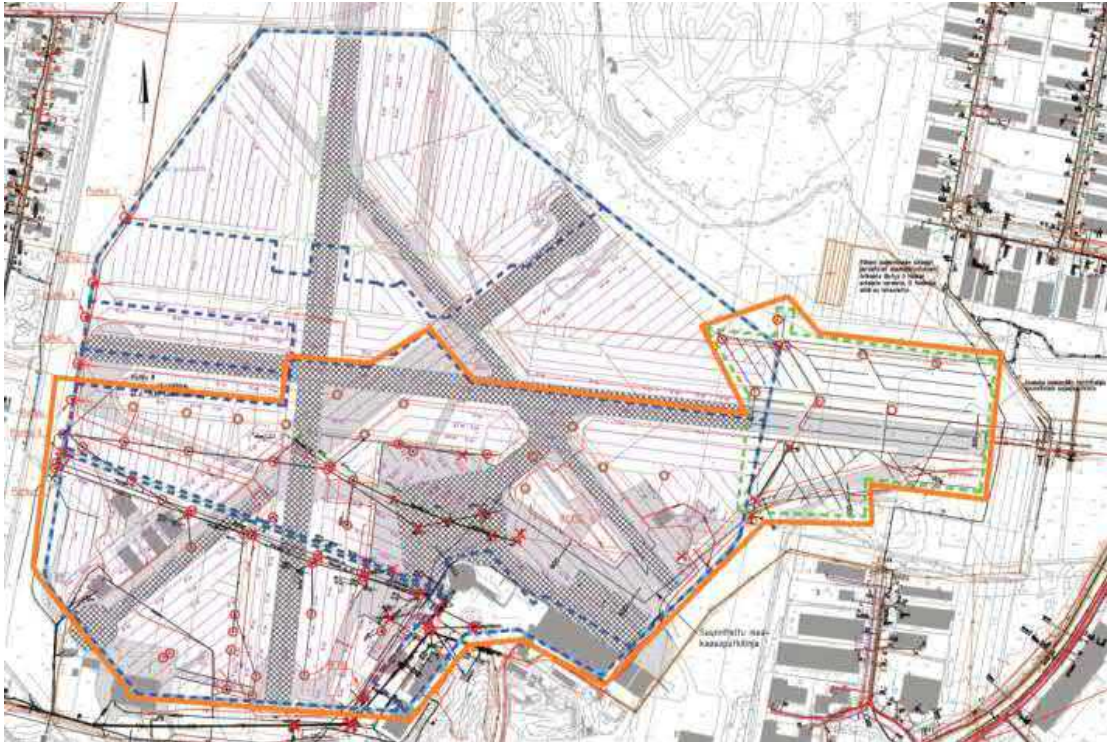
Kuva 6: Säilyvät rakenteet

### 3.2 Salaojat

Lentokentän alueella sijaitsee runsaasti nykyisiä salaojia ja niiden kokoojaviemäreitä, joilla kenttäaluetta on kuivatettu. Salaojien on todettu olevan saviputkia. Vanhojen suunnitelmien perusteella putkia ja kaivoja on perustettu hirsiarinoiden varaan. Salaojat sijaitsevat 1-2 m syvyydellä maan pinnasta. Kohdissa, joissa salaojan päällä on alle 1,1 m täyttöä, putken lämpöeristeenä on käytetty kokosikuonaa tai muuta lämpöeristettä. Ramboll on tehnyt alueella koekuoppia ja kartoituksia salaojien paikallistamiseksi. Kartoitustyö jatkuu edelleen ja tietoa kerätään lisää. Alla olevassa kartassa on oranssilla rajattu ensimmäisen vaiheen tutkimusalue.

Nykyiset salaojat poistetaan käytöstä kun aluetta rakennetaan. Ne joko kaivetaan kokonaan pois tai tulpataan, riippuen siitä häiritsevätkö ne rakentamista tai tulevaa kuivatusjärjestelyä.





Kuva 7: Lentokenttäalueen nykyiset salaojat ja ensimmäisen vaiheen tutkimus-alue (Ramboll)

## 4 Puiston tasaus

Suunnittelutyön aikana on päivitetty koko Malminkentän alueen yleistasausta. Tasaussuunnittelun pohjana käytettiin alkuvuodesta 2019 valmistuneen edellisen suunnitteluvaiheen tasausvaihtoehtoa VE2. Tasauksen reunaehdot ovat pääosin samat kuin aiemmassa suunnitteluvaiheessa: alueen tulee reunoiltaan kytkeytyä nykyisiin rakennettuihin alueisiin sekä olemassa oleviin vesihuoltolinjoihin ja avo- ojiin. Tasauksen reunaehdot ja päivitetty yleistasaus sekä leikkaus- ja täyttömas- sat on esitetty vesihuollon yleissuunnitelmaselostuksessa.

Puiston tasausta on työn aikana yhteensovitettu hulevesi-, vesihuolto-, puisto- ja pohjanvahvistussuunnittelijoiden toimesta. Korkeampia täyttöjä on siirretty pois syvimpien savikoiden kohdalta ja hulevesialtaiden muotoa on määritetty stabili- teettilaskentojen perusteella.

Puiston tasauksen johdosta tarvittavat maapohjan leikkaukset ja täytöt on esi- tetty liitteinä olevilla kartoilla liitteet 5.-6. Kartoilla on esitetty väriskaaloilla ta- sausmuutos verrattuna nykyiseen maanpintaan. Lisäksi on esitetty savikon sy- vyyskäyrästä.



## 5 Laskelmat

### 5.1 Tehdyt laskelmat

Suunnittelun yhteydessä on tehty painumalaskelmia lentokenttäalueelta eri paksuisilta savikoilta sekä stabiliteettilaskelmia alueelle suunniteltujen hulevesialtaiden ja maastokumpujen kohdalta. Lisäksi on tehty rakennekerrospaksuus mitoituksia sekä kantavuuslaskelmia.

#### 5.1.1 Painumalaskelmat

Painumalaskelmia on tehty suunnittelualueen keskiosasta, mihin korkeimmat suunnitellut maastokummut sijoittuvat. Painumia on myös laskettu pohjoisosasta, jossa savikko on syvimmillään. Lisäksi painumia on arvioitu eri pengerkorkeuksille sekä luonnontilaiselle, että stabiloidulle pohjamaalle.

Painumia laskettiin aluksi useilla eri parametreillä, jonka seurauksena valikoitiin jatkolaskelmissa käytettävät painumaparametrit. (ks. laskentaraaportti painumalaskennat 1-4). Luonnontilaisella pohjamaalla eri pengerkorkeuksille lasketuista painumista huomattiin, että pohjamaa ei juurikaan kestä ilman vahvistuksia suunniteltujen rakenteiden myötä tulevia täyttöjä. Painumat alkavat olla jo 0,5m – 1,0m pengerkorkeuksilla merkittäviä (ks. laskentaraaportti painumalaskenta 5).

Pohjoisosan painumalaskelmat osoittivat sen, että suurimpia maastokumpuja ei kannata sijoittaa syvimpien savikoiden kohdalle. Savikon syvyys vaikuttaa painumien suuruuteen sekä stabiloinnin kustannuksiin. Syvemmällä savikolla stabiloinnilta vaaditaan tiheämpi kk-väli ja pilarien pituudet ovat muutenkin suurempia kovan pohjan ollessa syvemmällä. (Ks. laskentaraaportti painumalaskennat 6 ja 7).

Painumakriteerit on esitetty kappaleessa 5.2.

#### 5.1.2 Stabiliteettilaskelmat

Stabiliteettilaskelmia on tehty suunnittelualueen pohjoisosan maastokumpujen kohdalta sekä alueen keskiosasta, mihin sijoittuvat suunnitellut hulevesialtaat ja maastokummut. Laskelmia on tehty luonnontilaiselle maaperälle sekä stabiloidulle maaperälle, stabiloidun maaperän vaadittavan lujuuden arvioimiseksi.

Keskiosan altaiden ja kumpareiden kokonaisvarmuuden arvoksi ilman vahvistuksia saadaan stabiliteettilaskelmien perusteella luokkaa  $F = 0,92 - 1,36$  (ks. laskentaselostus stabiliteettilaskennat 1-3 ja 10). Kokonaisvarmuus ei ole riittävä, jonka seurauksena laskelmia on tehty myös lamellistabiloidulle pohjamaalle. Stabiloidun pohjamaan lujuutta arvioidessa kokonaisvarmuudelle on käytetty tavoitteena arvoa  $F=1,8$ . Tällöin stabiloidun alueen vaadittavaksi leikkauslujuudeksi saadaan luokkaa 28 – 35kPa (ks. laskentaselostus stabiliteettilaskennat 4-7).





Pohjoisosan maastokumpareen kokonaisvarmuus on ilman vahvistuksia 1,13.  $F=1,8$  kokonaisvarmuus saavutetaan lamellistabiloinnilla ja laskelmien mukaan stabiloidun alueen leikkauslujuus tulee olla noin 22kPa (stabiliteettilaskennat 8 ja 9).

### 5.1.3 Kantavuuslaskelmat

Katujen ja puistoraittien kantavuuksia on tarkasteltu tapauksessa, jossa noin keran 100 vuodessa tapahtuvassa tulvatilanteessa vesi nousee alimmissa kohdissa olevien katujen ja raittien rakennekerrosten tasolle kastellen niiden alaosan.

Alueilla, joissa kadun rakennekerrosten alapinta on pohja-/orsiveden korkeustasolla, asennetaan rakennekerrosten alapinnan tasolle salaojat, jotta katurakenne pysyy kuivana. Pinnantasaus on esimerkiksi Lentoasemanpuiston alueella katujen kohdalla alimmillaan tasolla +15,0 ja pohjavedenpinta vaihtelee noin tasovälillä +13,6-+14,1. Tulvatilanteessa 1/100 vuodessa toistuvan tulvan osalta tulvakorkeus on +14,6, jolloin vesi pääsee hulevesiviemäreitä ja niihin liitettyjä salaojia pitkin katurakenteeseen (noin 0,8-1,0 korkuinen). Näin ollen päällysrakennekerrokset ovat tulvatilanteessa hetkellisesti märkiä.

Katujen kantavuusmitoituksessa periaatteena on, että päällysrakennekerrokset ovat kuivia. Tulvatilanteessa tapahtuva rakennekerrosten kastuminen heikentää kadun kantavuutta. Kantavuuden heikkenemisen osalta on tehty kantavuuslaskelmia, joissa määrän jakavan kerroksen E-moduulia on pienennetty puoleen kuivan kerroksen E-moduuliin arvosta.

Laskelmat on esitetty raportissa *Malmin lentokentän kehitysalue, suositeltavat rakentamiskorkeudet ja rakennusten alapohjarakenteet, Sitowise 1.7.2022*. liite 10. Tehtyjen laskelmien perusteella jakavan kerroksen märkyys ei pienennä kadun kantavuutta niin paljon, että siitä olisi liikenteellisesti haittaa. Mahdolliset päällystevauriot voidaan tulvatilanteen jälkeen korjata.

## 5.2 Painumakriteerit

Kadun suunnittelun ohjeissa Katu2020 on esitetty katujen sallitut painumat. Malmin alueelle on määritelty yhdessä tilaajan kanssa tiukemmat painumakriteerit, koska kyseessä on laaja savikkoalue, johon tehdään tulevana vuosina paljon esirakentamista. Alueesta halutaan muodostuvan laadukas ja rakenteiltaan kestävä kokonaisuus.

Pohjanvahvistusten mitoituksessa käytettävät suurimmat sallitut painumat on esitetty alla:

### **Puistoalueet**

- Asfaltoidut alueet (joissa ei ole putkia) 150 mm/ 20 vuodessa
- Kivetyt alueet 100 mm/ 20 vuodessa
- Nurmialueet ja kumpareet 300 mm/20 v
- Puistokäytävät (sora/kivituhkapintaiset) 200 mm/ 20 vuodessa



### **Kadut ja kortteleiden piha-alueet**

- Pääkadut, joissa on putkia 100 mm/ 100 vuodessa
- Pihat 100 mm/ 100 vuodessa

## **6 Esirakentaminen**

Lentoasemanpuiston esirakentamistarpeet on määritetty geoteknisten laskentojen perusteella. Esirakentamistapoina ovat pääosin pilari- ja lamellistabilointi. Lisäksi on käytetty paalulaattaa, kevennystä ja massanvaihtoa sekä puupaalutusta. Hulevesialtaiden leikkauspohjan vahvistukseksi on esitetty geolujitetta. Pohjanvahvistetut alueet on esitetty pohjanvahvistuskartoissa liitteissä 7. ja 8. Pohjasuhteet ja pohjanvahvistukset on esitetty myös geoteknisissä poikkileikkauksissa, joita on alueelta tehty 4 kpl, liite 9.

### **6.1 Stabilointi**

#### **6.1.1 Pilaristabilointi**

Suurin osa puistoalueen päällystetyistä puistoraiteista tai leikki- ja oleskelualueista on esitetty pilaristabiloitavaksi. Pilaristabiloitujen alueiden määrittämisessä on huomioitu puiston suunniteltu tasaus sekä savikon syvyys. Alueet, missä tasauksen noususta johtuvat painumat ylittävät painumakriteerit on lähtökohtaisesti esitetty pilaristabiloinnille. Nämä alueet vastaavat yli 0,5m tasauksen nousua asfaltoiduilla ja kivetetyillä alueilla sekä puistokäytävillä. Myös osa nurmialueista, missä tasauksen nousut ovat yli 1,0m on esitetty pilaristabiloinnille.

Alueelle tulevat vesihuollon putket on myös esitetty pilaristabiloitavaksi niiltä osin, missä putket ovat alle 3m syvyydessä suunnitellusta tasauksesta. (ks. liitteet 5-8). Putkien alle tehdään murskearina ja tasauskerros.

#### **6.1.2 Lamellistabilointi**

Lamellistabilointia on esitetty suunnittelualueen pohjois- ja keskiosan maastokumpujen alle sekä syvimmän hulevesialtaan ja kaavaillun korttelialueen väliin. Näillä alueilla on pilaristabilointi korvattu lamellistabiloinnilla, koska pilarimaisessa stabiloinnissa ei saa ottaa liukupinnan passiivipuolen pilarilujuutta huomioon. Kokonaisvarmuus on heikko ilman vahvistuksia tehdyissä stabiliteetilaskelmissa ja tasauksen nousu on korkeimmillaan jopa 3 – 4 m luokkaa.

### **6.2 Paalulaatta**

Alueelle suunnitellut sillat ja tukimuurirakenteet on lähtökohtaisesti esitetty perustettavan paalulaatalle. Lisäksi alueelle tulevat putkilinjat tulee perustaa tietyissä tapauksissa paalulaatan varaan. Niihin kohtiin, missä suunniteltujen



putkien vesijuoksujen korko on yli 3m syvyydellä suunnitellusta tasauksesta, on putket esitetty perustettavaksi paalulaatalle.

### 6.3 Massanvaihto

Massanvaihtoa on esitetty pohjanvahvistettaville alueille, missä savikko on matalampi ja massanvaihdon syvyys on maksimissaan noin 1 – 3m nykyisestä maanpinnasta. Suunnittelualan eteläosaan suunnitellut pelikenttä ja koripallokentät sijaitsevat tämän hetken pohjatutkimustiedon mukaan matalalla savikolla, jossa massanvaihdolla voisi korvata pilaristabiloinnin.

### 6.4 Puupaalut

Puupaaluja on esitetty käytettäväksi hulevesialtaiden läpi menevän huoltoteiden pohjanvahvistukseksi. Puupaalujen yhteydessä tulee käyttää myös geolujitettua murskekerrosta puupaalujen päällä. Puupaalujen tulee sijaita kokonaan pohjavedenpinnan alapuolella. Huoltotien lisäksi puupaaluja on mahdollista käyttää myös suunnittelualan pohjoisosan nurmialueiden tai kevyempien silta- tai laiturirakenteiden pohjanvahvistustapana.

### 6.5 Kevennys

Päällystettyjen puistokäytävien pohjanvahvistuksena on käytetty kevennystä, kun tasaus nousee nykyisestä alle 0,5m.

### 6.6 Esikuormitus ja pystyjoitus

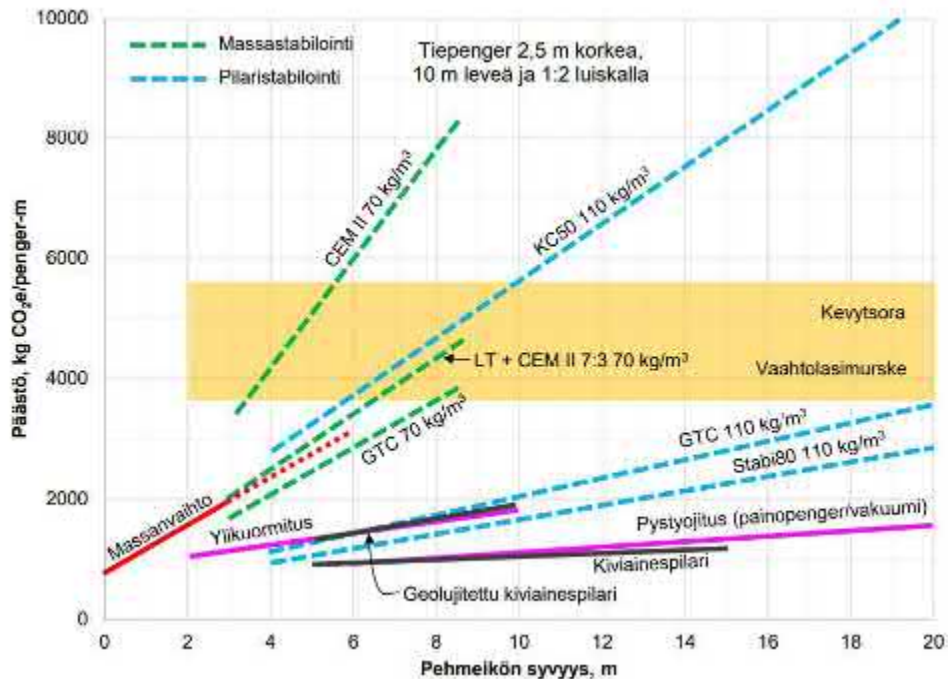
Ramboll on tehnyt Malmin lentokenttäalueelle vähähiilisen esirakentamisen esiselvityksen *Esirakentamisen esiselvitys, Ramboll 23.8.2021*. Selvityksessä on käyty läpi eri pohjanvahvistusmenetelmiä. Esikuormituksen ja pystyjoituksen osalta on tehty laskelmia 10 m syvyydelle savikolle ja tarkasteltu esikuormitusajkoja/painumia sekä luonnontilaiselle että pystyjoitetulle savikolle. Tämän työn yhteydessä esikuormitusta ja pystyjoitusta ei käytetty pohjanvahvistusmenetelmänä.

### 6.7 Esirakentamisen vähähiilisyys

Esirakentamisen vähähiilisyyteen voidaan vaikuttaa tarkemmalla suunnittelulla, esirakentamisen ennakoivalla aikataulutamisella, rakentamisen vaiheistamisella, vähäpäästöisten menetelmien suosimisella sekä menetelmäkehityksellä (Ramboll, Esirakentamisen esiselvitys, 23.8.2021). Esimerkiksi syvästabiloinnin päästöjä voidaan vähentää noin 2/3 osaa kun valitaan stabiloinnin sideaineeksi kalkki-sementin sijaan sideaine, jossa on käytetty uusiomateriaaleja kuten tuhkaa (esim. GTC ja Stabi80). Lentokentän etelä ja pohjoisosissa tehdään koestabilointeja eri sideaineilla. Uusiosideaineiden lujuusominaisuuksista saadaan tarkempaa tietoa koestabilointien yhteydessä. Uusiomateriaaleja voidaan käyttää, kun niiden lujuusominaisuudet ovat riittävät kunkin kohteen vaatimuksiin nähden.



Alla olevassa, Elis Kiven diplomityössä (Pohjanvahvistusmenetelmät Suomessa – käyttömäärät ja hiilijalanjälki, 2021) esitettyssä kaaviossa on esitetty eri pohjanvahvistusmenetelmien päästöjä Pohjois-Helsingin alueella.



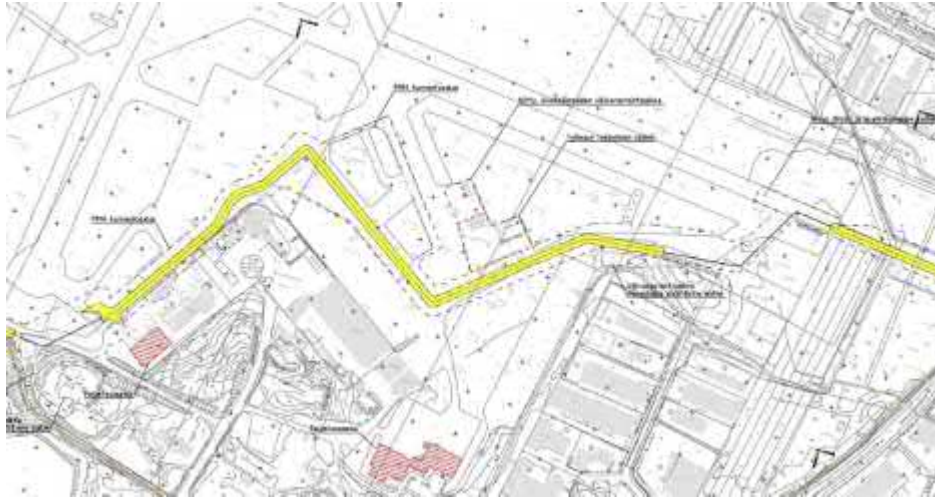
Kuva 8: Eri pohjanvahvistusmenetelmien päästöjä Pohjois-Helsingin alueella

## 7 Sillat ja muut rakenteet

### 7.1 Maakaasuputki

Suunnittelualueen eteläosaan on suunniteltu uusi maakaasuputki (FCG). Maakaasuputki on suurimmaksi osaksi esitetty stabiloitavaksi lentoasemanpuiston suunnittelualueella. Maakaasuputki on huomioitava lentoasemanpuiston esirakentamisessa ja valmiin maakaasuputken lähellä rakennettaessa on noudatettava putken omistajan (Gasum) määräyksiä ja ohjeita. Suoja-alue on putken molemmin puolin vähintään 5m. Alla olevassa kuvassa on esitetty maakaasuputken suunniteltu sijainti. Kaasuputkilinja on esitetty myös liitteessä 7. eteläosan pohjanvahvistuskartalla.





Kuva 9: Lentokenttäalueelle suunniteltu maakaasuputki (FCG)

Maakaasuputkeen liittyvä anodikenttä on suunniteltu sijoitettavan alueen keskiosaan, 1., 2. ja 4. kiitoteiden väliin jäävän alueen sisälle. Anodikenttä sijoitetaan vahvistamattomalle savikolle.

## 7.2 Sillat

Lentoasemanpuiston keskiosaan on suunnitteilla 1. kiitotien suuntainen silta, joka lähtee 2. kiitotien eteläpuolella sijaitsevilta maastokummuilta ja päättyy noin 250m päähän 1. kiitotielle. Tässä vaiheessa sillan eteläpään taustapenger on esitetty perustettavan paalulaatalle. Kaikki sillan tuet perustetaan tukipaaluille. Paalutuksen laajuus ja sillan muut rakenteet tarkentuvat jatkosuunnitteluvaiheissa.

Puistoon on esitetty myös muita pienempiä siltarakenteita. Pienempiä siltoja on sijoitettu ylittämään hulevesialtaita terminaali- sekä tapahtuma-aukion ja 1. kiitotien välillä. Nämä on esitetty pohjanvahvistuskartassa paalutettavaksi (liitteet 7 ja 8).

## 7.3 Tukimuurit

Puistoon tulevat tukimuurirakenteet on lähtökohtaisesti esitetty paalutettaviksi. Tukimuureja on suunnitteilla puistoon ainakin keskiosan hulevesialueiden länsipuolelle sekä 2. kiitotien ja tämän pohjoispuolella olevan hulevesipainanteen väliin.

## 7.4 Jäteveden pumppaamo

1. ja 3. kiitotien risteyskohdan pohjoispuolelle on tulossa jäteveden pumppaamo. Pumppaamo on esitetty tässä suunnitteluvaiheessa paalutettavaksi. Pumppaamokaivanto tuetaan teräsponttiseinin. Paalutuksen laajuus tarkentuu jatkosuunnitteluvaiheissa.



## 7.5 Kentät

Puiston eteläosaan on esitetty rakennettavaksi hiekkatekonurmipintainen pelikenttä sekä kaksi asfalttipintaista koripallokenttää. Kentät sijaitsevat suurimaksi osaksi matalan savikon päällä ja ne on esitetty rakennettavaksi massanvaihdon varaan. Hiekkatekonurmipelikenttä sijoittuu suunnitellun maakaasuputken päälle ja tämä on huomioitava kentän pohjarakenteiden rakentamisessa. Monitoimikenttä on suunniteltu sijoittuvan tekonurmipelikentän itäpuolelle tai vaihtoehtoisesti puiston pohjoisosaan. Monitoimikenttä on esitetty pilaristabiloitavaksi.

## 7.6 Terminaalinaukio

Terminaalirakennuksen edustalla oleva aukio on nykyisellään painunut ja sen pintaa tullaan korottamaan. Aukio on esitetty pilaristabiloitavaksi korotettavalta alueelta.

## 7.7 Muut rakenteet

Puiston alueelle on tulossa portteja ja isoja leikkivälineitä. Niiden perustaminen tarkentuu jatkosuunnitteluvaiheissa.

# 8 Kustannuslaskennan periaatteet

## 8.1 Pilaristabilointi

Pilaristabiloinnin pilareiden k/k välejä on arvioitu stabiloidun pohjamaan painumalaskentojen perusteella (ks. laskentaraaportti painumalaskenta 7). Laskennoissa on käytetty halkaisijaltaan 700mm suuruisia pilareita ja pilareiden leikkauslujuutena on käytetty 80kPa. Laskennan tuloksena on saatu arviot vaadittavista pilarien kk-väleistä eri pengerkorkeuksille. Tämän perusteella on arvioitu stabiloinnin kustannuksia neliometriä kohden. Stabiloinnin yksikkökustannuksena on käytetty arvoa 12€/m. Laskennan tuloksena on saatu alla oleva taulukko. Taulukon avulla on arvioitu pohjanvahvistuskartoissa esitetyille pilaristabiloitaville alueille kustannukset huomioiden tasauksen nousun ja savikon syvyyden (liitteet 7 ja 8).



Taulukko 1: Stabiloinnin kustannukset eri pengerkorkeuksilla ja savikon syvyyksillä

Kuorma (kPa)	Kuormaa vastaava pengerkorkeus (m)	Savikko 5m			Savikko 10m			Savikko 15m		
		Vaadittava kk-väli	painuma kk-väliillä (m)	Kustannus (€/m <sup>2</sup> )	Vaadittava kk-väli	painuma kk-väliillä (m)	Kustannus (€/m <sup>2</sup> )	Vaadittava kk-väli	painuma kk-väliillä (m)	Kustannus (€/m <sup>2</sup> )
10	0,5									
20	1	*)			*)			*)		
30	1,5	1,4	0,045	30,6	1,4	0,098	61,2	1,4	0,151	91,8
40	2	1,4	0,067	30,6	1,4	0,138	61,2	1,3	0,182	106,5
50	2,5	1,2	0,064	41,7	1,2	0,133	83,3	1,1	0,173	148,8
60	3	1,1	0,073	49,6	1,1	0,145	99,2	1,0	0,177	180,0
70	3,5	1,0	0,073	60,0	1	0,143	120,0	0,9	0,172	222,2
80	4	0,9	0,064	74,1	0,9	0,13	148,1	0,9	0,197	222,2
90	4,5	0,8	0,058	93,8	0,8	0,119	187,5	0,8	0,179	281,3
100	5	0,8	0,065	93,8	0,8	0,132	187,5	0,8	0,2	281,3

\*) pilariväli kasvaa liiaan suureksi

## 8.2 Lamellistabilointi

Lamellistabiloinnin pilareiden k/k välejä on arvioitu stabiliteettilaskelmien avulla. Stabiliteettilaskelmilla on saatu määritettyä hulevesialtaiden reunalle tai maastokumpujen alle tulevien stabiloitujen alueiden vaadittavat lujuudet (ks. laskentareportin stabiliteettilaskennat 4 - 7 ja 9). Stabiloidun alueen lujuuden perusteella on laskettu tarvittava lamelliväli Liikenneviraston ohjeen 17/2018 "Syvästabiloinnin suunnittelu" mukaan. Lamelliväli on laskettu 700mm pilareille, 100mm limityksellä ja 80kPa pilarilujuudella. Pohjoisen maastokummun stabiloinnin lamelliväliksi on saatu 2,1m ja keskiosan maastokummulle 1,6m. Keskiosan hulevesialtaan länsireunan stabiloinnille on saatu lamelliväliksi 1,3m. Näiden lamellivälien perusteella on arvioitu pohjanvahvistuskartoissa esitettyjen lamellistabiloitavien alueiden stabilointimäärät savikon syvyyden mukaan (liitteet 7 ja 8).

## 8.3 Paalulaatta (Putkilinjat)

Kustannuslaskelmissa kaikki putkilinjat, joiden vesijuoksu sijoittuu yli 3,0m syvyydelle tulevasta tasauksesta, on laskettu perustettavan paalulaatalle. Putkilinjojen paalulaattojen leveys on määritetty putkikaivannon leveyden mukaan. Laskennoissa käytetty laatan leveys vaihtelee kaivantoon tulevien putkien lukumäärän mukaan noin 2m ja 3,5m välillä. Laskennoissa on käytetty RTB-300 teräsbeetonipaaluja. Paalumetrejä on arvioitu paalulaatan pituuden ja kovan pohjan sijainnin perusteella. Kahdesta paalusta koostuvien paalurivien kk-välinä on käytetty 2,5m.

## 8.4 Massanvaihto

Massanvaihtoa on suunniteltu kohtiin, missä savikon syvyys on matalampi. Massanvaihdon massat on laskettu massanvaihdettavan alueen pinta-alan ja keskimääräisen savikon syvyyden mukaan. Puiston eteläosaan suunnitellun pelikentän kohdalla massanvaihdon syvyytenä on laskennoissa käytetty 2,5m. Massanvaihto





koostuu massanvaihtoon kuuluvista kaivuista, massojen poiskuljetuksesta sekä täytöistä kovaan pohjaan.

## 8.5 Puupaalut

Hulevesialtaiden läpi kulkeva huoltotie on suunniteltu perustettavan puupaalujen varaan. Puupaalujen paalupituuksia on arvioitu vahvistettavan alueen pinta-alan ja puupaalujen arvioidun tunkeutumissyvyyden mukaan. Puupaalujen kk-välinä on käytetty 1,0m.

## 8.6 Kevennys

Puiston päällystettävät alueet, joissa tasaus nousee korkeintaan 0,5m on suunniteltu kevennettäväksi. Kevennysmateriaalin massamääriä on arvioitu kevennettävien alueiden pinta-alojen mukaan. Kevennyspaksuutena on käytetty 700mm. Kustannuslaskelmissa on kevennysmateriaalina käytetty vaahtolasi-mursketta.

## 8.7 Putkikaivantojen tuennat

Putkikaivantojen tuentoina on kustannuslaskelmissa käytetty sekä ponttiseiniä, että kaivantotukielementtejä. Kaivantotukielementtejä on käytetty putkikaivantojen ollessa alle 2,0m syviä. Muutoin tuennat on laskettu tehtäväksi ponttiseinillä. Ponttiseiniä seinäneliöitä on arvioitu putkikaivantojen pituuksien sekä saven syvyyden mukaan. Pontit on oletettu upotettavan 1,0m saven alapinnan alapuolelle.

## 8.8 Alueelliset täytöt ja leikkaukset

Alueellisten täyttöjen ja leikkausten kustannus- ja määrälaskentojen perusteet on selostettu tarkemmin vesihuollon yleissuunnitelmaselostuksessa. Lentokenttäalueelta leikattavat massat ovat pääosin poiskuljetettavaa savea. Kustannusarviossa on huomioitu leikkausmassojen poiskuljetus 30-50 km päähän, mutta ei leikkausmassojen mahdollisia vastaanottomaksuja. Puistoalueelle ei määritetty yksityiskohtaisesti jakavan ja kantavan kerroksen vahvuuksia vaan laskennassa käytettiin keskimääräistä arvoa 500 mm jakavan ja kantavan kerroksen yhdistelmälle.

## 8.9 Kooste kustannuksista

Putkien perustamisen ja niiden kaivantojen tuennan kustannukset on esitetty Lentoasemanpuiston vesihuollon yleissuunnitelmaselostuksessa.

Kustannusarvioissa käytettiin Helsingin yleissuunnitteluohjeen mukaisia hankekertoimia, jotka on esitetty taulukossa alla.





Taulukko 2: Hanketehtävien kertoimet

Työmaatehtävät	
Rakentamisen johtotehtävät	5 %
Urakoitsijan yritystehtävät	10 %
Rakentamisen työmaatehtävät ja erityiset työmaakulut	2 %
Työmaapalvelut	2 %
Työmaan kalusto	1 %
Tilaaitehtävät	
Suunnittelu	10 %
Rakennuttaminen	7 %
Varaukset	15 %

Puiston pohjanvahvistusten kustannukset on esitetty liitteessä 11.

## 9 Jatkotoimenpiteet

### 9.1 Pohjatutkimukset

Yleissuunnitelmavaiheessa on ohjelmoitu tutkimuksia niin, että on keskitytty pääosin laskentaparametrien tarkentamiseen. *Raportin kirjoitusvaiheessa kaikkia tuloksia ei ole ollut saatavilla ja raporttia päivitetään vielä niiden osalta.*

Jatkosuunnittelussa tulee tehdä lisää tutkimuksia savikon reuna-alueilta ja silta ym. muiden rakenteiden kohdalta.

### 9.2 Kaivumaiden ja kaivantovesien laatu

Seuraavissa suunnitteluvaiheissa happamien sulfaattimaiden tutkimustulokset täydentyvät ja saadaan lisää tietoa kaivumaiden laadun määrittelemiseksi. Alueen rakentamiseen kelpaamattomien kaivumaiden poiskuljetus tulee muodostamaan ison kustannuserän alueen rakennuskustannuksiin.

Kaivantovesien johtaminen pois rakennuspaikalta vaatii viivytystä ja laaduntarkkailua, jotta Longinojaan johdetut vedet ovat riittävän puhtaita.

### 9.3 Pohjavesi

Alueella ja sen ympäristössä on paineellista pohjavettä. Paineellinen pohjavesi tulee huomioida jatkosuunnittelussa, esim. putkikaivantoja suunniteltaessa. Paineellinen pohjavesi vaikuttaa myös stabilointityöhön ja paalutuksiin, kun savi-patja läpäistään. Riskinä on pysyvä pohjaveden vuoto paalua tai pilaria pitkin.

Alueilla, missä tasaus on alhaisimmillaan, tulee katurakenteet salaojittaa. Näissä kohdin orsi- ja pohjavedenpinta tulee jonkin verran alenemaan pysyvästi.



## 9.4 Happamat sulfaattimaat

Mikäli kohteella kaivetaan happamien sulfaattimaiden alueella, tulee happamien sulfaattimaiden käsittelyyn kiinnittää erityistä huomiota. Kaivettua hapanta sulfaattimaata ei tule välivarastoida kohteella pidempijaksoisesti. Happamat sulfaattimaat toimitetaan ensisijaisesti maa-ainesten vastaanottoaikaan saman työvuoron aikana. Maa-ainesten vastaanottoaikaan on oltava lupa ottaa vastaan happamia sulfaattimaita.

Mikäli happamia sulfaattimaita joudutaan varastoimaan kohteen alueella, maat peitetään. Hapan sulfaattimaa läjitetään asfaltoidulle alueelle tai pressun päälle, jonka jälkeen kasat myös peitetään pressulla. Peittämisellä vähennetään maa-aineksen hapettumista ja sitä, että mahdollinen sadevesi pääsee huuhtomaan hapettunutta pintakerrosta. Happaman sulfaattimaan pitkäaikaisempi välivarastointi toteutetaan sille osoitetulla alueella.

Happamat sulfaattimaat voidaan sijoittaa tarpeen vaatiessa saman työvuoron aikana takaisin samaan kaivantoon, josta ne on poistettu. Kaivantoon takaisin sijoitettaessa tulee säilyttää mahdollisuuksien mukaan alkuperäinen kerrosjärjestys. Takaisin kaivantoon sijoitettu hapan sulfaattimaa tulee peittää vähintään 0,2 m paksulla tiiviillä happoa tuottamattomalla tavanomaisella maakerroksella. Tiivis tavanomainen maapeite estää takaisin kaivantoon sijoitetun happaman sulfaattimaan hapettumista ja esimerkiksi sadevesien pääsyä huuhtomaan hapanta sulfaattimaakerrosta.

Kohteen alueilla, joilla ei kaiveta maata, mutta joilla suoritetaan esimerkiksi stabilointia tai paalutusta, ei happamien sulfaattimaiden käsittelyyn tarvitse kiinnittää erityistä huomiota. Stabiloinnissa tai paalutuksessa ilmakehän happi saattaa kuitenkin päästä kosketuksiin syvempien maakerrosten kanssa ja siten käynnistää haponmuodostuksen sulfaattimaa-alueilla. Alueen haponmuodostusta tulee tällöin tarkkailla kohteen alueelta pumpattavien työmaa- ja kaivantovesien pH:n seurantaohjelmalla.

Alueilla, joilla on happamien sulfaattimaiden esiintymisen riski olemassa, tai joilta on todettu tutkimuksissa happamia sulfaattimaita, on säännöllisesti mitattava työmaalta poisjohdettavista, maaperään kosketuksissa olevista vesistä veden pH-arvoa ja sähkönjohtavuutta erillisen suunnitelman mukaisesti. Mikäli työmaa- vesien tarkkailun aikana on syytä epäillä happopäästöjen muodostumista, tulee vedestä tarpeen vaatiessa tarkkailla myös liukoisten metallien pitoisuutta, kiintoaineksen määrää ja rikkipitoisuutta. Työmaalta poisjohdettavien vesien ja muiden kuivatusvesien pH-arvon tulee olla välillä 6-9. Mikäli pH laskee poisjohdettavissa vesissä alle 6, tulee vettä käsitellä siten, että pH nousee tasolle 6-9 ennen veden poisjohtamista (esimerkiksi kalkitus tai suodatus kalkkirouhepadon läpi sakeutusaltaaseen ennen vesien poisjohtamista).

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



Tarkemmista käytännöistä happamien sulfaattimaiden käsittelyyn, analytiikkaan ja veden pH:n seurantaan liittyen on sovittava erikseen Helsingin kaupungin ympäristöviranomaisen kanssa.

## 9.5 Puistokäytävien kuivatus

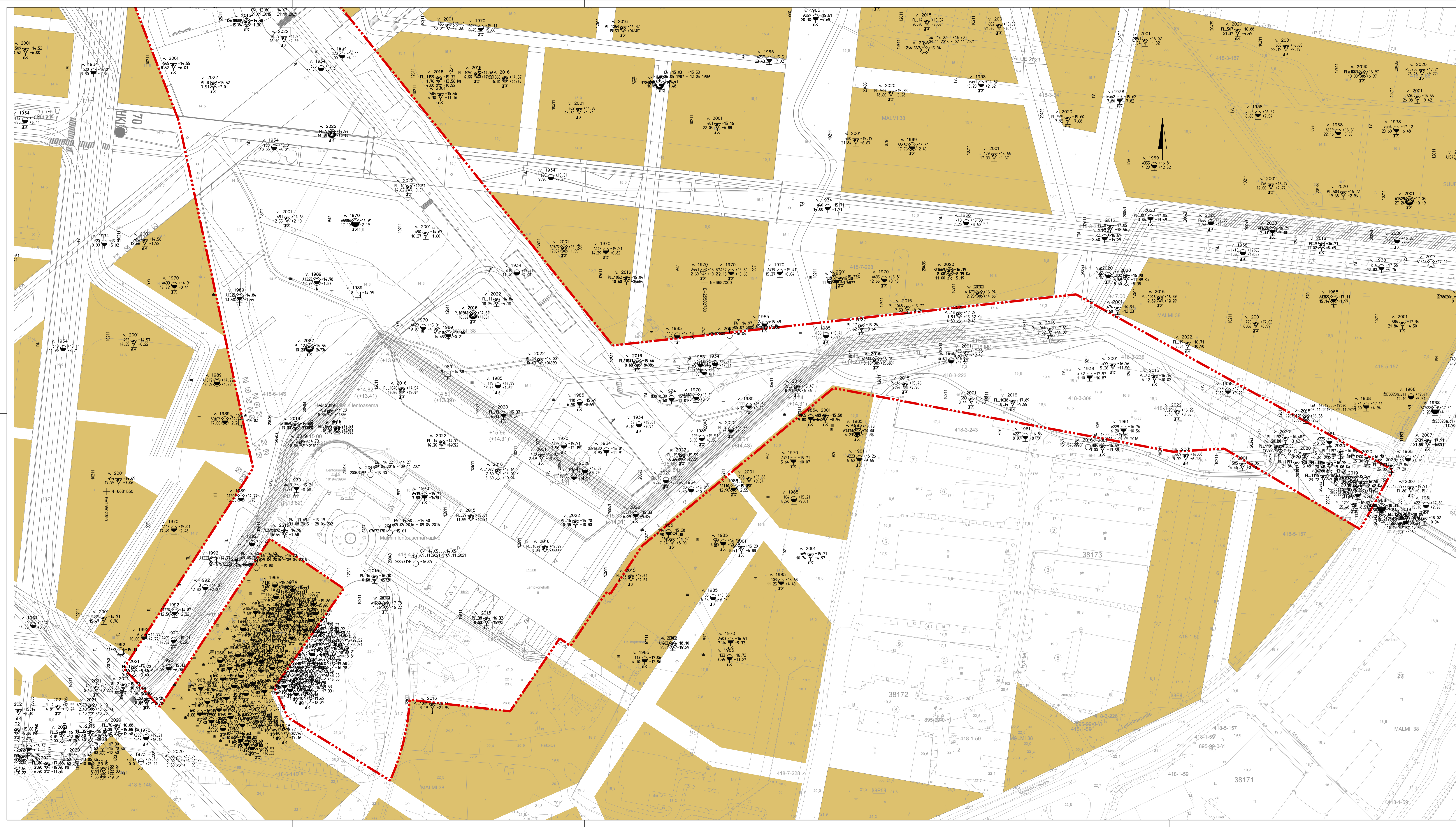
Puistokäytävät, joiden rakennekerrokset voivat kastua pohjaveden tai tulvaveden vuoksi, tulee salaojittaa.

## 9.6 Sillat ja muut rakenteet

Rakenteiden perustaminen tulee suunnitella tarkemmin, kun niiden perustusten paikat ovat tiedossa.







----- Suunnittelualueen raja

LENTOASEMANPUISTO  
 Pohjatufkinuskartta 1:1000

**SITOWISE**

Leena Nurmi
Juha Kivikvari
30.9.2022



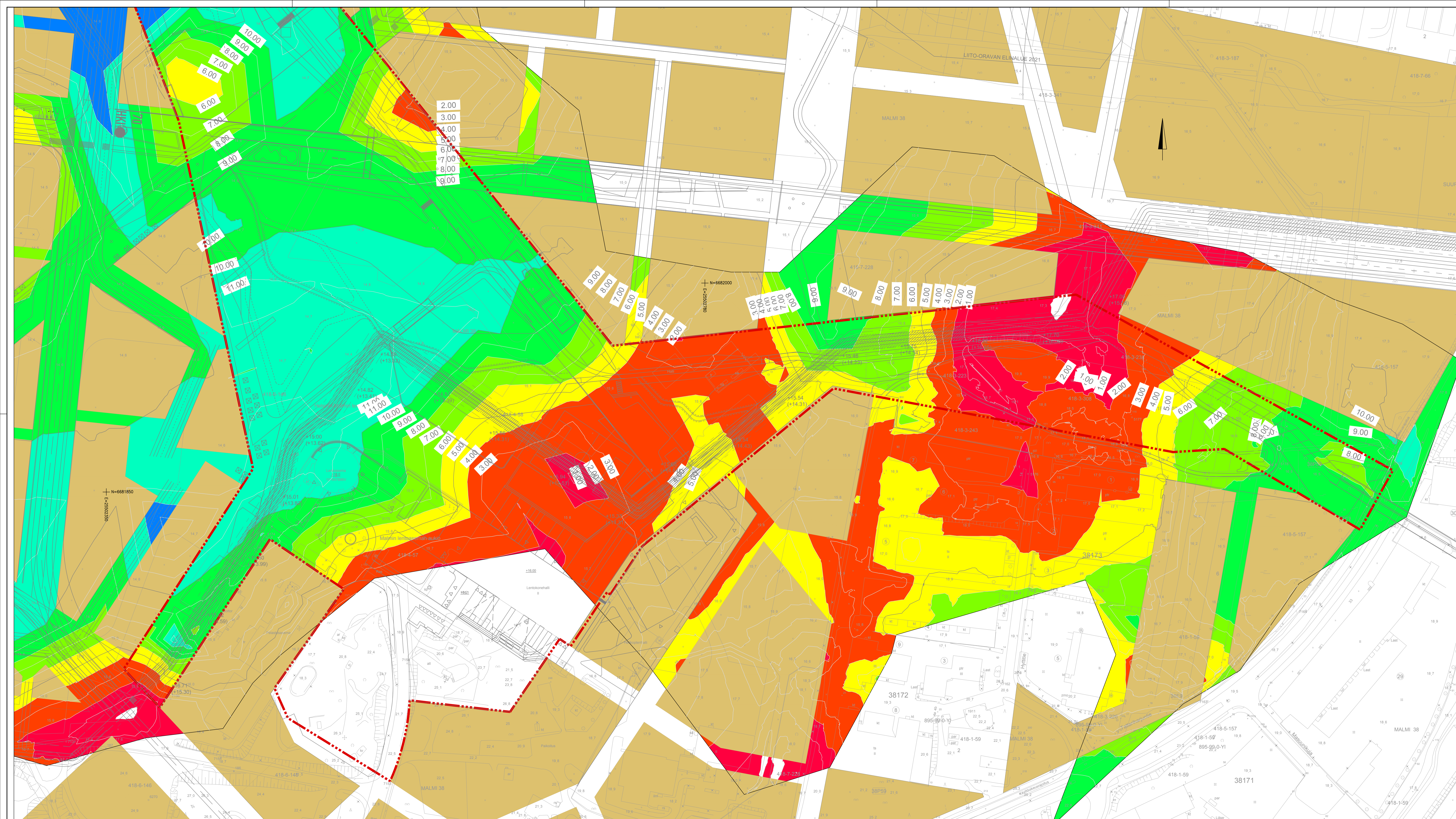


Malmin lentokenttä

----- Suunnittelualan raja

LENTOASEMANPUISTO	
Pohjatutkimuskartta 1:1000	
<b>SITOWISE</b>	
Leena Nurmi	Juha Kivivuori
	30.9.2022



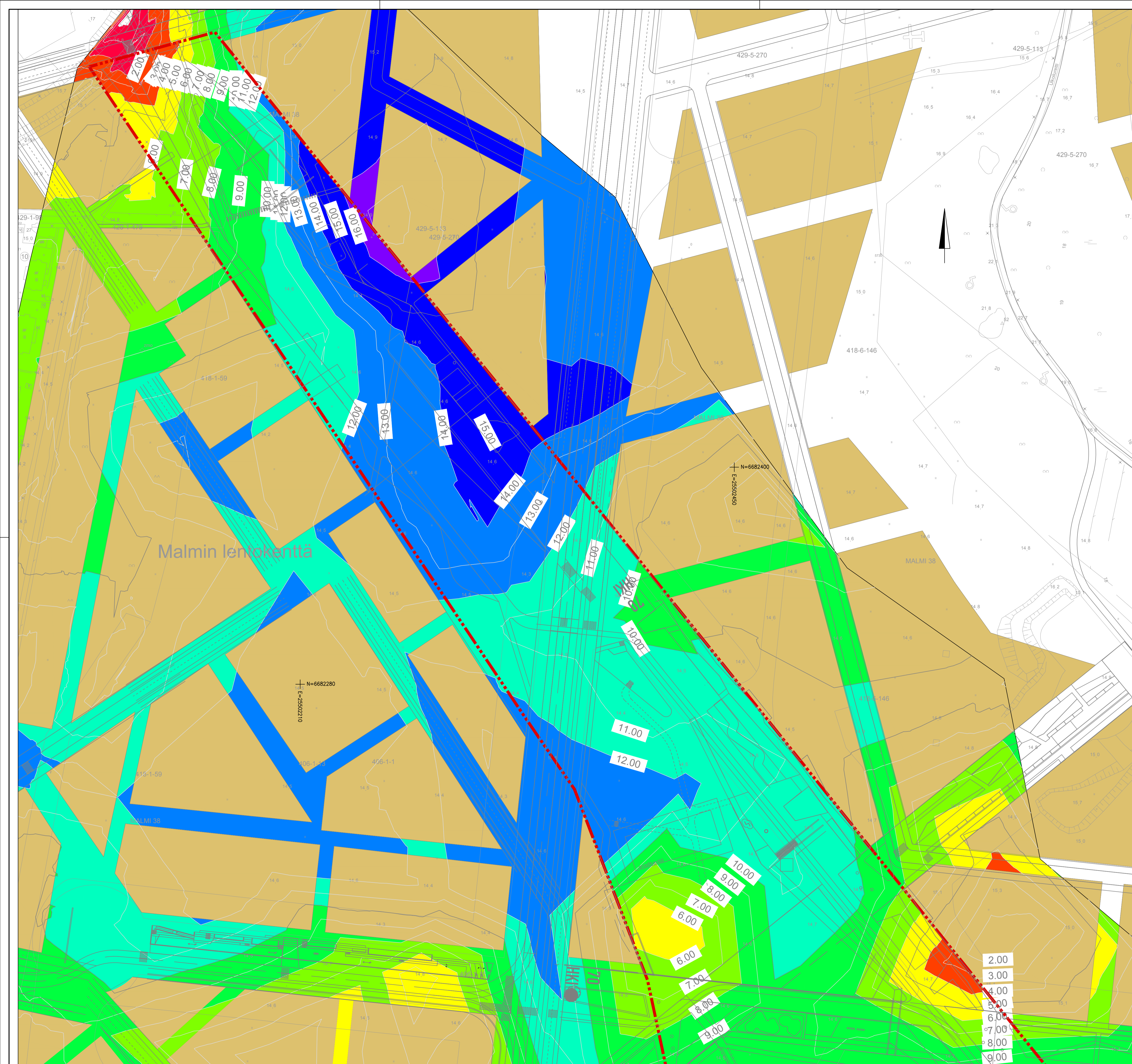


Saven alapinnan syvyys maanpinnasta

Número	Min. syvyys	Max. syvyys	Väri
1	0.000	2.000	Red
2	2.000	4.000	Orange
3	4.000	6.000	Yellow
4	6.000	8.000	Light Green
5	8.000	10.000	Green
6	10.000	12.000	Cyan
7	12.000	14.000	Blue
8	14.000	16.000	Dark Blue
9	16.000	18.000	Purple

----- Suunnittelualueen raja





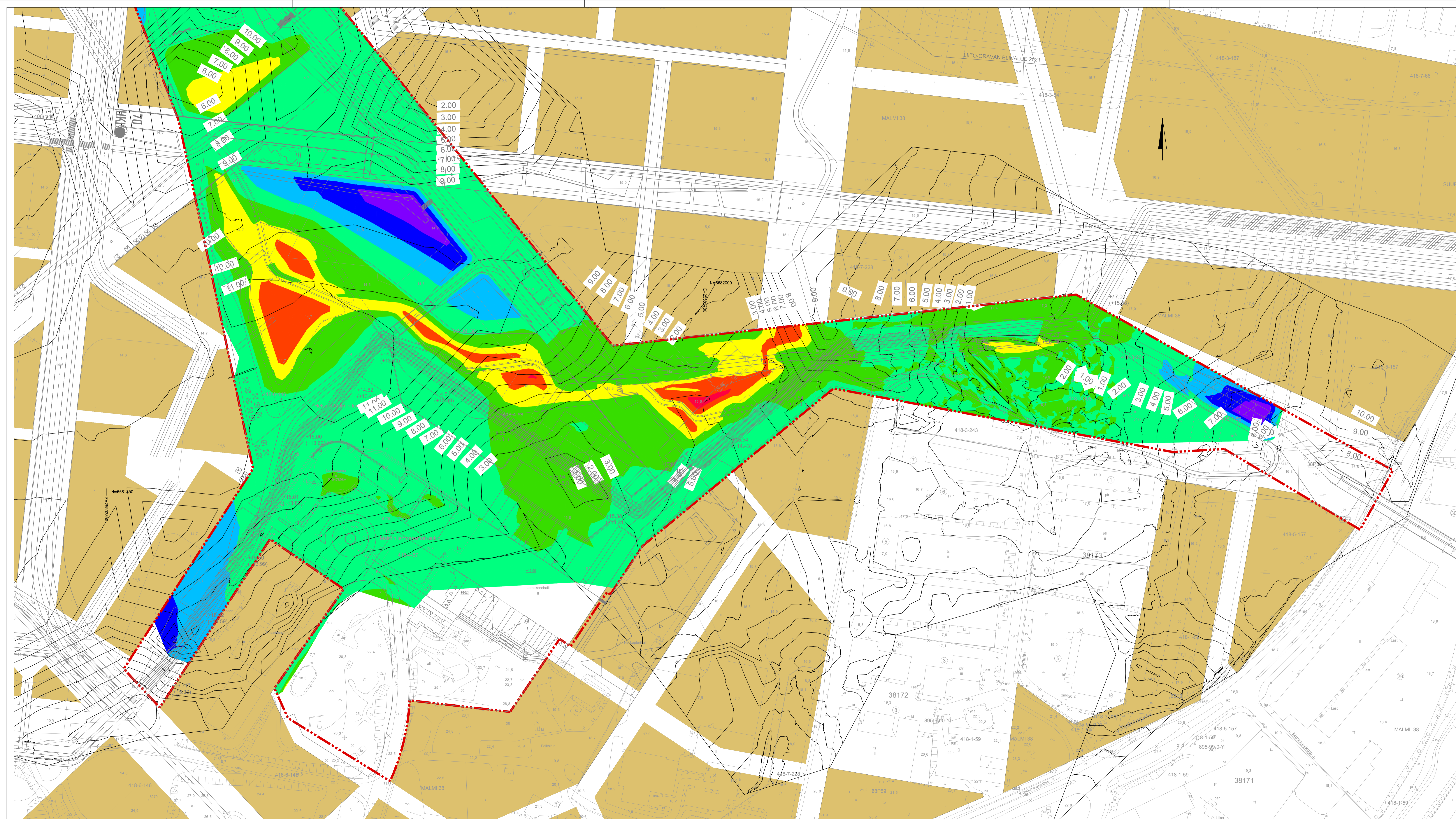
Malmin lentokenttä

Saven alapinnan syvyys maanpinnasta			
Numero	Min. syvyys	Max. syvyys	Väri
1	0.000	2.000	Red
2	2.000	4.000	Orange
3	4.000	6.000	Yellow
4	6.000	8.000	Light Green
5	8.000	10.000	Green
6	10.000	12.000	Cyan
7	12.000	14.000	Blue
8	14.000	16.000	Dark Blue
9	16.000	18.000	Purple

--- Suunnittelalueen raja

LENTOASEMANPUISTO	
Saven syvyys maanpinnasta, Värikartta 1:1000	
<b>SITOWISE</b>	Leena Nurmi
	Juho Kivivuori
	30.9.2022



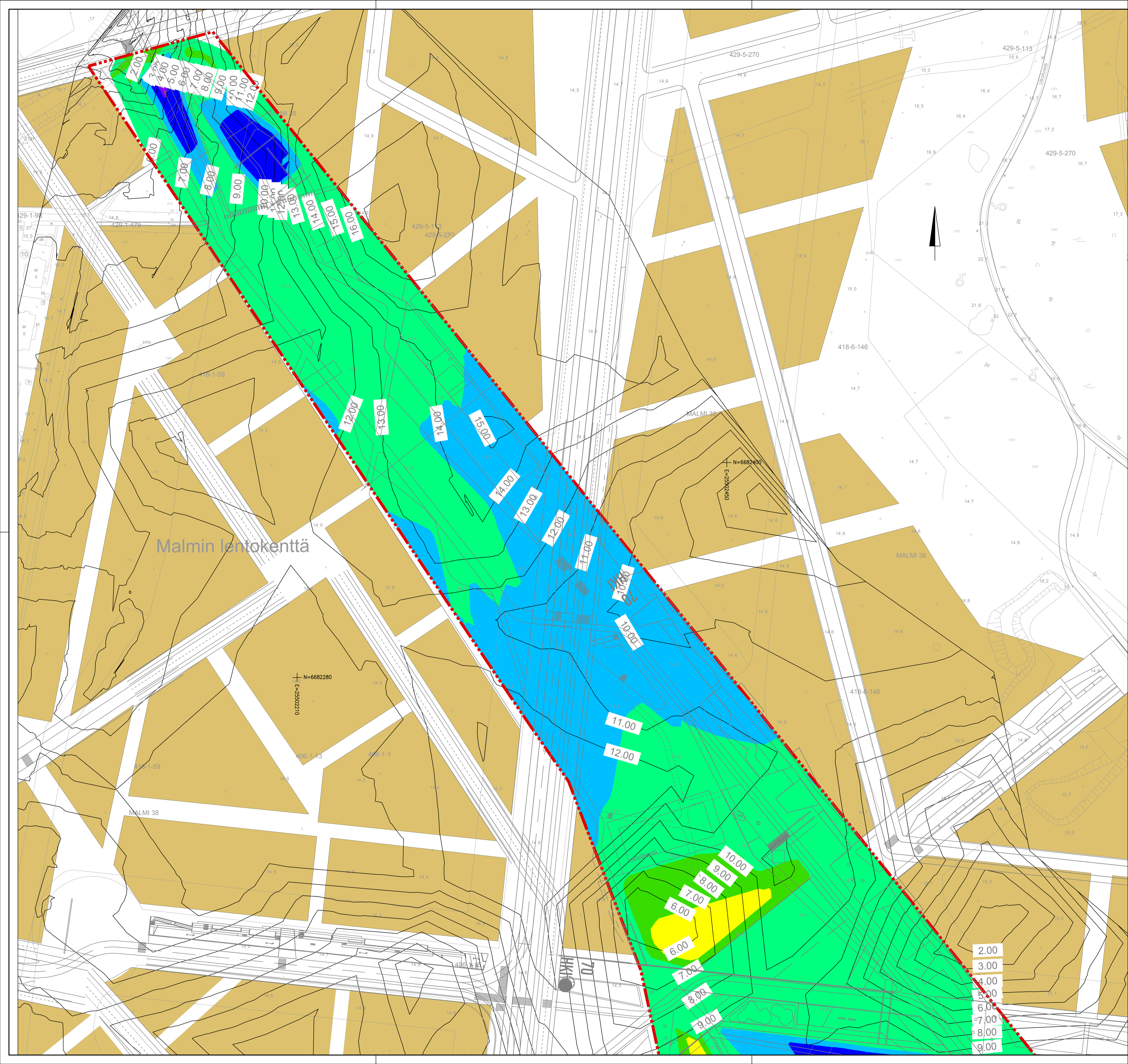


Tasauksen muutos nykyiseen maanpintaan verrattuna

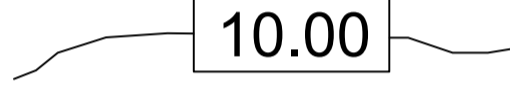

Numero	Min. syvyys	Max. syvyys	Väri
1	-4.000	-3.000	Red
2	-3.000	-2.000	Orange
3	-2.000	-1.000	Yellow
4	-1.000	0.000	Light Green
5	0.000	1.000	Green
6	1.000	2.000	Light Blue
7	2.000	3.000	Blue
8	3.000	4.000	Purple

10.00 Saven syvyyskäyrä  
 Suunnittelualan raja



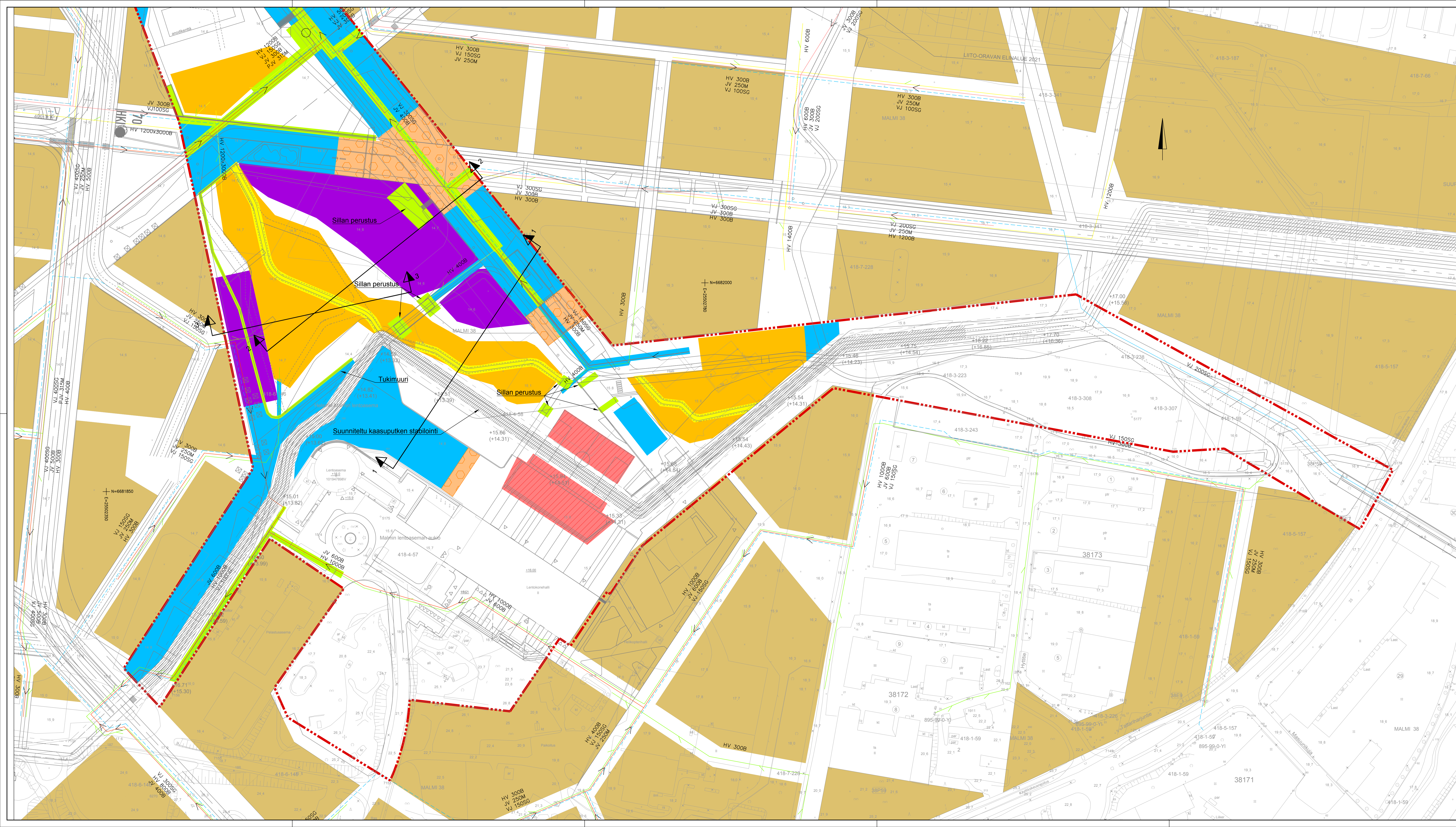


Tasauksen muutos nykyiseen maanpintaan verrattuna			
Numero	Min. syvyys	Max. syvyys	Väri
1	-4.000	-3.000	Red
2	-3.000	-2.000	Orange
3	-2.000	-1.000	Yellow
4	-1.000	0.000	Light Green
5	0.000	1.000	Green
6	1.000	2.000	Blue
7	2.000	3.000	Dark Blue
8	3.000	4.000	Purple

 10.00 Saven syvyyskäyrä  
 Suunnittelualan raja

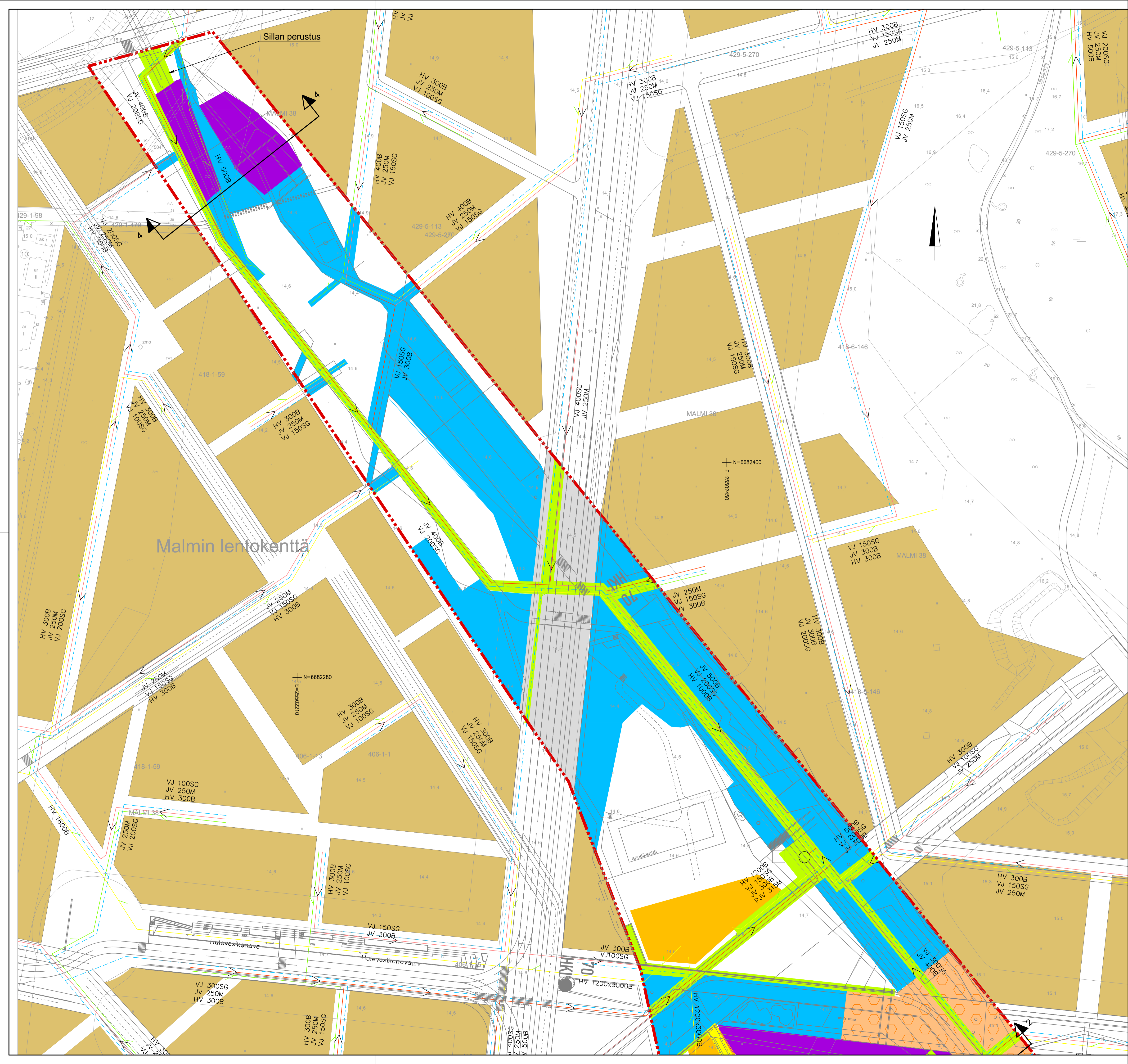
Malmin lentokenttä





- Geolujite
- Kadun vahvistukset
- Kevennys
- Lamelistabilointi
- Massanvaihto
- Paalulaatta
- Pilaristabilointi
- Puupaalut
- Suunniteltu kaasuputken stabilointi
- Suunnittelualueen raja

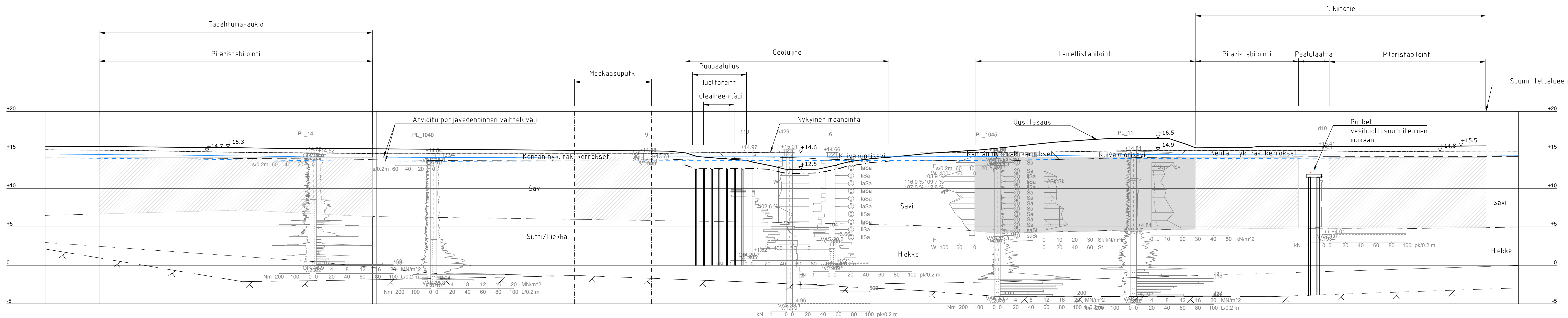




- Geolujite
- Kadun vahvistukset
- Kevennys
- Lamelistabilointi
- Massanvaihto
- Paalulaatta
- Pilaristabilointi
- Puupaalut
- Suunnittelualan raja



LEIKKAUS 1 - 1  
1:200/1:200

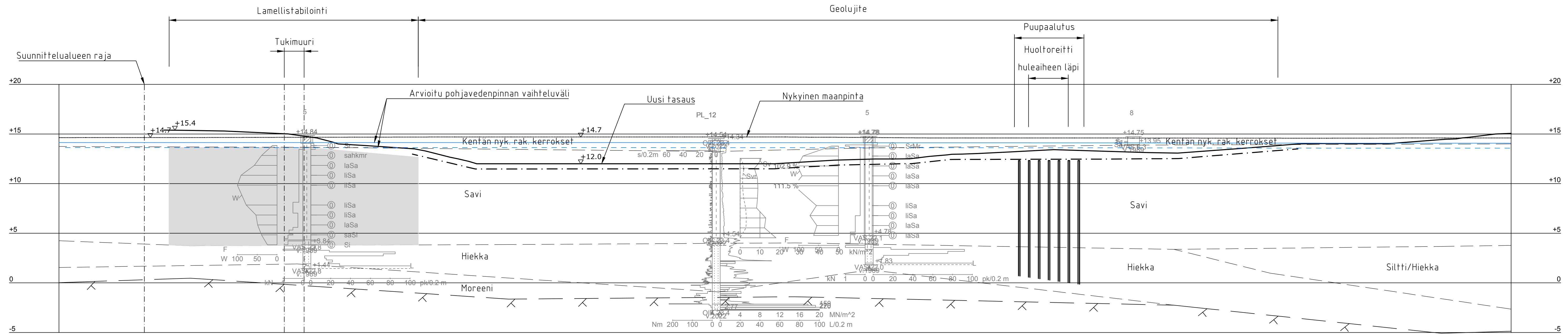


Alueella on nykyisiä tiilisalaoja ja niiden hirsiarinoita, jotka vaikeuttavat pohjarakennustöitä

LENTOASEMANPUISTO	
Geotekninen leikkaus 1-1	1:200/1:200
<b>SITOWISE</b>	
Leena Nurmi	
Juho Kivi vuori	
30.9.2022	



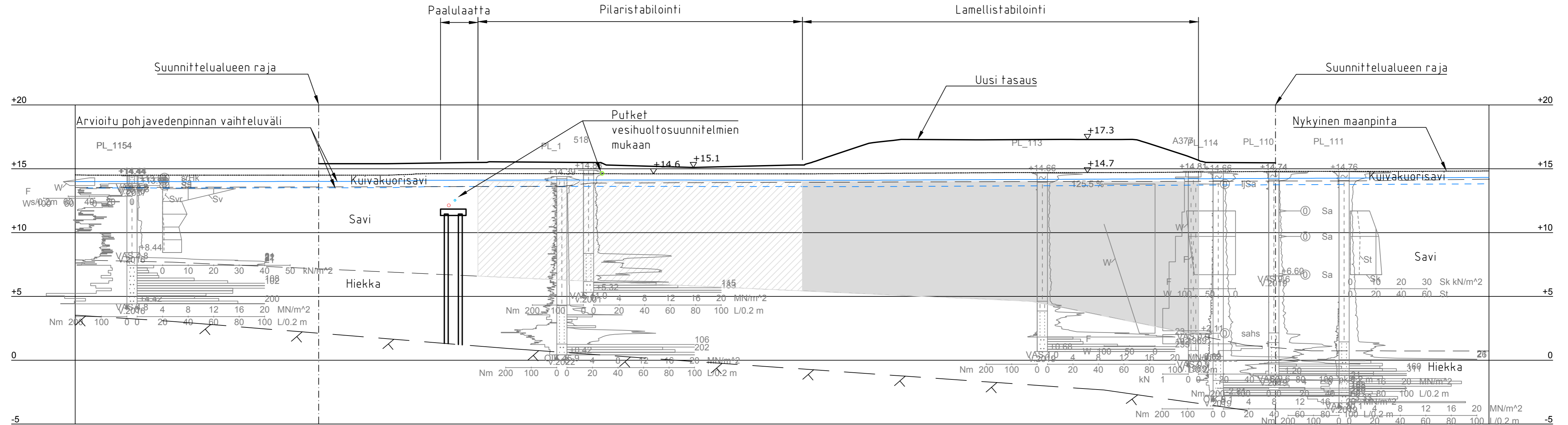
LEIKKAUS 3 - 3  
1:200/1:200



Alueella on nykyisiä tiilisalaojia ja niiden hirsiarinoita, jotka vaikeuttavat pohjarakennustöitä

LENTOASEMANPUISTO	
Geotekninen leikkaus 3-3	1:200/1:200
<b>SITOWISE</b>	
Leena Nurmi	
Juho Kivivuori	
30.9.2022	

LEIKKAUS 4 - 4  
1:200/1:200



Alueella on nykyisiä tiilisalajia ja niiden hirsiarinoita, jotka vaikeuttavat pohjarakennustöitä

LENTOASEMANPUISTO

Geotekninen leikkaus 4-4

1:200/1:200

**SITOWISE**

Leena Nurmi

Juho Kivivuori

30.9.2022



## Malmin lentokentän kehitysalue, suositeltavat rakentamiskorkeudet ja rakennusten alapohjarakenteet

Raportti

Päiväys	1.7.2022
Laatija	Leena Nurmi, Aino Sihvonen
Tarkastaja	Perttu Hyöty
Työn ohjaus	Eija Kivilaakso, Helsingin kaupunki
Projektinumero	YKK66735



1.7.2022

## Sisällysluettelo

1	Tehtävä ja taustatiedot .....	3
1.1	Tehtävän sisältö .....	3
1.2	Tulvatarkastelut .....	3
1.3	Tasaustarkastelut .....	3
2	Rakennusten alapohjavaihtoehdot .....	4
2.1	Tuuletettu alapohja.....	4
2.1.1	Tulvan vaikutukset rakennuksen suunnitteluun.....	5
2.2	Maata vasten valettava kantava alapohja .....	6
2.2.1	Tulvan vaikutukset rakennuksen suunnitteluun.....	6
2.3	Paalulaattaperustus ja maanvarainen alapohja .....	7
2.3.1	Tulvan vaikutukset rakennuksen suunnitteluun.....	8
2.4	Kustannusvertailu.....	9
3	Katujen ja raittien kantavuudet .....	9
3.1	Kadut.....	9
3.2	Puistoraitit .....	10
4	Kunnallistekniikan korkeusasema .....	11
4.1	Kunnallistekniikan tulvaherkkyys.....	11
5	Johtopäätökset.....	12



1.7.2022

# Malmin lentokentän kehitysalue, suositeltavat rakentamiskorkeudet ja rakennusten alapohjarakenteet

## 1 Tehtävä ja taustatiedot

### 1.1 Tehtävän sisältö

Työ on osa Malmin lentokentän alueelle rakennettavan uuden kaupunginosan tasaus- ja hulevesisuunnittelua. Työssä laaditaan alueelliset periaatteet yleisten alueiden tasauksesta siten, että katujen ja raittien kantavuus on riittävä tulvatilanteessa ja rakennusten kuivatus toimii. Tulvakorkeus, mihin pitää varautua, vaihtelee eri osissa tarkastelualuetta. Tässä työssä määritellään alueellisesti kortteleiden alin rakentamistaso, jonka alapuolelle ei saa sijoittaa rakenteita, jotka eivät saa kastua. Lisäksi on esitetty suosituksia alapohjarakenteesta.

### 1.2 Tulvatarkastelut

Malmin lentokentän suunnittelualue sijaitsee Longinojan valuma-alueella ja alueella muodostuvien hulevesien määrä tulee huomattavasti kasvamaan rakentamisen myötä. Hulevesien määrällisten ja laadullisten haittavaikutusten estämiseksi alueelle tullaan rakentamaan laaja hulevesien hallintajärjestelmä, mikä käsittää useita suuria tulva-altaita ja -alueita. Järjestelmä liittyy nykyisiin virtausreitteihin ja purkaa Longinojaan. Longinojan sekä tulevan hulevesijärjestelmän toimintaa, virtaamia ja vedenkorkeuksia on tutkittu mallintamalla eri hankkeiden yhteydessä. Mallinnusten avulla on määritetty tulvatilanteiden vedenkorkeudet eri suunnittelualueen osissa ja erilaisilla toistuvuuksilla ja nämä on koottu kartalle raportin liitteeseen 1.

### 1.3 Tasaustarkastelut

Suunnittelualue on hyvin laaja ja lentokenttätoimintojen takia myös erittäin tasainen. Jotta alueelle voidaan rakentaa suunnitteluohjeiden mukainen katu- ja vesihuoltoverkosto missä vaaditut pituuskaltevuuksien minimi toteutuvat, tarvitaan merkittäviä alueellisia täyttöjä. Koko suunnittelualueelle on laadittu yleistasaus, missä lähtökohtaisesti katujen ja kulkuväylien pituuskaltevuuden minimi on 0.7-1% ja alueen sisältä reunojen puistoalueille, keskeisiin hulevesiaiheisiin tai pääuomiin (Longinoja ja Lentokentänoja) on muodostettu maanpinnan tulvareitit. Yleistasausta ja korkeimpien kohtien täyttöjen paksuutta määrittelee tulvareittien purkupisteen läheisyydessä sijaitsevien rakennusten alin rakentamistaso ja siihen perustuva kadun tai muun yleisen alueen pinnan korkeus rakennuksen vieressä. Alueen laajuuden ja haastavien pohjaolosuhteiden takia täyttöjen määrä tulisi pitää mahdollisimman maltillisena.



1.7.2022

## 2 Rakennusten alapohjavaihtoehdot

### 2.1 Tuuletetty alapohja

Asuinrakennusten alapohjat tehdään useimmiten tuulettuvina alapohjina. Tuuletetty alustatila mahdollistaa tekniikan kuljettamisen ja huoltamisen alapohjassa. Tuuletetty alapohja on yleensä taloudellinen ja järkevä vaihtoehto, kun rakennuksen alin lattiataso edellyttää täyttöö lähtötilanteen maanpinnan tasoon nähden.

Tuuletuksiltaan korkeus on keskimäärin vähintään 0.8 m, mutta usein tekniikan kohdalla 1.2 m. Asuinkerrostalon tyypillinen ontelolaatta-alapohjarakenne eristyksineen on paksuudeltaan n. 0.65...0.7 m. Tuuletuksiltaan pohjalla on kuivatuskerros, jonka paksuus yleensä on vähintään 0.3 mm. Alapohjan tuuletuksen ja tuuletuksiltaan lämpötilojen hallinnasta riippuen on myös käytetty eristettä maapohjaa vasten.

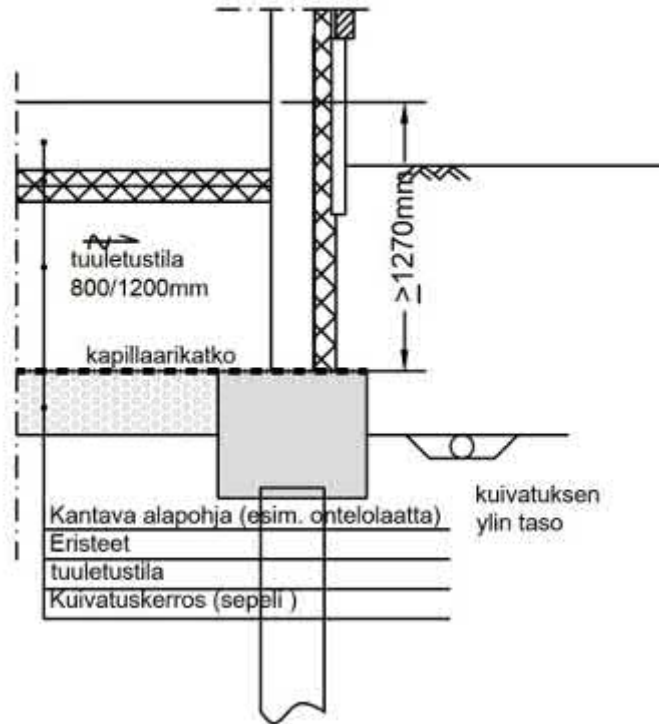
Rakennuksen kuivatuksen ylin mahdollinen taso on yllä mainitut rakennekaksuudet huomioiden n. 1.9 m lattian alapinnan alapuolella ja 2.3 m, mikäli tuuletuksiltaan korkeus on 1.2 m. Kun kuivatustason syvyyttä pyritään minimoimaan, voidaan anturan yläpintaan sijoittaa kapillaarikatko, jolloin kuivatusta ei ole tarpeen kaikilta osin viedä anturan alapinnan alapuolelle. On kuitenkin huomattava, että tuuletuksiltaan kuivatuskerros tulee pitää kuivana. Kuvassa 1 on esitetty rakennetyyppi tuuletuksiltaan edellyttämästä kuivatustasosta ja rakenteen kapillaarikatkon sijainnista.

Tulvatilanteessa vesi ei siten saa nousta anturan yläpinnan yläpuolelle.



1.7.2022

## TUULETETTU ALAPOHJA



Kuva 1. Esimerkki tuulettuvan alapohjan rakenteesta.

### 2.1.1 Tulvan vaikutukset rakennuksen suunnitteluun

Suunnittelussa tulee huomioida tulvaveden mahdollinen kulkeutuminen rakenteisiin niiltä osin, kun rakennuksen pysyvän kuivanapidon taso on tulvakorkeuden alapuolella eli lattiataso on alle 1.9...2.3 m tulvatason yläpuolella. Tulvavesi pääsee kulkeutumaan katurakenteisiin hulevesiviemäreiden ja niihin liitettyjen katujen salaojituksen kautta. Riskinä tulvavesien kulkeutumiselle voidaan pitää myös putkijohtokaivantoja.

Ne rakenteet, jotka voivat kastuessaan vaurioitua, tulee tehdä vesitiiviinä tai rakenteiden kapillaarikatkot tulee rakentaa tulvakorkeuden yläpuolelle. Rakennuksen perusvesien pumppauskapasiteetissa tai varastotilavuuksissa (mm. maarakenteet) tulee huomioida tulvaveden suotautuminen katurakenteiden läpi, ellei tulvaveden kulkeutumista muilla tavoin voida estää rakennuksen alustatilaan. Veden kulkeutumista voidaan estää esimerkiksi muoviponteilla tai maatiivisterakenteilla. Mahdollisista tiivistysrakenteiden aiheuttamista rasitteista tulee kuitenkin sopia erikseen Helsingin kaupungin kanssa. Putkijohtokaivannoissa tulee pohjavedenpinnan ja tulvakorkeuden alapuolella käyttää virtaussulkuja.



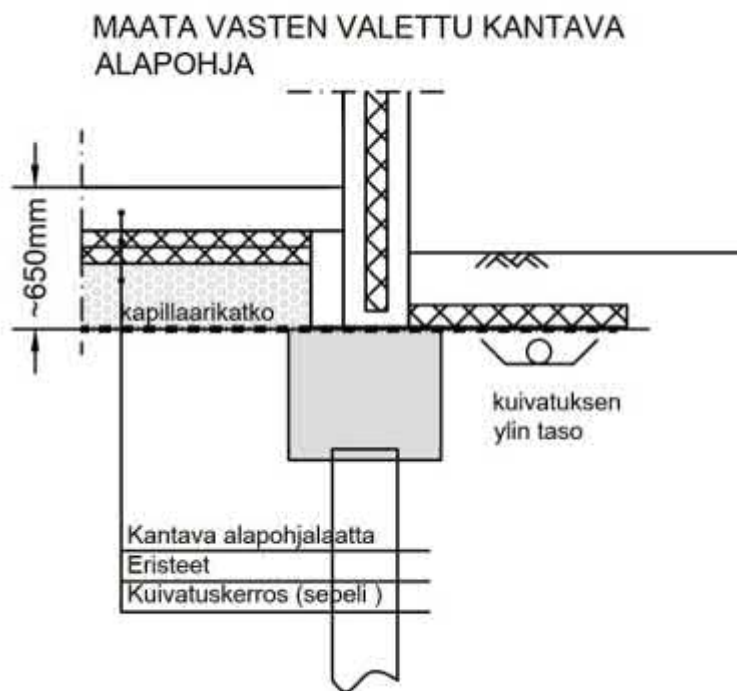
1.7.2022

## 2.2 Maata vasten valettava kantava alapohja

Kun huollettavaa tekniikkaa ei ole, on mahdollista tehdä kantava alapohjarakenne maata vasten valettuna. Rakenne on yleensä käytössä ainakin väestönsuojissa. Lattiarakenteet paksuus eristeineen on yleensä n. 0.35...0.4 m ja tämän alla kuivatuskerros, jonka paksuus on 0.3 m.

Tekniikkaa voidaan sijoittaa kanaaleihin tai ylempien kerrosten viemäreitä voidaan kuljettaa ensimmäisen kerroksen katon alapuolella ja siten minimoida alapohjan alla kulkevat viemärit.

Kuvassa 2 on esitetty esimerkki kantavan alapohjan rakenteesta ja kuivatuksesta. Kuivatustaso on yleensä vähintään 0.85 m lattiatason alapuolella. Salaojaputken laen tulisi olla vähintään 0.4 m eristeen alapinnan alapuolella. Kapillaarikatko voidaan rakentaa perustuksen yläpinnan tasoon.



Kuva 2. Esimerkki maata vasten valettavasta alapohjarakenteesta.

### 2.2.1 Tulvan vaikutukset rakennuksen suunnitteluun

Suunnittelussa tulee huomioida tulvaveden mahdollinen kulkeutuminen rakenteisiin niiltä osin, kun rakennuksen pysyvän kuivana pidon taso on tulvakorkeuden alapuolella eli lattiataso on alle 0.75 m tulvatason yläpuolella. Tulvavesi pääsee kulkeutumaan katurakenteisiin katujen salaojituksen kautta. Riskinä tulvavesien kulkeutumiselle voidaan pitää myös putkijohtokaivantoja.





1.7.2022

Ne rakenteet, jotka voivat kastuessaan vaurioitua, tulee tehdä vesitiiviinä tai rakenteiden kapillaarikatkot tulee rakentaa tulvakorkeuden yläpuolelle. Rakennuksen perusvesien pumppauskapasiteetissa tai varastotilavuuksissa (mm. maarakenteet) tulee huomioida tulvaveden suotautuminen katurakenteiden läpi, ellei tulvaveden kulkeutumista muilla tavoin voida estää rakennuksen alustatilaan. Veden kulkeutumista voidaan estää esimerkiksi muoviponteilla tai maatiivisterakenteilla. Mahdollisista tiivistysrakenteiden aiheuttamista rasitteista tulee kuitenkin sopia erikseen Helsingin kaupungin kanssa. Putkijohtokaivannoissa tulee pohjavedenpinnan ja tulvakorkeuden alapuolella käyttää virtaussulkuja.

### 2.3 Paalulaattaperustus ja maanvarainen alapohja

Paalulaattaperustusta käytetään usein hyvin pehmeissä maapohjissa ja alueilla, joissa rakenteiden kaivussyvyyttä ja kuivatustason syvyyttä pyritään minimoimaan. Paalulaattaperustuksessa paalulaatan päälle tehdään sepelillä täytettävä tekniikkatila, jonka päälle valetaan maanvarainen lattia. Ratkaisu on monesti käytössä kellaritiloissa (pesulat, saunat) ja liiketiloissa, kun huollettavaa tekniikkaa on paljon. Tekniikka on vaihdettavissa purkamalla maanvarainen lattia.

Paalulaattaperustuksen etuna on tuulettuvaan alapohjaan nähden rakenteiden vaatima pienempi kaivussyvyys. Kuivatuksen ylin taso on yleensä n. 1 m lattiatason alapuolella. Paalulaatan yläpuolisen täytön kosteusteknistä toimivuutta voidaan parantaa asentamalla tuuletusputkisto täyttöön.

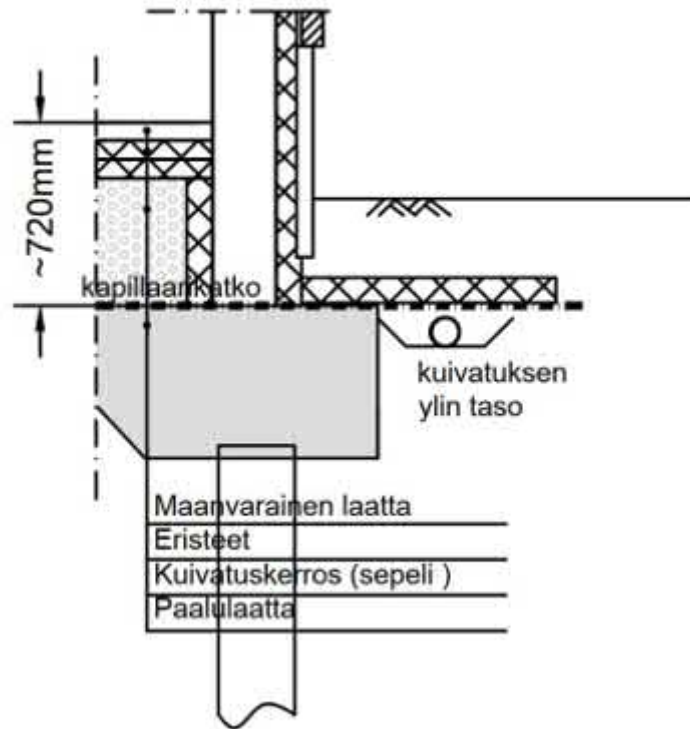
Kapillaarikatko voidaan sijoittaa paalulaatan yläpintaan, vähintään n. 0.72 m lattiatason alapuolelle. Rakenne voidaan toteuttaa myös vesitiiviinä, jolloin tulvavesi ei pääse rakenteeseen tulvakoron ollessa paalulaatan pintaa ylempänä.

Kuvassa 3 on esitetty esimerkki paalulaatan ja maanvaraisen alapohjan rakenteesta ja kuivatuksesta.



1.7.2022

### PAALULAATTAPERUSTUS



Kuva 3. Esimerkki paalulaatasta ja maanvaraisesta alapohjasta

#### 2.3.1 Tulvan vaikutukset rakennuksen suunnitteluun

Suunnittelussa tulee huomioida tulvaveden mahdollinen kulkeutuminen rakenteisiin niiltä osin, kun rakennuksen pysyvän kuivanapidon taso on tulvakorkeuden alapuolella eli lattiataso on alle 0.8 m tulvatason yläpuolella. Tulvavesi pääsee kulkeutumaan katurakenteisiin katujen salaojituksen kautta. Riskinä tulvavesien kulkeutumiselle voidaan pitää myös putkijohtokaivantoja.

Ne rakenteet, jotka voivat kastuessaan vaurioitua, tulee tehdä vesitiiviinä tai rakenteiden kapillaarikatkot tulee rakentaa tulvakorkeuden yläpuolelle. Rakennuksen perusvesien pumppauskapasiteetissa tai varastotilavuuksissa (mm. maarakenteet) tulee huomioida tulvaveden suotautuminen katurakenteiden läpi, ellei tulvaveden kulkeutumista muilla tavoin voida estää rakennuksen alustatilaan. Veden kulkeutumista voidaan estää esimerkiksi muoviponteilla tai maatiivisterakenteilla. Mahdollisista tiivistysrakenteiden aiheuttamista rasitteista tulee kuitenkin sopia erikseen Helsingin kaupungin kanssa. Putkijohtokaivannoissa tulee pohjavedenpinnan ja tulvakorkeuden alapuolella käyttää virtaussulkuja.



1.7.2022

## 2.4 Kustannusvertailu

Eri alapohjavaihtoehtojen kustannuksiin vaikuttaa alueen tasaus ja maanpinnan tason lähtötilanne.

Tuulettuva alapohjarakenne johtaa syvään kaivuun tulevan lattiatason ollessa lähellä nykyistä maanpinnan tasoa. Paksujen täyttöjen tapauksessa tuulettuva alapohja on yleensä paras ja edullisin ratkaisu.

Rakenteellisesti edullisin toteutus alapohjan osalta on kantava maata vasten valettava alapohjarakenne. Mikäli alueen tasaus on nostettu alkuperäisestä maanpinnasta, tulisi alapohjan alle kuitenkin täyttöjä. Tällöin on huomioitava, että uusien täyttöjen rakentaminen aiheuttaa painumaa rakennuksen alla, jolloin alapohjan alle muodostuu tyhjä tila. Painumasta voi aiheutua kosteusteknisiä vahinkoja, ellei alapohjan alle syntyvää tilaa voida tuulettaa. Painumaa voidaan hallita maapohjan vahvistamisella (pilaristabilointi), joka taas lisää rakennuskustannuksia merkittävästi.

Rakenteellisesti paalulaattaratkaisu on todennäköisesti kallein ratkaisu. Ratkaisulla voidaan kuitenkin päästä matalampaan kaivussyvyyteen tuulettuun alapohjaan nähden, jota kautta voidaan välttää kaivautumista pehmeään pohjamaahan ja pohjavesipinnan alapuolelle.

## 3 Katujen ja raittien kantavuudet

### 3.1 Kadut

Kadut rakennetaan pääosin pehmeälle pohjamaalle ja ne perustetaan esim. pilaristabiloimalla tai paalulaatalla. Katujen päällysrakennepaksuus on suurimmillaan 1,04-1,26 m katuluokissa /pohjamaaluokassa 3/G-6/G. Pilaristabiloidun pohjamaan osalta vastaavat päällysrakennepaksuudet ovat 0,89-1,06 m, katuluokka/pohjamaaluokka 3/F-6/F.

Alueilla, joissa kadun rakennekerrosten alapinta on pohja-/orsiveden korkeustasolla, asennetaan rakennekerrosten alapinnan tasolle salaojat, jotta katurakenne pysyy kuivana. Pinnantasaus on esimerkiksi Lentoasemanpuiston alueella katujen kohdalla alimmillaan tasolla +15,0 ja pohjavedenpinta vaihtelee noin tasovälillä +13,6-+14,1. Tulvatilanteessa 1/100 vuodessa toistuvan tulvan osalta tulvakorkeus on +14,6, jolloin vesi pääsee salaojia pitkin katurakenteeseen. Näin ollen päällysrakennekerrokset ovat tulvatilanteessa hetkellisesti märkiä.

Katujen kantavuusmitoituksessa periaatteena on, että päällysrakennekerrokset ovat kuivia. Tulvatilanteessa tapahtuva rakennekerrosten kastuminen heikentää kadun kantavuutta. Kantavuuden heikkenemisen osalta on tehty kantavuuslaskelmia, joissa määrän jakavan kerroksen E-moduulia on pienennetty puoleen kuivan kerroksen E-moduuliin arvosta. Tällöin päällysteen päältä laskettu kantavuusarvo tippuu esimerkiksi luokassa 5F arvosta 235 MPa arvoon 192 MPa. Jos E-moduulin arvoa



1.7.2022

pienennetään ¼ kuivan kerroksen E-moduuliin arvosta, niin kantavuus laskee 141 MPa suuruiseksi. Laskelmat on esitetty liitteessä 2.

Taulukossa 1. on esitetty vastaavat arvot muille katuluokille

Taulukko 1. Kantavuusarvot katuluokittain

Katuluokka /pohjamaaluokka	Liikennemäärä (ajon./vrk)	Kantavuusvaatimus, Mpa	InfraRyl, Rakennekerrosten kokonaispaksuus, mm	Jakavan kerroksen murskeen E-moduuli, MPA	Kantavuus, MPA	Märkä jakava kerros		Märkä jakava kerros	
						Jakavan kerroksen murskeen E-moduuli, MPA (50%)	Kantavuus, MPA	Jakavan kerroksen murskeen E-moduuli, MPA (25%)	Kantavuus, MPA
3/F Pääkatu, kokooja- tai vilkasliikenteinen kerrostaloalueen asuntokatu (ajokaistoja 1+1)	2500-10000	368	1060	200	389	100	314	50	234
4/F Asuntokatu tai pientaloalueen kokoojakatu, raskaiden ajoneuvojen pysäköintialueet	500-2500	258	1040	200	269	100	209	50	151
5/F Pientaloalueen asuntokatu, huolto liikenteen väylät, henkilöautojen pysäköintialueet	10-500	210	890	200	235	100	192	50	141
6/F Jalkakäytävät, pyörätiet, puistotiet (ei ajoneuvoliikennettä)		180	990	200	189	100	141	50	96
6/G Jalkakäytävät, pyörätiet, puistotiet (ei ajoneuvoliikennettä)		175	1190	200	193	100	141	50	97
6/G Kivituhkapintainen puistoraitti			650	200	50	100	50	50	42
Pohjamaan E-moduuli									
Luokka F	10 Mpa (Siltti, siltti, Moreeni, sitkeä savi, pilaristabilointi)								
Luokka G	5 Mpa (Pehmeä savi, Lieju)								

Vertailuarvoksi voidaan ottaa esimerkiksi Väylän ohjeen Tierakenteen suunnittelu 38/2018 mukaisen sorapintaisen tien kantavuusvaatimus, joka on 80 MPa (yleinen tie, paljon raskaita ajoneuvoja). Eli jakavan kerroksen märkyys ei pienennä kadun kantavuutta niin paljon, että siitä olisi liikenteellisesti haittaa. Mahdolliset päällystevauriot voidaan tulvatilanteen jälkeen korjata.

### 3.2 Puistoraitit

Päällystetyt puistoraitit, katuluokka 6F

Päällystettyjen raittien osalta on tehty samat kantavuuslaskennat kuin kappaleessa 4.1 on esitetty. Päällysteen päältä laskettu kantavuusarvo jakavan kerroksen kastuessa tippuu luokassa 6F 189 MPa arvosta 141 MPa suuruiseksi. Jos E-moduulin arvoa pienennetään ¼ kuivan kerroksen moduuliin arvosta, niin kantavuus laskee 96 MPa suuruiseksi. Katuluokan 6 väylillä ei sallita ajoneuvoliikennettä muuten kuin satunnaisen huollon yhteydessä.

Kivituhkapintaiset puistoraitit, katuluokka 6G

Kivituhkapintaisten raittien osalta päällysteen päältä laskettu kantavuusarvo tippuu luokassa 6G 50 MPa arvosta 42 MPa suuruiseksi, jos E-moduulin arvoa pienennetään ¼ kuivan kerroksen moduuliin arvosta. Tuhkapintaisilla raiteilla ei sallita ajoneuvoliikennettä.



1.7.2022

## 4 Kunnallistekniikan korkeusasema

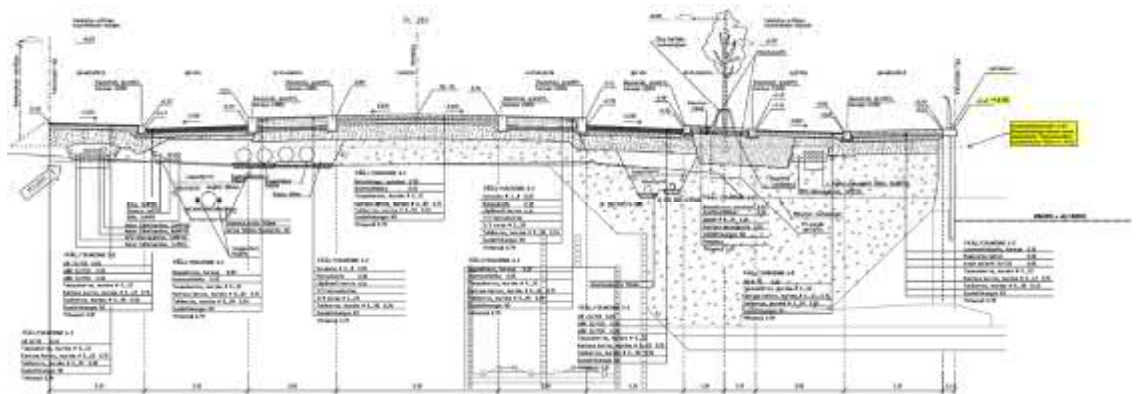
### 4.1 Kunnallistekniikan tulvaherkkyys

Kunnallisteknisiä putkia ja johtoja rakennetaan ja on aikaisemmin rakennettu vesistö- tai merivesitulvakorkeuksien alapuolelle. Kunnallisteknisten putkien ja johtojen rakentamisessa pitää varautua tulvien lisäksi myös ajoittaiseen korkeaan pohja- tai vajoveden pintaan. Johdot ja putket ovat lähtökohtaisesti tiiviitä oman toiminnallisuutensa takia (kaikki putket missä virtaa neste tai kaasu) tai lyhytaikaisen upotuksen kestäviä (kaapelit).

Verkostoihin voi kuitenkin liittyä rakenteita, jotka vaurioituvat veden vaikutuksesta. Esimerkiksi imujätejärjestelmien kaivojen tekniikka tai maanpinnan alapuoliset sähkökeskukset eivät siedä kastumista. Lisäksi jätevedenpumppaamojen kohdalla tulee varmistaa, että yleensä tehtävää ylivuotoa pitkin tulvavesi ei pääse tunkeutumaan pumppaamoon tai viemäriverkostoon. Jätevesiviemäreiden kohdalla pitää lisäksi varmistaa, että tulva-alueella olevat kaivot ovat tiiviitä.

Suunniteltaessa kunnallisteknisiä reittejä tulee varmistaa, että järjestelmän osat mitkä eivät kestä upotusrasitusta sijoitetaan tulvakorkeuksien yläpuolelle. Itse johtoreittien osalta vastaavia rajoituksia ei ole, etenkin hulevesitulvien osalta, missä tulvahuippu on selvästi lyhytkestoisempi kuin vesistö- tai merivesitulvissa.

Vertailukohdaksi voidaan ottaa uudet merenrannan rakennuskohteet Helsingissä, missä tasauksen nostolla on varauduttu meritulvariskeihin. Kuvassa 4 alla on esitetty esimerkki Sompasaaren Aallonhalkoja-kadusta, missä kadun taso on tulevaisuuden meritulvakorkeuksien yläpuolella. Esimerkki on esitetty suuremmissa koossa myös raportin liitteessä 3.



Kuva 4. Esimerkki meritulva-alueelle rakennetusta uudesta kadusta.

Kuten kuvasta voidaan nähdä, on normaali käytäntö sijoittaa kunnallisteknisiä johtoja tulvakorkeuksien alapuolelle, koska ne itsessään eivät vaurioidu mahdollisesta upotusrasituksesta. Keskeistä tulva-alueiden kunnallistekniikan suunnittelussa on varmistaa, että järjestelmien osat mitkä voivat kärsiä vedestä sijoitetaan riittävän korkeisiin kohtiin.



1.7.2022

## 5 Johtopäätökset

Malmin lentokentän alueella tulvat ovat hulevesilähtöisiä ja esiintyvät joko rakennetuissa hulevesien hallintarakenteissa ja tulva-alueilla tai Longinojassa, jonka virtauskäyttäytyminen on sekin riippuvainen rakennetuilta alueilta purkautuvien hulevesien määrästä. Malmin tulvatilanteille tyypillistä on nopea muodostuminen rankkasateilla ja tulvahuipun lyhyt kesto. Alueella tulee olemaan useita yleisen alueen osia sekä kortteleita, jotka sijoittuvat lähelle tiedostettuja tulva-alueita.

Suunniteltaessa yleistasausta tulvaherkille alueille tulee varmistaa, että katujen ja raittien kantavuus on riittävä tulvatilanteessa, rakennusten kuivatus toimii ja ettei kunnallistekniikka kärsi tulvatilanteessa. Aiemmissa kappaleissa kuvatun mukaisesti yleisten alueiden rakenteen kantavuus ja kunnallistekniikka asettavat vähiten reunaehdoja tasaukselle tulvakohteiden läheisyydessä. Kunnallistekniikan suunnittelussa tulee varmistaa, että tulvaherkät järjestelmien osat (sähkökeskukset, alipaineventtiilit, jätevesipumppaamoiden ylivuodot ja viemärikaivot) on sijoitettu tulvakorkeuden yläpuolelle tai varmistettu rakenteellisesti. Muuten johtojen ja putkien sijoittaminen tulvakorkeuden alapuolelle on sallittua, mikä on normaali menettelytapa myös vesistö- tai meritulva-alueilla.

Yleisten alueiden osalta alimmaksi tasaukseksi liikennöitävillä reiteillä voidaan suositella tasoa tulvakorkeus  $1/100a + 0.4$  metriä. Tällöin kaikilla rakennetyypeillä päällysteet ja kantava kerros ovat tulvakorkeuden yläpuolella.

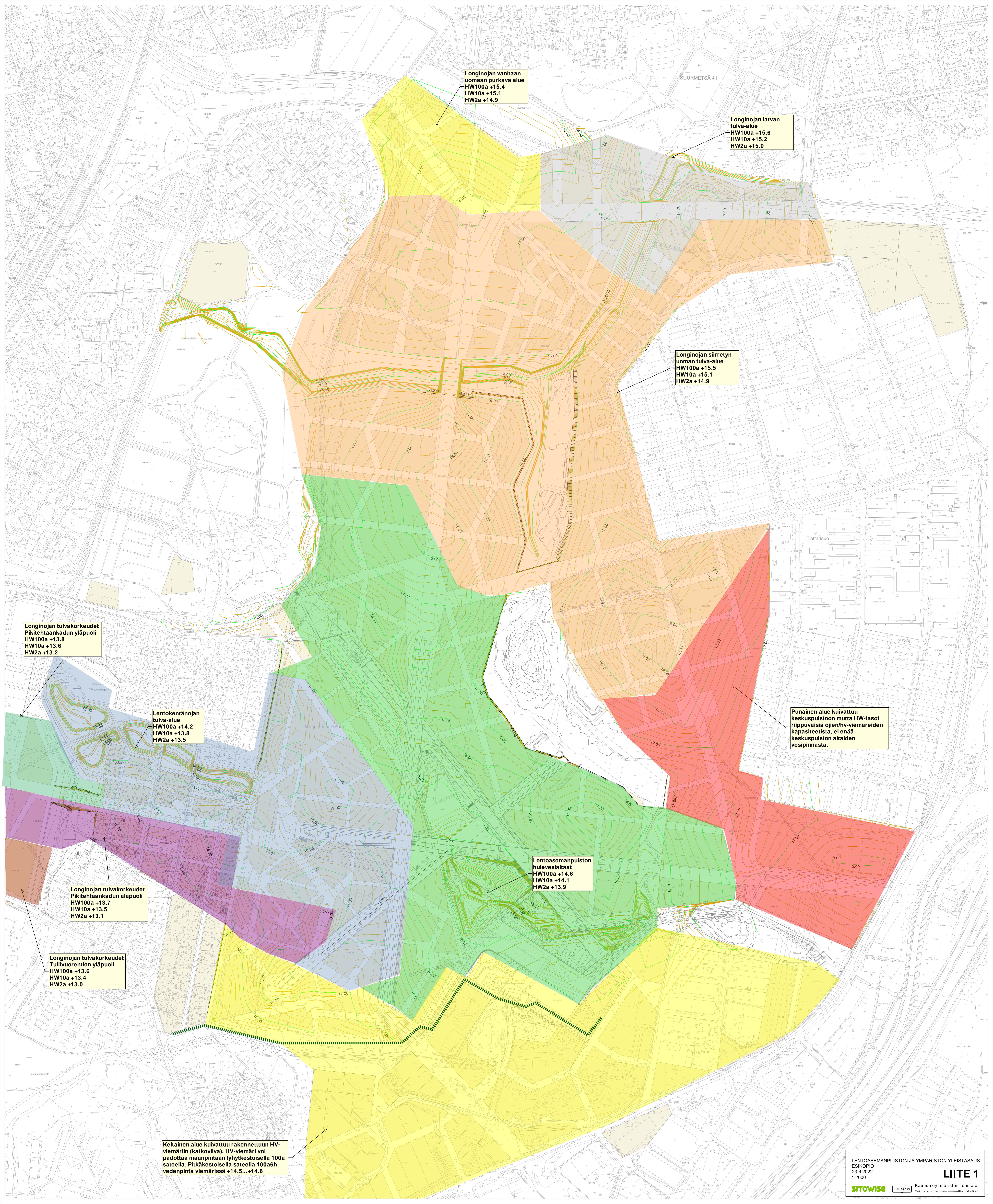
Tonttien ja rakennusten osalta ei ole mielekästä määritellä tarkkoja korkeuksia lattiatasoille vaan suositellaan noudatettavan vastaavaa menettelyä kuin yleisissä tulvasuojausohjeistuksissa vesistö- ja meritulva-alueilla. Rakennuksille esitetään määritettävän Malmin asemakaavoissa alin suositeltava rakentamiskorkeus, minkä alapuolelle ei saa sijoittaa rakenteita, jotka eivät saa kastua. Malmin tapauksessa alimmaksi suositeltavaksi rakentamiskorkeudeksi esitetään mallinnettua vedenpinnantasoa  $1/100a$  toistuvuudella. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että jos yleisten alueiden kohdalla noudatetaan edellä esitettyä alinta tasoa tulvakorkeus  $+ 0.4$  metriä, lähellä tulvivia alueita, rakennusten alapohjaratkaisu on Malmin pohjaolosuhteet huomioiden oltava paalulaattaperustus. Hankekohtaisesti voidaan sallia muitakin ratkaisuja, mutta vastuu toiminnallisuudesta siirtyy tontin rakentajalle, mikäli alimman suositeltavan rakentamiskorkeuden alapuolelle sijoitetaan kastumisesta vaurioituvia rakenteita.

### Liitteet

- Kartta alueellisista tulvakorkeuksista 1:2000
- Kantavuuslaskelmat 5F-luokka
- Esimerkki katupoikkileikkauksesta tulva-alueella (Sompassaari)







Longinojan vanhaan uomaan purkava alue  
HW100a +15.4  
HW2a +14.9

Longinojan latvan tulva-alue  
HW100a +15.6  
HW2a +15.0

Longinojan siirretyn uoman tulva-alue  
HW100a +15.5  
HW2a +14.9

Longinojan tulvakorkeudet  
Pikitehtaan kadun yläpuoli  
HW100a +13.8  
HW2a +13.2

Lentokenttönojan tulva-alue  
HW100a +14.2  
HW2a +13.5

Longinojan tulvakorkeudet  
Pikitehtaan kadun alapuoli  
HW100a +13.7  
HW2a +13.1

Longinojan tulvakorkeudet  
Tullivuorentien yläpuoli  
HW100a +13.6  
HW2a +13.0

Lentoasemanpuiston hulevesialtaat  
HW100a +14.6  
HW2a +13.9

Punainen alue kuivattuu keskuspuistoon mutta HW-tasot riippuvaisia ojen/hv-viemäreiden kapasiteetista, ei enää keskuspuiston altaiden vesipinnasta.

Keltainen alue kuivattuu rakennettuun HV-viemäriin (katkoviiva). HV-viemäri voi padottaa maanpintaan lyhytkestoisella 100a sateella. Pitkäkestoisella sateella 100a:n vedenpinta viemäriä +14.5...+14.8



## PÄÄLLYSRAKENTEEN KANTAVUUS- JA ROUTANOUSUMITOITUS

# SITOWISE

28.4.2022  
LNU

Projekti: Malmi, Lentoasemanpuisto  
Tie: Katuluokka 5

InfraRyl mukaan

Päällysrakenneluokka:	F	10	MPa
Alusrakenneluokka:			
Vaatusluokka:			
Routaturpoama	m	6	%
- märkyys			
- tasalaatuisuus	t		
- Maalaji tai kelp.luokka			(u = ei tutkittu)

Mitoituspakkasmäärä:		hoC
Mitoitusroudansyvyys:	1600	mm

Siirtymäkiilasyvyys: (rakenteen routanousu on 0 mm)	1600	mm
Siirtymäkiilan kaltevuus:		mm
		Vaylan ohjeet
Sallittu routanousu: - tasalaatuinen pohjamaa:	30	mm
- sekalaatuinen pohjamaa:	0	mm

## KANTAVUUSMITOITUS

Kerros	Materiaali	Suunnittelu- moduli, MPa	Modulin rajoitus EA*	Kantavuus- vaatimus, MPa	Kerros- paksuus, mm	Mitoituskan- tavuus kerroksen päältä, MPa
		0	-		0	0
		2500	-		0	0
Päällyste 3	AB 20	2500	-	470	0	0
Päällyste 2	AB 20	2500	-		40	235
Päällyste 1	ABK 32	2500	-		50	174
Kantava	KaM 0-55	280	6	160	150	137
Louhe	Louhe		6			0
Jakava	KaM 0-90	200	6		650	96
Suodatin	Suodatinhiekkä	200	6		0	0
			6			0
Kokonaispaksuus kantavuuden perusteella					890	mm

Rakenteen vaatimusmerkintä

Vaatimus päällysteen päältä 210 MPa

## ROUTANOUSUMITOITUS

Maalaji	Olosuhde	t (%)	Rakennekerros, mm / Routaturpoama						Kokonais- paksuus routamitoituk- sen perusteella	Lask. routanousu mm	HUOM
			AB, päällyst. myöhemmin	AB tietä avattaessa		Kantava, M	Jakava, M	KaM			
0	m	6	0	1		0,9	0,9	0,9	890	47	
Sallittu routanousu, mm									50	KATU 2020	

## SIIRTYMÄKIILAN MITOITUS

Maalaji	Olosuhde	t (%)	Rakennekerros, mm / Routaturpoama						Kokonais- paksuus routamitoituk- sen perusteella	Lask. routanousu mm	HUOM
			AB, päällyst. myöhemmin	AB tietä avattaessa		Kantava, M	Jakava, M	KaM			
0	m	6	0	90	0	0,9	0,9	0,9	1760	0	Siirtymäkiilasyvyys
Sallittu routanousu, mm									0		

Mitoitus perustuu ohjeisiin 'Tierakenteen suunnittelu, TIEH 2100029-v-04' ja 'Tietoa tiensuunnitteluun nro 71D'.

**PÄÄLLYSRAKENTEEN KANTAVUUS- JA ROUTANOUSUMITOITUS**



28.4.2022  
LNU

Projekti: Malmi, Lentoasemanpuisto  
Tie: Katuluokka 5

InfraRyl mukaan

Päällysrakenneluokka:	F	10	MPa
Alusrakenneluokka:			
Vaatusluokka:			
Routaturpoama	m	6	%
- märkyys			
- tasalaatuisuus	t		
- Maalaji tai kelp.luokka			(u = ei tutkittu)

Mitoituspakkasmäärä:		hoC
Mitoitusroudiansyvyys:	1600	mm

Siirtymäkiilasyvyys: (rakenteen routanousu on 0 mm)	1600	mm
Siirtymäkiilan kaltevuus:		mm
		Vaylan ohjeet
Sallittu routanousu: - tasalaatuinen pohjamaa:	30	mm
- sekalaatuinen pohjamaa:	0	mm

**KANTAVUUSMITOITUS**

Kerros	Materiaali	Suunnittelu- moduli, MPa	Modulin rajoitus EA*	Kantavuus- vaatimus, MPa	Kerros- paksuus, mm	Mitoituskan- tavuus kerroksen päältä, MPa
		0	-		0	0
		2500	-		0	0
Päällyste 3	AB 20	2500	-	470	0	0
Päällyste 2	AB 20	2500	-		40	192
Päällyste 1	ABK 32	2500	-		50	138
Kantava	KaM 0-55	280	6	160	150	105
Louhe	Louhe		6			0
Jakava	KaM 0-90	100	6		650	65
Suodatin	Suodatinhiekkä	200	6		0	0
			6			0
Kokonaispaksuus kantavuuden perusteella					890	mm

Rakenteen vaatimusmerkintä

Vaatimus päällysteen päältä 210 MPa

Jakava kerros on märkä ja moduulia on pienenetty  
puoleen kuivan kerroksen modulista

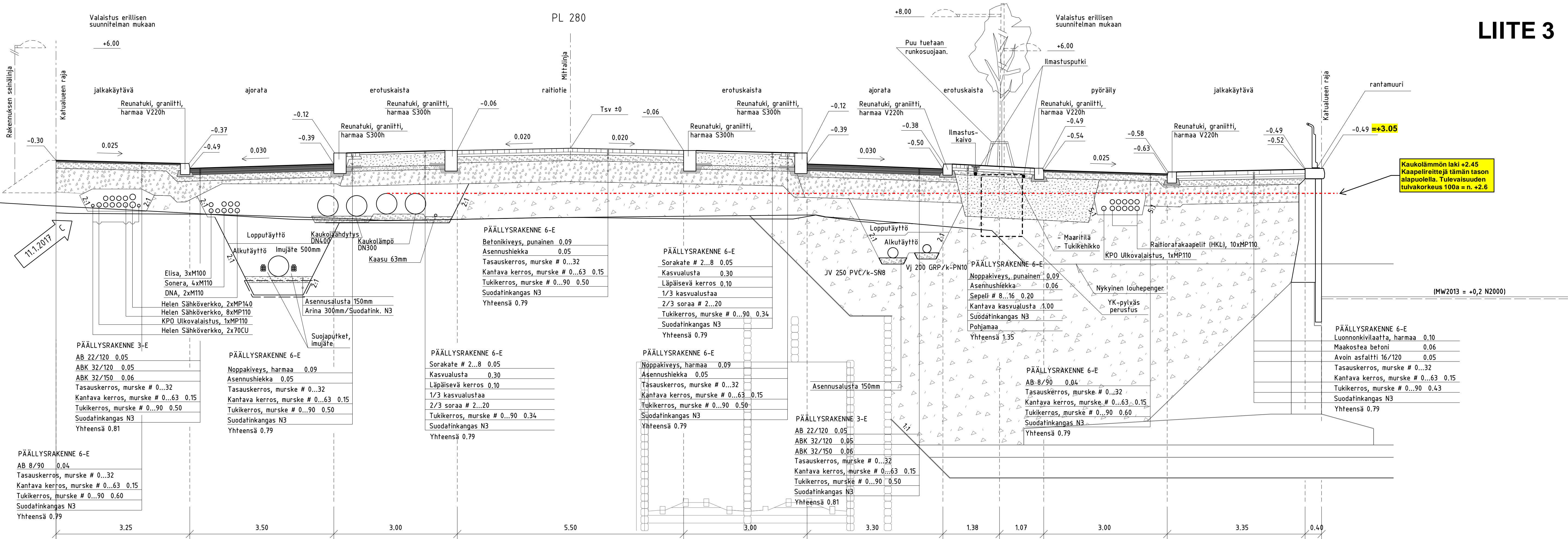
**ROUTANOUSUMITOITUS**

Maalaji	Olosuhde	t (%)	Rakennekerros, mm / Routaturpoama						Kokonais- paksuus routamitoituk- sen perusteella	Lask. routanousu mm	HUOM		
			AB, päällyst. myöhemmin	AB tietä avattaessa			Kantava, M	Jakava, M				KaM	
0	m	6	0	1				0,9	0,9	0,9	890	47	
Sallittu routanousu, mm									50	KATU 2020			

**SIIRTYMÄKIILAN MITOITUS**

Maalaji	Olosuhde	t (%)	Rakennekerros, mm / Routaturpoama						Kokonais- paksuus routamitoituk- sen perusteella	Lask. routanousu mm	HUOM		
			AB, päällyst. myöhemmin	AB tietä avattaessa			Kantava, M	Jakava, M				KaM	
0	m	6	0	90	0			0,9	0,9	0,9	1760	0	Siirtymäkiilasyvyys
Sallittu routanousu, mm									0				

Mitoitus perustuu ohjeisiin 'Tierakenteen suunnittelu, TIEH 2100029-v-04' ja 'Tietoa tiensuunnitteluun nro 71D'.



PL 280

Valaistus erillisen suunnitelman mukaan

+6.00

jalkakäytävä

ajorata

erotuskaista

raittiotie

erotuskaista

ajorata

erotuskaista

pyöräily

jalkakäytävä

rantamuri

Reunatuki, graniitti, harmaa V220h

Reunatuki, graniitti, harmaa S300h

Reunatuki, graniitti, harmaa S300h

Reunatuki, graniitti, harmaa V220h

Reunatuki, graniitti, harmaa V220h

Reunatuki, graniitti, harmaa V220h

-0.12

-0.06

-0.12

-0.49

-0.49

-0.49 = +3.05

-0.37

-0.39

0.020

0.020

0.030

0.025

-0.58

-0.63

-0.49

-0.52

Rakennuksen seinälinja

Katualueen raja

Mittalinja

Puu tuetaan runkosuojaan.

Ilmastusputki

Ilmastuskaivo

Katualueen raja

Kaukolämmön laki +2.45  
Kaapelireittejä tämän tason alapuolella. Tulevaisuuden tulvakorkeus 100a = n. +2.6

11.1.2017

Lopputäyttö Imujäte 500mm

Kaukojäähdytys DN400

Kaukolämpö DN300

Elisa, 3xM100  
Sonera, 4xM110  
DNA, 2xM110  
Helen Sähköverkko, 2xMP140  
Helen Sähköverkko, 8xMP110  
KPO Ulkovalaistus, 1xMP110  
Helen Sähköverkko, 2x70CU

Asennuslusta 150mm  
Arina 300mm/Suodatink. N3

Suojaputket, imujäte

PÄÄLLYSRAKENNE 6-E

Betonikiveys, punainen	0.09
Asennushiekka	0.05
Tasauskerros, murske # 0...32	
Kantava kerros, murske # 0...63	0.15
Tukikerros, murske # 0...90	0.50
Suodatinkangas N3	
<b>Yhteensä</b>	<b>0.79</b>

PÄÄLLYSRAKENNE 6-E

Sorakate # 2...8	0.05
Kasvualusta	0.30
Läpäisevä kerros	0.10
1/3 kasvialustaa	
2/3 soraa # 2...20	
Tukikerros, murske # 0...90	0.34
Suodatinkangas N3	
<b>Yhteensä</b>	<b>0.79</b>

Lopputäyttö

Alkutäyttö

JV 250 PVC/k-SN8

Vj 200 GRP/k-PN10

PÄÄLLYSRAKENNE 6-E

Noppakiveys, punainen	0.09
Asennushiekka	0.06
Sepeli # 8...16	0.20
Kantava kasvialusta	1.00
Suodatinkangas N3	
Pohjamaa	
<b>Yhteensä</b>	<b>1.35</b>

Nykyinen louhepenger

YK-pylväs perustus

PÄÄLLYSRAKENNE 6-E

AB-8/90	0.04
Tasauskerros, murske # 0...32	
Kantava kerros, murske # 0...63	0.15
Tukikerros, murske # 0...90	0.60
Suodatinkangas N3	
<b>Yhteensä</b>	<b>0.79</b>

PÄÄLLYSRAKENNE 6-E

Luonnonkivilaatta, harmaa	0.10
Maakosteaa betoni	0.06
Avoin asfaltti 16/120	0.05
Tasauskerros, murske # 0...32	
Kantava kerros, murske # 0...63	0.15
Tukikerros, murske # 0...90	0.43
Suodatinkangas N3	
<b>Yhteensä</b>	<b>0.79</b>

PÄÄLLYSRAKENNE 3-E

AB 22/120	0.05
ABK 32/120	0.05
ABK 32/150	0.06
Tasauskerros, murske # 0...32	
Kantava kerros, murske # 0...63	0.15
Tukikerros, murske # 0...90	0.50
Suodatinkangas N3	
<b>Yhteensä</b>	<b>0.81</b>

PÄÄLLYSRAKENNE 6-E

Noppakiveys, harmaa	0.09
Asennushiekka	0.05
Tasauskerros, murske # 0...32	
Kantava kerros, murske # 0...63	0.15
Tukikerros, murske # 0...90	0.50
Suodatinkangas N3	
<b>Yhteensä</b>	<b>0.79</b>

PÄÄLLYSRAKENNE 6-E

Sorakate # 2...8	0.05
Kasvialusta	0.30
Läpäisevä kerros	0.10
1/3 kasvialustaa	
2/3 soraa # 2...20	
Tukikerros, murske # 0...90	0.34
Suodatinkangas N3	
<b>Yhteensä</b>	<b>0.79</b>

PÄÄLLYSRAKENNE 6-E

Noppakiveys, harmaa	0.09
Asennushiekka	0.05
Tasauskerros, murske # 0...32	
Kantava kerros, murske # 0...63	0.15
Tukikerros, murske # 0...90	0.50
Suodatinkangas N3	
<b>Yhteensä</b>	<b>0.79</b>

PÄÄLLYSRAKENNE 3-E

AB 22/120	0.05
ABK 32/120	0.05
ABK 32/150	0.06
Tasauskerros, murske # 0...32	
Kantava kerros, murske # 0...63	0.15
Tukikerros, murske # 0...90	0.50
Suodatinkangas N3	
<b>Yhteensä</b>	<b>0.81</b>

PÄÄLLYSRAKENNE 6-E

AB 8/90	0.04
Tasauskerros, murske # 0...32	
Kantava kerros, murske # 0...63	0.15
Tukikerros, murske # 0...90	0.60
Suodatinkangas N3	
<b>Yhteensä</b>	<b>0.79</b>

3.25

3.50

3.00

5.50

3.00

3.30

1.38

1.07

3.00

3.35

0.40

(MW2013 = +0,2 N2000)

## KUSTANNUSARVIO RYHMITTÄIN



Projekti: Lentoasemanpuiston yleissuunnitelma  
Laskelma: Pohjarakenteet\_puisto\_Sito wise  
Työnumero:  
Hankkeen tyyppi: Investointi  
Vastuuhenkilö:  
Asiakas: Sitowise Oy  
Projektipäällikkö:  
Aluekerroin: 1,10  
Kustannusindeksi: **125,30 (2015=100)**  
Päivämäärä: **6.9.2022**

Laskelman kustannukset yhteensä: 14 163 500 €

### Koko laskelma

#### Rakennusosat

Tunniste	Rakennusosa	Yks.	Määrä	Yks. hinta	Yhteensä
<b>Vaihe 1</b>			<b>0</b>	<b>0,00 €</b>	<b>4 938 547 €</b>
1141	Pintamaan poisto ml. asfaltit ja muut rakenteet *	m2tr	80 000	12,00 €	960 000 €
1321.13	Puupaalut ( latvan halk. > 150mm )	mtr	16 144	28,93 €	467 070 €
1413.1	Pilaristabilointi 700 mm, kohdekozo yli 30 km	mtr	49 626	11,96 €	593 457 €
	Pilaristabilointi				
1413.1	Pilaristabilointi 700 mm, kohdekozo yli 30 km	mtr	46 084	11,96 €	551 100 €
	Lamellistabilointi				
1415.2	Lujitekangas 150/150, suuri määrä	m2tr	19 865	6,64 €	131 850 €
1611	Maaleikkaus, erittelemätön, vaikeat olosuhteet (alueleikkaukset) *	m3ktr	52 800	3,63 €	191 680 €
1611.11	+kuljetuksen lisäkustannus (30-50 km), maaleikkaus ja pengertai täyttö	m3ktr	52 800	15,03 €	793 705 €
1625	Massanvaihdon kaivannot, massojen kuljetus läjitykseen (yli 500 m3ktr), vaikeat olosuhteet	m3ktr	9 695	11,69 €	113 361 €
1625.1	+kuljetuksen osuus (yli 50 km), massanvaihtoon kuuluvat kaivannot	m3ktr	9 695	26,67 €	258 577 €

1811.11	Maapenger / aluetäyttö *	m3rtr	20 200	9,86 €	199 231 €
1811.111	+kuljetuksen lisäkustannus (25-30 km) *	m3rtr	20 200	9,64 €	194 669 €
1811.45	Vahtolasimurskepenger, määrä 200-2000 m3	m3rtr	860	68,86 €	59 220 €
1836	Massanvaihdon täyttö kovaan pohjaan	m3rtr	9 695	6,94 €	67 241 €
2131.2	Kantava ja jakava kerros, keskimäärin 500 mm KaM *	m3rtr	17 500	20,42 €	357 385 €
<b>Vaihe 2</b>			<b>0</b>	<b>0,00 €</b>	<b>2 558 165 €</b>
1413.1	Pilaristabilointi 700 mm, kohdekoko yli 30 km Pilaristabilointi	mtr	82 223	11,96 €	983 272 €
1413.1	Pilaristabilointi 700 mm, kohdekoko yli 30 km Lamellistabilointi	mtr	68 231	11,96 €	815 947 €
1611	Maaleikkaus, erittelemätön, vaikeat olosuhteet (alueleikkaukset) *	m3ktr		3,63 €	0 €
1611.11	+kuljetuksen lisäkustannus (30-50 km), maaleikkaus ja pengertai täyttö	m3ktr		15,03 €	0 €
1811.11	Maapenger / aluetäyttö *	m3rtr	21 900	9,86 €	215 998 €
1811.111	+kuljetuksen lisäkustannus (25-30 km) *	m3rtr	21 900	9,64 €	211 052 €
1811.45	Vahtolasimurskepenger, määrä yli 2000 m3	m3rtr	2 587	65,14 €	168 520 €
2131.2	Kantava ja jakava kerros, keskimäärin 500 mm KaM *	m3rtr	8 000	20,42 €	163 376 €
<b>Vaihe 3</b>			<b>0</b>	<b>0,00 €</b>	<b>1 225 629 €</b>
1413.1	Pilaristabilointi 700 mm, kohdekoko yli 30 km Lamellistabilointi	mtr	15 783	11,96 €	188 743 €
1413.1	Pilaristabilointi 700 mm, kohdekoko yli 30 km Pilaristabilointi	mtr	60 720	11,96 €	726 126 €
1611	Maaleikkaus, erittelemätön, vaikeat olosuhteet (alueleikkaukset) *	m3ktr		3,63 €	0 €
1611.11	+kuljetuksen lisäkustannus (30-50 km), maaleikkaus ja pengertai täyttö	m3ktr		15,03 €	0 €
1811.11	Maapenger / aluetäyttö *	m3rtr	10 700	9,86 €	105 533 €
1811.111	+kuljetuksen lisäkustannus (25-30 km) *	m3rtr	10 700	9,64 €	103 117 €
2131.2	Kantava ja jakava kerros, keskimäärin 500 mm KaM *	m3rtr	5 000	20,42 €	102 110 €
<b>1000-4000</b>	<b>Rakennusosat yhteensä</b>				<b>8 722 341 €</b>

## Työmaatehtävät

5100	Rakentamisen johtotehtävät	436 117 €
------	----------------------------	-----------



5300	Rakentamisen työmaatehtävät ja erityiset työmaakulut	174 447 €
5400	Työmaapalvelut	174 447 €
5500	Työmaan kalusto	87 223 €
5200	Urakoitsijan yritystehtävät	959 457 €
5761.31	Hintatason muutokset	0 €

---

<b>Työmaatehtävät yhteensä</b>	<b>1 831 692 €</b>
--------------------------------	--------------------

---

<b>1000-5500 Rakennusosat ja työmaatehtävät yhteensä</b>	<b>10 554 032 €</b>
--	---------------------

### Tilaaajatehtävät

5600	Suunnittelutehtävät	1 055 403 €
5700	Rakennuttamis- ja omistajatehtävät	2 554 076 €

---

<b>Tilaaajatehtävät yhteensä</b>	<b>3 609 479 €</b>
----------------------------------	--------------------

---

<b>1000-5580 Rakennusosat, työmaatehtävät ja tilaaajatehtävät yhteensä</b>	<b>14 163 511 €</b>
--	---------------------

### Muut kustannukset

Nimi	Yks.	Määrä	Yks. hinta	Yhteensä
<b>Muut kustannukset yhteensä</b>				
Koko hanke yhteensä	(Alv. 0%)			14 163 500 €
	(Alv. 24%)			3 399 200 €
Koko hanke yhteensä	(Alv. 24%)			17 562 800 €