Pvm.
19/01/2026

Asiakas
Tampereen kaupunki

Esirakentamisselvitys

Kaupinlaakso II, asemakaava

Sisältö

1 Toimeksianto 4
2 Suunnittelualueen yleiskuvaus 5
3 Lähtötiedot 6
3.1 Pohjasuhteet ja maaperäkuvaus 6
3.2 Pohjavesi 7
4 Aluejako 9
5 Alueen yleistasaus 10
6 Esirakentaminen 16
6.1 Yleisesti 17
6.2 Korttelialueet 20
6.3 Puistoalueet 21
6.4 Pohjavesi 23
6.5 Tulvapenger 26
6.6 Rakentamisen vaiheistus 26
6.7 Massojen välivarastointi 28
6.8 Mustaliuskeen ja turpeen ympäristönäkökulmat 29
7 Geotekniset laskelmat 31
8 Määrä- ja kustannuslaskelmat 31
8.1 Esirakentamisen kustannukset 31
8.2 Korttelialueiden esirakentamiskustannukset 32
9 Hiilijalanjälkilaskelmat 33
9.1 Laskennan rajaus ja käytetyt oletukset 33
9.2 Esirakentamisen päästöt 34
9.3 Vaikutukset hiilinieluihin ja -varastoihin 37
9.4 Epävarmuustekijät 40
9.5 Johtopäätökset 41
10 Jatkotoimenpide-ehdotukset 42
11 Lähteet 43

Liitteet

Liite 1 Esirakentamisen vaihtoehtotarkastelut

Erillisliitteet, kartta- ja laskelma-aineisto

Liite 1.1 Kovan pohjan korkeusasema
Liite 1.2 Yleistasauksen ja nykyisen maanpinnan erotus
Liite 1.3 Alustavat pohjanvahvistustoimenpiteet
Liite 1.4 Alasjärven tulvatarkastelu
Liite 1.5 Pohjavedenpinnan taso ja kellarillisuus
Liite 1.6 Päivitetty rakennettavuuskartta
Liite 1.7 Rakentamisen vaiheistus, havainne-esitys
Liite 2.1 Havainneleikkaukset A – A ja B – B
Liite 4.1 Pinnantasaussuunnitelma
Liite 4.2 Tasaussuunnitelma, mallikortteli 1
Liite 4.3 Tasaussuunnitelma, mallikortteli 2
Liite 5.1 Kustannusarvio
Liite 6.1 Päästölaskenta

1 Toimeksianto

Toimeksiantona on ollut selvittää Alasjärven länsipuolen asemakaava-aluekokonaisuuden Kaupinlaakso II 8931 esirakentamistarve ja -toimien laajuus, sekä selvittää myös kohteeseen parhaiten soveltuvat esirakentamismenetelmät. Menetelmien arvotus on tehty yhdessä tilaajan kanssa huomioiden tekninen soveltuvuus, riskit, CO_2-päästöt ja yksikkökustannukset.

Selvitys liittyy Tampereen kaupungin kaavoitukseen uudesta asuinalueesta ja se on laadittu alueen jatkosuunnittelun ja päätöksenteon pohjaksi. Asemakaavatyössä 8931 mahdollistetaan raitiotiekadun, sekä sitä ympäröivien asuin- ja muiden kortteleiden ja kaupunginosapuiston rakentaminen nykyisen Tammer-golf Ry:n omistaman golfkentän alueelle.

Esirakentamisselvityksen laatijana on toiminut AFRY Finland Oy. Toimeksiantajan edustajana suunnittelutyön ohjauksesta ovat vastanneet projektiarkkitehti Markku Kaila, Susanna Virjo, geotekniikkainsinööri Ville-Pekka Olden sekä massakoordinaattori Matti Pokkinen.

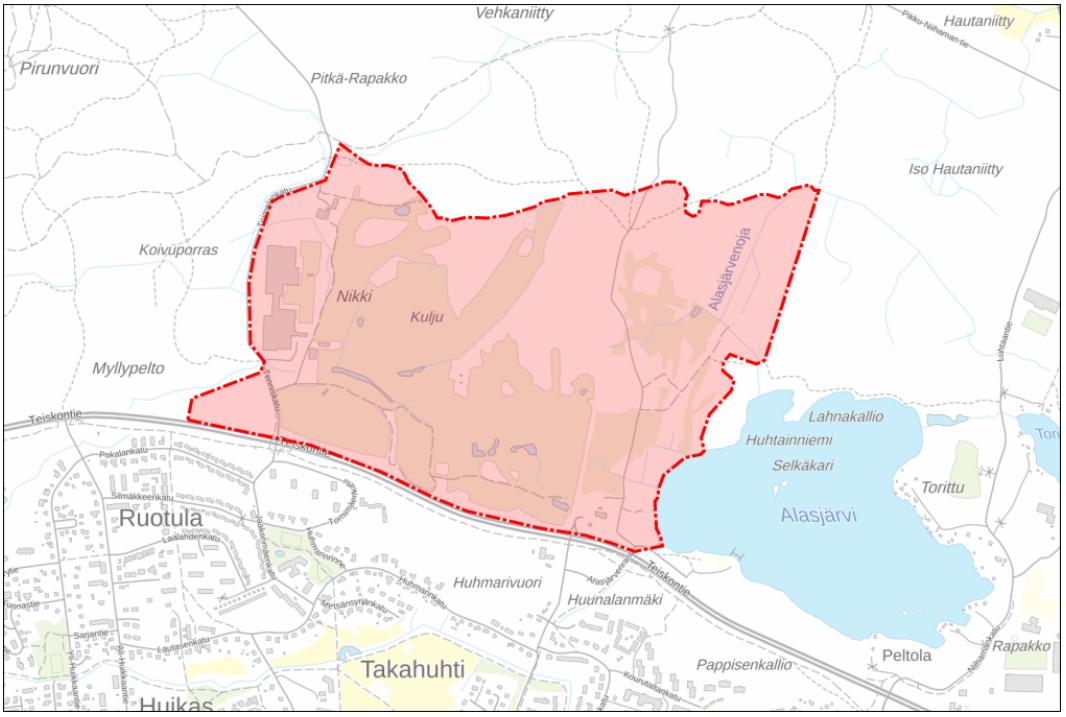
Konsultin suunnittelutyöryhmä on koostunut seuraavista henkilöistä:

- Juho Mansikkamäki, projektipäällikkö ja vastuusuunnittelija
- Iikka Hyvönen ja Matti Holopainen, geosuunnittelu
- Mia Lääkkölä, pinnantasaussuunnittelu
- Riikka Anttonen ja Tuukka Nissilä, päästölaskenta

Esirakentamisselvityksessä kaava-alue on jaettu pienempiin osa-alueisiin A, B, C ja D. Selvityksessä on kuvattu eri alueiden pohjanvahvistustarpeet ja niiden toteutusperiaatteet sisältäen eri työvaiheet ja eri vaiheiden arvioidut kustannukset sekä päästölaskelma esirakentamisen aiheuttamista hiilidioksidipäästöistä. Toimeksianto on myös sisältänyt suunnittelualueen alustavan maanpinnan korkeustason määrittämisen.

2 Suunnittelualueen yleiskuvaus

Asemakaavan suunnittelualueen rajana on lännessä Toimelankatu sekä korttelin 4607 länsiraja, pohjoisessa Kauppi-Niihaman metsäalueilla sijaitseva Tampereen kaupunkipuiston aluerajausesitys, idässä Alasjärven ranta ja Lahnakallion luonnonsuojelualueelle esitetty aluerajaus sekä etelässä Teiskontie. Alueen laajuus on noin 110 ha. Suunnittelualueen rajat ovat esitetty alla olevassa kuvassa 2.1. Raportissa esitetyt korkeustasot ovat N2000 järjestelmän mukaisia.



Kuva 2.1 Suunnittelualueen rajaus kartalla

Esirakentamisselvitys keskittyy pääosin hieman tätä suppeammalle rakennettavuusselvitysalueelle, jolla on riittävät pohjasuhdetiedot työn suorittamiseksi, ja jolle suunnitellut rakentamistoimenpiteet kohdistuvat.

Suunnittelualueella sijaitsee tällä hetkellä Tammer-golf Ry:n omistama 18-väyläinen golfkenttä. Kenttä on avattu käyttöön vuonna 1969 ensin 9-väyläisenä ja laajennustoimenpiteiden jälkeen 18-väyläisenä vuonna 1987. Ennen golfväylien rakentamista alue on ollut pääasiassa

maatalouskäytössä ja koostunut useasta viljelyskäytössä olleesta pellosta.

3 Lähtötiedot

3.1 Pohjasuhteet ja maaperäkuvaus

Suunnittelualue on pääosin ympäröivien moreeni- ja kalliokohoumien väliin muodostunutta pehmeikköaluetta. Alueen itä- ja koillisosissa on moreeni- ja kallioaluetta, mutta muuten pohjamaa on löyhää silttiä ja savea. Lisäksi alueella on huomattavia eloperäisiä turve- ja liejukerroksia sekä sekalaisia täyttömaakerroksia.

Tarkempi kuvaus suunnittelualueen maaperästä löytyy Ramboll Finland Oy:n laatimasta rakennettavuusselvityksestä (8931 Alasjärven asemakaava-alue, Rakennettavuusselvitys, 11.6.2023), jota on käytetty tämän selvityksen lähtötietona.

Tämän selvityksen päivityksen yhteydessä tehtiin lisäpohjatutkimuksia keväällä 2025. Pisteet on numeroitu X1…X28. Tutkimusten pääpaino oli turvealueiden kartoituksessa. Lisäksi asennettiin 5 uutta pohjavesiputkea. Pohjatutkimusten alueellisessa kattavuudessa on kuitenkin edelleen merkittävää vaihtelua. Paikoitellen tutkimuksia on harvassa, mikä tuo epävarmuutta selvityksen tuloksiin erityisesti massamäärien osalta. Alun perin Ramboll Finland Oy:n laatima rakennettavuuskartta on päivitetty uusien tutkimusten mukaisesti (liite 1.6). Yleishavaintona tutkimusten perusteella on todettavissa, että turvepehmeikkö ei ole yhtenäinen, vaan koostuu useammista jokseenkin erillisistä turvelämpäreistä, joissa turpeen paksuus voi olla yli 5 m. Turpeen paksuus voi vaihdella alueella varsin lyhyelläkin matkaa.

Alueen itäpäässä on laajalti vanhoja täyttöalueita, joiden arvioitu laajuus on esitetty liitteessä 1.6. Täytöissä on käytetty rakennusjätettä ja täytöissä on myös pilaantunutta maata. Geoteknisesti näitä nykyisiä

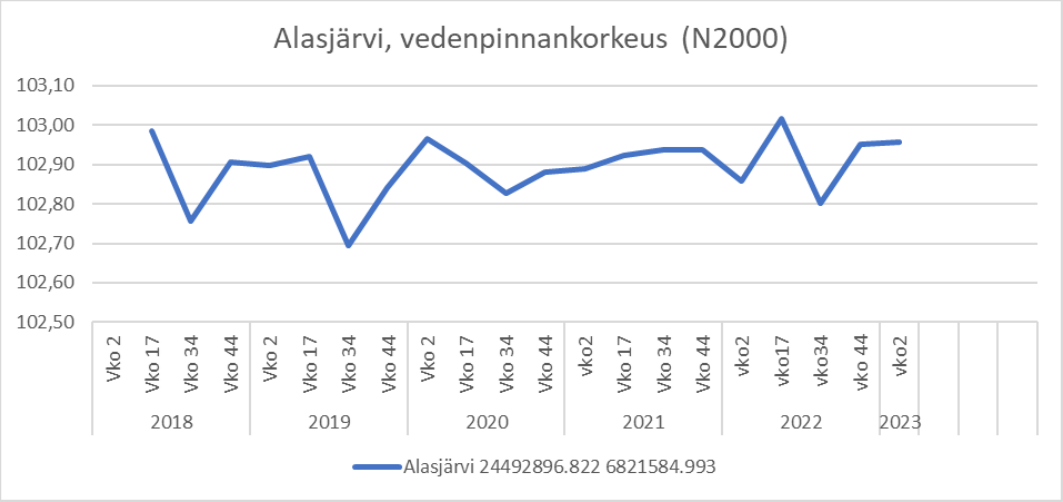
täyttöjä voidaan hyödyntää alueella, mutta niiden ympäristökelpoisuus tulee selvittää etukäteen.

3.2 Pohjavesi

Alueelle on asennettu yhteensä 9 kpl pohjavesiputkia vuosien 2022–2023 välisenä aikana ja 5 kpl alkuvuodesta 2025. Pohjaveden pinnankorkeus on havaittu pääosin tasovälillä +101,6…+103,45 tarkkailuajanjaksolla 9.2.2022 – 2.5.2024 ollen pääosin 0,3–3 metrin syvyydessä maanpinnantasosta mitattuna. Paikoitellen pohjavedenpinta on siis hyvin lähellä maanpintaa. Uudet pohjavesiputket eivät muuttaneet alueen pohjavesipinnan yleiskuvaa.

Geotekniikassa ja maarakentamisessa paineellisella pohjavedellä tarkoitetaan niin suurta pohjaveden painetasoa, että pohjavesi työntyy maahan tehdyssä kaivannossa tai reiässä maanpintaan asti. Pohjavesigeologiassa taas paineellisella pohjavedellä tarkoitetaan kaikkea huonosti vettä läpäisevässä maaperässä, kuten savessa ja siltissä syntyvää vedenpainetta. Alueella ei siis geoteknisesti ole paineellista pohjavettä, vaikkakin pohjavesitaso on paikoin todella lähellä maanpintaa. Geologisesti taas alueen savikoissa esiintyy paineellista pohjavettä, mikä on tavanomaista.

Alueen itäpuolella olevan Alasjärven pinnankorkeus on kaupungin suorittaman vedenpinnankorkeusmittauksen (kuva 3.1.) mukaan noin tasolla +102,9. Mittausjaksolla 2018 – 2023 vesipinta on vaihdellut maltillisesti tasolla +102,7 – +103,0. Alasjärven vedenpinnantasoa säätelee pohjapato, joka on rakennettu Alasjärven lounaiskulmassa sijaitsevaan purkuojaan.



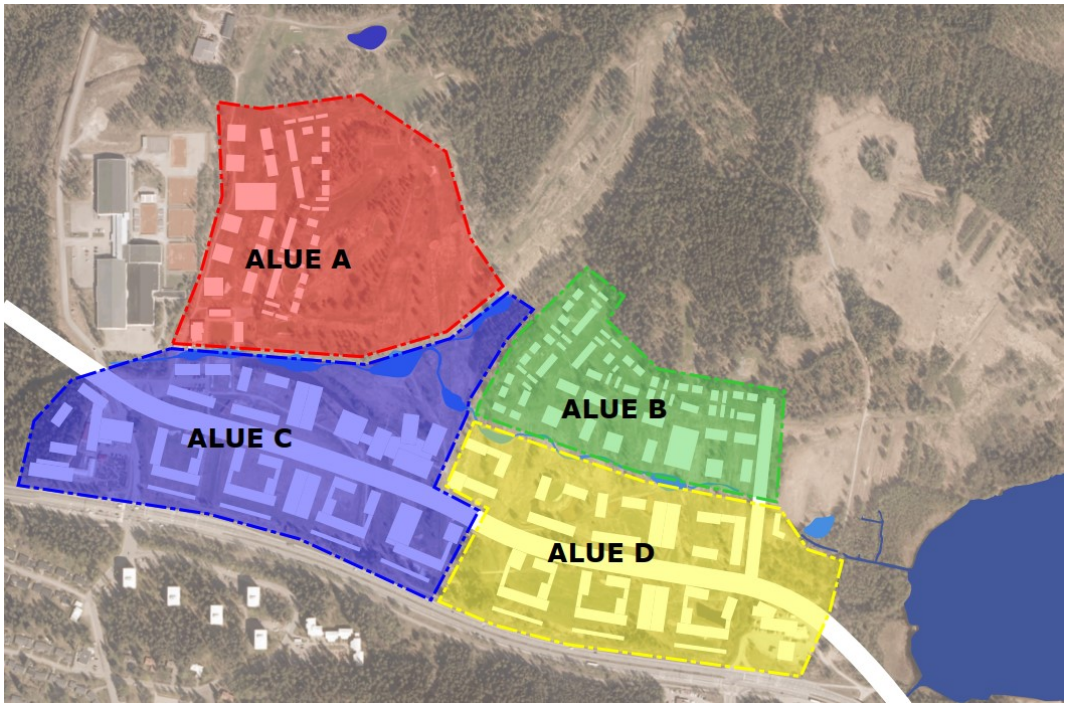
Kuva 3.1. Alasjärven vedenpinnan korkeusseuranta 2018–2023 (Tampereen kaupunki).

Pohjaveden pinnankorkeuksia sekä laatua on selvitetty tarkemmin Ramboll Finland Oy:n laatimassa yhteenvetoraportissa kaava-alueen ympäristötutkimuksista.

4 Aluejako

Alasjärven länsipuolen asemakaava-alue 8931 on jaettu tässä selvityksessä neljään osa-alueeseen, jotka ovat nimetty kirjaimin A, B, C ja D. Aluejako perustuu kaavarungossa esitettyihin korttelikokonaisuuksiin ja niiden välissä oleviin puistoalueisiin sekä suunniteltuun itä-länsi suuntaiseen uuteen hulevesien hallintaan liittyvän ojastoon. Suunnittelualueen aluejako on esitelty kuvassa 4.1.

Kaava-alueen rakentamista tahdistaa sammakoiden ja korentojen uusien elinympäristöjen (lampien) rakentaminen ennen varsinaisia esirakentamistoimenpiteitä. Rakentamisen vaiheistumisesta on laadittu havainne-esitys, jota on käsitelty tarkemmin kappaleessa 6.6. Kaava-alueen alapuolisia vesistöjä luontoarvoineen on suojeltava erityisesti esirakentamisen aikana. Hulevesien työnaikaisesta hallinnasta on laadittava erilliset suunnitelmat ja rakentamisalueilla syntyvät hulevedet on käsiteltävä työnaikaisilla hallintarakenteilla, joita ovat mm. viivytys- ja laskeutusaltaat, painanteet sekä suotopadot.



Kuva 4.1 Suunnittelualueen aluejako

Varsinaisista kunnallisteknisistä rakentamistoimista alkavat ensimmäisenä raitiotiekadun sekä sen ympärillä sijoittuvien korttelirakenteiden rakentaminen. Tämän jälkeen rakentuu vaiheittain alueen keskuspuisto sekä korttelialueet luoteisille ja koillisille alueille.

5 Alueen yleistasaus

Selvitysalueelle on laadittu yleistasaus, joka on lähtökohta esirakentamistoimenpiteiden suunnittelulle, pohjarakennus-vaihtoehdoille, aluekuivatukselle sekä kustannus- ja päästölaskennalle. Tasaussuunnitelma on esitetty liitteessä 4.1.

Yleistasaus on laadittu siten, että rakennettavat alueet liittyvät luontevasti suunnittelualuetta ympäröivään maastoon. Nykyistä maanpintaa on tarkasteltu käyttämällä Maanmittauslaitoksen v.2023 laseraineistoa, Tampereen kaupungin maastomalliaineistoa 2025 (Oskari karttapalvelu), Tampereen kaupungin kantakartta-aineistoa, sekä erillisiä tarkemittauksia.

Tasauksen lähtökohtana oli ratikkakadun tasaus ja alun perin Ramboll Finland Oy:n aiemmin laatima alueen alustava yleistasaus. Nomaji laati alkuvuodesta 2024 yleissuunnitelmatarkastelun, jonka perusteella pinnantasaus on päivitetty keväällä 2024 ja uudemman kerran kesällä 2025. Ratikkakadun ja sadevesipuiston välillä on suuri korkeusero, mikä tekee yhteensovituksesta haastavaa. Yleistasaus on päivitetty vastaamaan Nomajin laatimia kaupunginosapuiston ja mallikortteleiden suunnitelmia (syyskuu 2025). Samalla on otettu huomioon kaavoituksen ehdotukset rakennusmassojen sijoittelusta.

Merkittävä tasausta määrittävä tekijä on ollut myös pohjavesipinta, joka laajalla alueella on lähellä maanpintaa. Alimmat mahdolliset lattiakorot on määritetty selvityksen yhteydessä suhteessa pohjavedenpinnantasoon, mikä on asemoinut kerrostasot ja mahdolliset kellarit.

Raitiotieallianssin ja eri väyläsuunnittelijoiden ajantasaisimmat suunnitelmat on päivitetty tasaukseen niiden saatavuuden mukaan. Rambollin laatiman alustavan hulevesisuunnitelman toteutettavuutta on arvioitu myös tasausta suunnitellessa.

Aikaisempiin suunnitteluvaiheisiin verrattuna yleistasausaluetta on tarkennettu huomioiden etenkin seuraavat osa-alueet:

Mallikortteleissa:

- esteettömät kulkureitit sisäpihalla
- nostopaikkojen kaltevuudet
- tulvareittien varmistaminen
- viivytyspainanteiden toteutettavuus

Tenniskeskuksen itäpuolella:

- uudet korttelialueet ja haastavien paikkojen identifiointi
- siirrettävät hulevesiuomat golfkadun itä- ja länsipuolella (tenniskeskuksen tontin rajalla)
- Korttelituvan ympäristön toteutettavuus

Puistoalueella:

- säilytettävien ja uusien lampien korkoasema
- säilytettävien puustoalueiden huomioon ottaminen
- puiston väylien esteettömyys sekä korkomaailma suhteessa lampiin ja uomaan
- tulvareittien toimivuuden varmistus

Ratikka-kadun varrella:

- liittymien korot ja lattiatasotarkastelut
- kadun kaltevuustarkastelut tonttien näkökulmasta
- 1 kpl mallikorttelin tasaussuunnitelma
- koulun ympäristön tarkemmat tasaustarkastelut

Viheriönkadun ja Puttikadun alue:

- kallioesiintymien vaikutus valittaviin lattiakorkoihin
- katujen korkoehdotukset Rambollin katusuunnittelijalle tonttien toteutettavuuden helpottamiseksi
- 1 kpl mallikorttelin tasaussuunnitelma
- mahdollisten hulevesiratkaisujen pohtiminen alueen pohjoisrajalla

Läntisen ”palvelukorttelin” alue:

- tasaustarkastelut palvelukodin, kaupan ja pysäköintihallin alueella
- alikulkutunnelin väylän toteutettavuuden tarkastelut

Teiskontien varren alue:

- nykyisen hulevesiojan korkomaailman huomioon ottaminen tasaussuunnittelussa
- autokatosten ja meluvallien vaikutus tulvareitteihin
- sisäpihojen tulvareittien haasteellisuus

Viheriönkadun itäpuolella:

- arvioitu kahvila-/huoltorakennuksen korkoasemaa suhteessa viereiseen katuun ja pysäköintialueeseen
- kahvilan ympäristön väylän toimivuustarkastelu korkojen suhteen ja uusi tasaus
- arvioitu jätevesipumppaamon optimaalista sijaintia suhteessa ympäröivään korkomaailmaan

Jatkosuunnittelussa huomiota tulee kiinnittää ainakin seuraavien alueiden tasaussuunnitteluun.

A-alueella

- Golfkadun koillispäässä siirrettävän hulevesiuoman itäpuolen korttelin toteutettavuus; pitkä jatkuva rakennusmassa vs. korkeuserot
- Urheilukentän pohjoispuolen korttelin viheralueen tasaus; säilytettävä kosteikko/lampi; alueelle kuivattuu golfkentän länsireunalle kaavailtua leikkikenttäaluetta, mutta mikäli säilytettäväksi merkityt puut jätetään nykyiselleen, muodostuu niiden kohdalle mahdollisesti toinen lammikko.

B-alueella

- Koilliskulmassa alueella B nurkkakorttelin yhteensovitus maastoon pohjois-/itäreuna, jossa korkeuseroa ja mahdollisesti louhintaa. Pohjoiseen maastoon suuntaavan kävelyväylän yhteensovitus (korkoero metsän rajassa).
- Metsästä alueelle valuvien valumavesien ohjaus, esim. niskaoja alueen B pohjoisreunalla
- B-alueen länsireunan yhteensovitus (korkoero + rakennukset lähellä tonttirajaa)

C-alueella

- Palvelukorttelin läpikulkumahdollisuus alikulkukäytävälle (korkoerot)
- Teiskontien ojan linjaukset ja korot meluvallien ja tukimuurien takana

D-alueella

- Frisbee-golf alueen kahvilan/huoltorakennuksen ja muuntamon alue ja liittymät

Alueen toimintojen osalta on tarkasteltu lähtötietoina pääasiassa seuraavia suunnitelmia:

- 390_Kaupinlaakso_II Mallikorttelit (26.9.2025) Nomaji
- 390_Kaupinlaakso_II_Kaupunginosapuisto (26.9.2025) Nomaji
- 8931_viitesuunnitelma_korot (26.08.2025) Tampeen kaupunki

- 8931_kantakartta (22.9.2025) Oskari karttapalvelu
- Hulevesien_hallinta_Alasjarvi (9.9.2025) Ramboll

Lisäksi on saatu eri valmiusasteella olevia väyläsuunnitelmia Swecolta, Rambollilta sekä Afrylta. Nykymaaston korkotarkasteluihin on ollut käytössä sekä maanmittauslaitoksen avoimen datan laserkeilausaineistoa vuodelta 2022 että Tampereen kaupungin Oskari-karttapalvelun laserkeilauksella tuotettua maastomalliaineistoa.

Yleistasauksen minimikaltevuutena on käytetty 2 prosenttia, joka mahdollistaa painovoimaisen viemäröinnin sekä aluekuivatuksen, korttelialueet huomioiden, suunniteltuun hulevesiojastoon. Kortteleiden sisäpihoilla yleiskaltevuuden keskiarvoksi asettui 2,5 prosenttia vastakallistusten vuoksi. Kävelyväylät on suunniteltu 5% maksimikaltevuudella, ollen usein loivempia puistoalueella. Korttelialueiden yleistasauksessa on huomioitu alueen pohjaveden pinnankorkeus siten, että rakennusten oletettu perustamis- ja kuivatustasot ovat pohjaveden pinnantasoa ylempänä. Yleistasauksessa on oletettu, että rakennusten perustukset ja kuivatustasot ovat noin 1,5 metrin syvyydellä yleistasauksesta.

Ratikkakadun ja hulevesiuoman välissä olevissa kortteleissa on merkittävää korkeuseroa. Maanpinta laskee pohjoiseen korttelin matkalla jopa 4 m +106,5 -> +102,5. Suuri korkeusero edellyttää toteutusvaiheessa korttelipihalla tukimuureja tai luiskauksia sekä luiskia esteettömyyden saavuttamiseksi. Sokkelikoroista on paikoitellen tingittävä sokkelinostoilla etenkin ratikkakadun varrella. Kortteleiden rakennuksiin tulee mahdollisesti porrastettuja lattiatasoja pohjoista kohti sekä sisäänkäynnit eri kerroksiin talon molemmin puolin.

Yleistasauksessa on myös huomioitu Alasjärven tulvatasojen aiheuttama riski. ELY-keskuksen lausunnossa on esitetty alin suositeltava rakentamiskorkeus, joka on +104.2. Useat rakennuksen tulevat sijoittumaan tämän tason alapuolelle. Alasjärven tulviminen kaava-alueelle estetään rakentamalla alueen itäreunaan pohjois-etelä

suuntainen katu vähintään korkeustasoon +104.70. Katu toimii tällöin suunnitellusti patorakenteena tulvatilanteessa. Patorakenteen osalta katu tulee rakentaa valmiiksi ennen länsipuolen alueiden korttelirakentamista.

6 Esirakentaminen

Esirakentamisella tarkoitetaan ennen varsinaista rakentamista tehtäviä pohjarakennustoimenpiteitä, joilla parannetaan maaperän rakennettavuutta. Esirakentamisen avulla jopa täysin rakennuskelvoton maapohja voidaan muokata kunnallistekniikalle sekä asuinrakentamiselle soveltuvaksi.

Kaava-alueelle suunnitellussa yleistasauksessa tuleva maanpinta on suunniteltu nykyisen maanpinnan tason yläpuolelle suurimmalla osalla aluetta. Kuvassa 6.1 on esitetty värein nykyisen maanpinnan ja tulevan maanpinnan erotus. Vihreällä väritetyillä alueilla tuleva maanpinta on nykyisen maanpinnan alapuolella. Punaisella väritetyillä alueilla tuleva maanpinta on nykyisen maanpinnan yläpuolella.

Kuva 6.1 Suunnitellun yleistasauksen ja nykyisen maanpinnan erotus (liite 1.2).

Suunniteltujen täyttöpenkereiden paksuus vaihtelee yleistasauksen korkeusasemien mukaan 0,5…4,5 metrin välillä. Täyttömaiden lisäkuormasta johtuen alueella oleva eloperäinen ja löyhässä tilassa oleva hienoainespitoinen maaperä kokoonpuristuu, eli painuu. Esirakentamistöiden tarkoituksena on mahdollistaa alueelle kaavoitettu rakentaminen sekä minimoida alueelle rakennettavan kunnallistekniikan ja rakenteiden käytön aikaiset haitalliset painumat.

Alueelle soveltuvista esirakentamismenetelmistä suositeltavimmat ovat teknis-taloudellisin perustein massanvaihto sekä esikuormitus ylipenkereillä. Massastabilointia on käsitelty liitteessä 1.

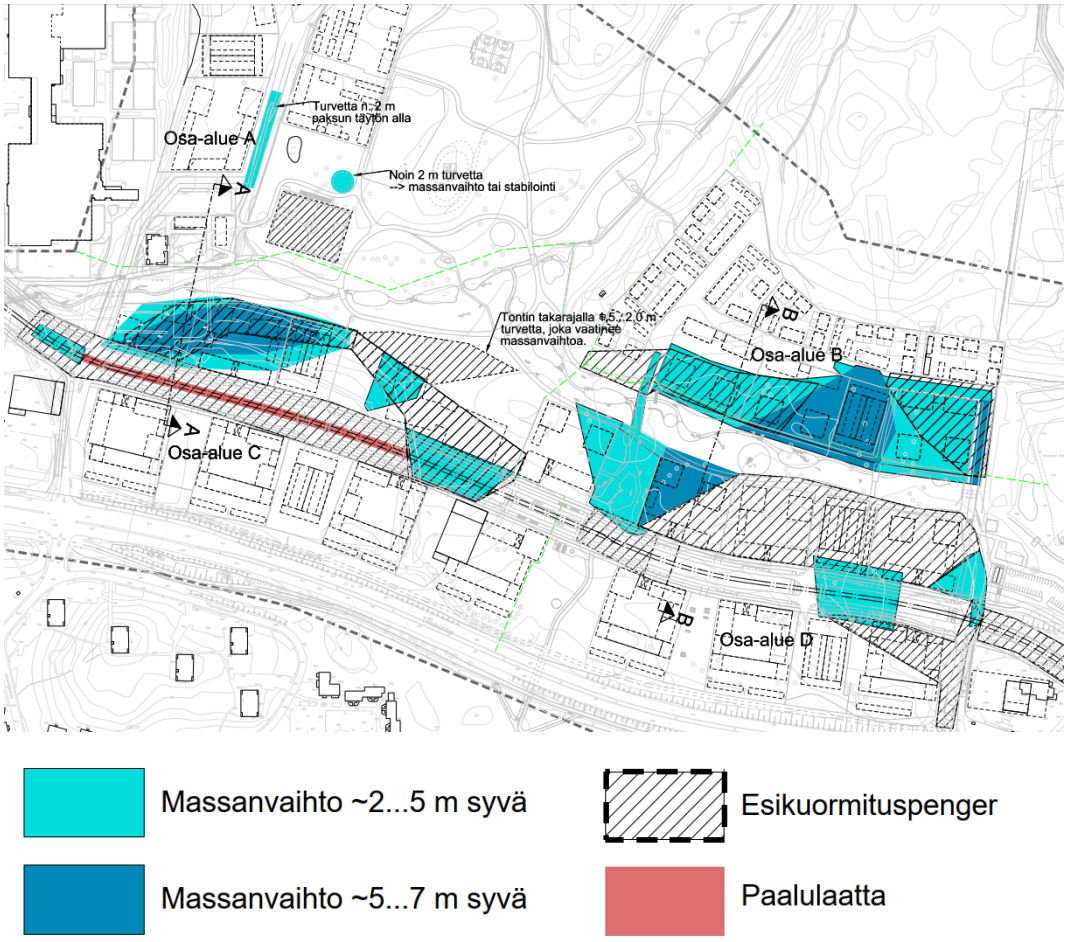
Massanvaihto on yleisesti Suomessa käytetty pohjanvahvistusmenetelmä, missä heikosti kantavat ja eloperäiset maakerrokset (turve ja lieju) korvataan karkearakeisilla ja kantavilla täyttömaa-aineksilla. Massanvaihto toteutetaan joko kaivamalla tai pengertämällä. Massanvaihdon täyttömateriaalina käytetään louhetta tai muita kitkamaalajeja kuten soraa, hiekkaa tai moreenia. Paalutettavilla massanvaihtoalueilla suositeltavia täyttömateriaaleja ovat paalutyypistä riippuen hiekka, murske tai pienikivinen sora.

Esikuormitus on syvätiivistysmenetelmä, missä rakennettavaa aluetta kuormitetaan ennen varsinaista rakentamista kuormituksella, joka on suurempi kuin tuleva kuorma. Esikuormitusajan jälkeen ylipenger poistetaan suunniteltuun tasoon asti ja pois kaivettu materiaali hyödynnetään uudelleen alueella. Esikuormituksen kesto on tyypillisesti 0,5 – 2 vuotta riippuen siitä, miten hyvin maapohja läpäisee vettä sekä painuvan kerroksen paksuudesta.

6.1 Yleisesti

Liitteen 1.3 suunnitelmapiirustuksessa sekä kuvassa 6.2 on esitetty alustavat esirakentamistoimenpiteet osa-alueittain. Alustavissa toimenpidevaihtoehdoissa on käytetty neljää erilaista esirakentamistapaa:

1. Matala massanvaihto, syvyys ~2…5 metriä
2. Syvä massanvaihto, syvyys ~5…7 metriä
3. Esikuormituspenger
4. Paalulaatta (raitiotiellä)



Kuva 6.2 Kaava-alueen alustavat esirakentamistoimenpiteet

Suurimmat esirakentamistyöt kohdistuvat alueen keskellä olevan nykyisen ojauoman ympäristöön, missä maaperän pintaosa koostuu vaihtelevan paksuisesta turvekerroksesta. Esirakentamistoimenpiteenä turvealueilla käytetään massanvaihtoa. Paksuimmat turvekerrokset ovat paikoitellen jopa 6–7 metrin syvyisiä osa-alueilla C ja B.

Esikuormituspenkereitä on suunniteltu alueille, missä esiintyy paksuja kokoonpuristuvia hienoainespitoisia maakerroksia (savi, siltti). Esikuormituspenkereitä on suunniteltu käytettävän lisäksi alueilla missä poistetun turvekerroksen alapuolelle jää kokoonpuristuvia

maakerroksia, joita ei ole tarve poistaa. Pääosin massanvaihtojen alle jää siis kokoonpuristuvia savia. Korkeat rakennukset tulee tästä syystä myös massanvaihtoalueilla lähtökohtaisesti perustaa paaluilla. Lohkareita sisältävä massanvaihto edellyttää porapaalujen käyttöä. Kunnallistekniikka ja mahdollisesti matalia rakennuksia on mahdollista perustaa maanvaraisesti esikuormitetun ja tiivistetyn massanvaihdon varaan. Perustamistavan määrittää kussakin rakennushankkeessa lopulta kohteen vastaava pohjarakennesuunnittelija.

Turvepehmeikköjen lisäksi alueella on laajalti savipehmeikköjä, joita ei esitetä esirakennettavaksi. Näillä alueilla tulee tapahtumaan painumia, mikä tulee huomioida jatkosuunnittelussa ja rakentamisessa. Esirakentamistoimenpiteitä ei ole myöskään lähtökohtaisesti ole esitetty puistoalueille. Puistoalueiden maaperä on pääosin pehmeää, kokoonpuristuvaa ja heikosti kantavaa. Puistoalueita on käsitelty erikseen kappaleessa 6.3.

Alueen kunnallistekniikan perustaminen voi edellyttää pohjanvahvistuksia, kuten esikuormitusta tai keventeitä, joita ei ole esitetty liitteessä 1.3. Puistoalueet ovat laajalti hyvin huonosti kantavia ja kunnallistekniikan sijoittamista ko. alueille kannattaa siinä mielessä välttää. Ratikkakadulla kunnallistekniikan sijoittelussa kannattaa jatkosuunnittelussa huomioida, että kadun eteläpuoli on pohjasuhteiltaan selvästi parempi kuin pohjoispuoli.

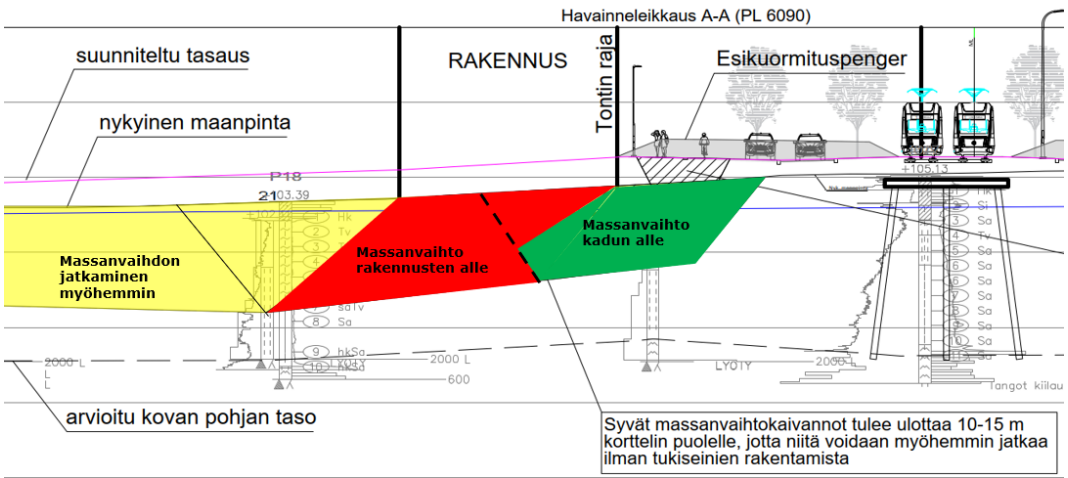
Alustavat esirakennustoimenpiteet perustuvat olemassa olevaan pohjatutkimusaineistoon, vuonna 2025 tehtyihin täydennystutkimuksiin sekä alueesta aiemmin laadittuihin selvityksiin. Pohjatutkimusten avulla on pystytty arvioimaan, millä alueilla on suurin tarve esirakentamistoimenpiteille. Esirakennettaville alueille on kuitenkin tehtävä jatkosuunnittelun yhteydessä lisää pohjatutkimuksia, joiden avulla esirakentamistoimenpiteiden ja maaperäolosuhteiden tarkempi laatu ja laajuus saadaan selvitettyä.

6.2 Korttelialueet

Merkittävä osa esirakentamisesta kohdistuu kaava-alueen yleisiin alueisiin, kuten katu- ja puistoalueet, ja osa kiinteistörakentamista varten varatuille korttelialueille. Liitteen 1.3 kartassa on esitetty myös korttelialueiden alustavat esirakentamistoimenpiteet. Korttelialueiden esirakentamistoimenpiteet suoritetaan usein vasta kortteleiden rakentamisen yhteydessä.

Korttelialueilla on myös alueita, joissa on tarpeen tehdä esirakentamista samassa yhteydessä yleisten alueiden esirakentamisen kanssa ennen katujen- ja kunnallistekniikan rakennustoimia. Näitä alueita ovat katu- ja korttelialueiden rajapinnassa tehtävät massanvaihdot. Kuvassa 6.3 on esitetty esimerkki korttelialueella tehtävästä massanvaihdosta yleisten alueiden esirakentamistöiden yhteydessä. Kyseisessä kohdassa massanvaihtokaivanto on ulotettava 10–15 metriä korttelialueen puolelle tulevien rakennusten alle, jotta massanvaihtokaivantoa voidaan jatkaa myöhemmin ilman tukiseinien rakentamista. Näitä kuvassa 6.3. punaisella esitettyjä alueita arvioidaan olevan ratikkakadun varressa 170 m matkalla yhteensä 8 500 m^3.

Puiston puolella massanvaihto on niin ikään ulotettava puiston puolelle, massanvaihdon syvyydestä riippuen 5–10 m, jotta painumia ei rakennuksen alueella synny. Tällä on vaikutusta myös sadevesipuiston suunnitteluun.



Kuva 6.3. Esimerkki katu- ja korttelialueiden esirakentamis-toimenpiteiden yhteensovittamisesta

Kortteleiden rakennusten lopulliset perustamistavat on määritettävä tonttikohtaisesti tehtyjen pohjatutkimusten perusteella myöhemmissä suunnitteluvaiheissa.

6.3 Puistoalueet

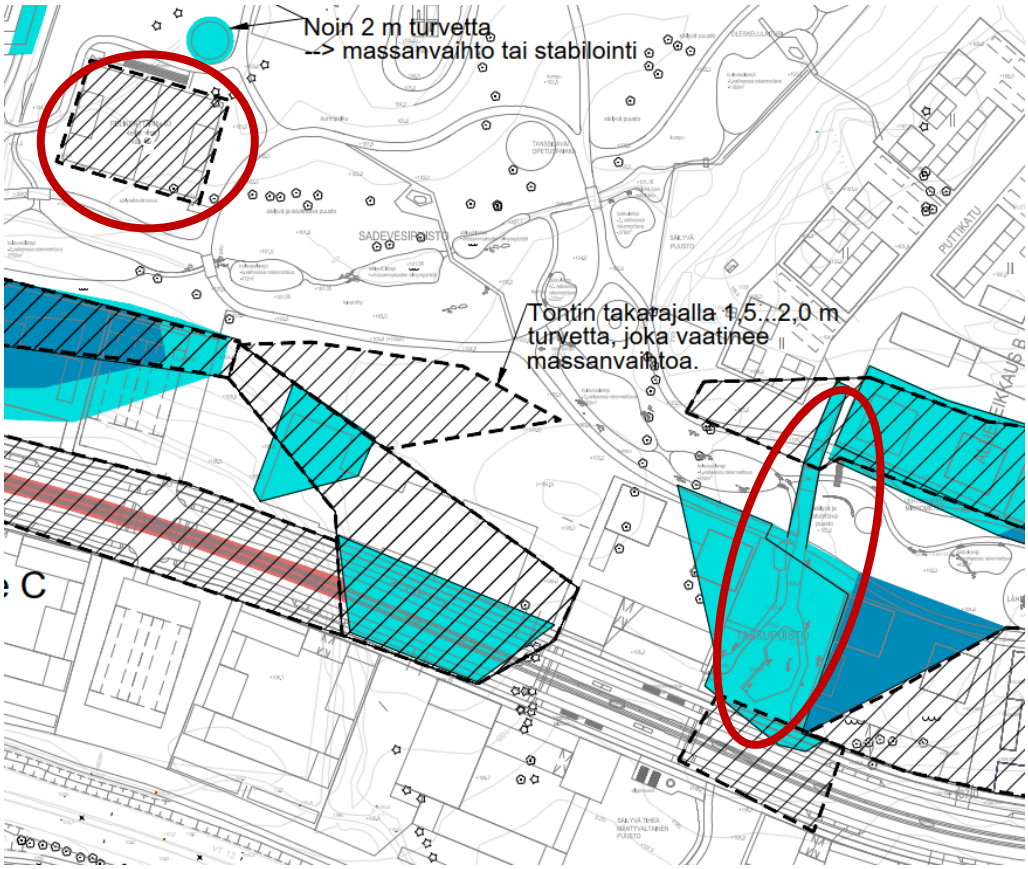
Puistoalueet sijoittuvat laajalti hyvin pehmeille ja heikosti rakennettaville alueille, mikä on ollut yksi kaava-alueen suunnittelun lähtökohdistakin. Erityisesti sadevesipuisto ja -puiston ja ratikkakadun väliin jäävä puistoalue ovat laajalti turvepehmeikköä. Pinnantasauksessa on pyritty minimoimaan puistoalueille tulevat täytöt ja siten vähentämään alueiden painumia.

Puistoalueilla, joissa ei tehdä pohjanvahvistusta, tulevat silti painumaan lisätäyttöjen vaikutuksesta. Laajojen puistoalueiden pohjanvahvistaminen aiheuttaisi erittäin mittavat päästöt sekä kustannukset. Tällöin ei myöskään olisi mahdollista säilyttää alueiden nykyistä puustoa ja kasvillisuutta. Kestävämpää on suunnitella puistoalueiden toiminnot siten, että kohtuullisista painumista ei aiheudu haittaa tai siten, että painumahaittoja voidaan kunnossapidolla vähentää.

Pohjanvahvistuksia on esitetty puistoissa vain alueille, joilla on tiukempia vaatimuksia painumattomuuden suhteen. Ratikkakadun ja sadevesipuiston väliin jäävä puisto on esitetty perustettavaksi massanvaihdon varaan, samoin puiston läpi pohjoisen suuntaan kulkeva pyörätie. Alue on korostettu kuvassa 6.4. Puistoon on esitetty toimintoja, jotka eivät salli merkittäviä painumia. Jatkosuunnittelussa toimintojen ja pohjasuhteiden tarkentuessa puistoalueen pohjanvahvistustapoja on hyvä tarkentaa ja pyrkiä löytämään päästöjen suhteen kestävin vahvistustapa, joka kuitenkin täyttäisi alueen toiminnalliset vaatimukset.

Osa-alue A:n eteläreunalla sijaitsevia urheilu- ja leikkitoimintoja on esitetty esirakennettavaksi, millä vähennetään merkittävästi alueen käytönaikaisia painumia (kuva 6.4).

Puistokäytävät, joilla liikennöidään huoltoajoneuvoilla, vahvistetaan geolujitteilla, esim. 60 kN/m yhdistelmälujitteella. Lujite parantaa merkittävästi rakenteen kantavuutta, mutta ei vaikuta painumiin. Lujitteilla saadaan riittävä kantavuus pehmeälle turvemaalle ajoittaista kuorma-auto/huoltoliikennettä varten.



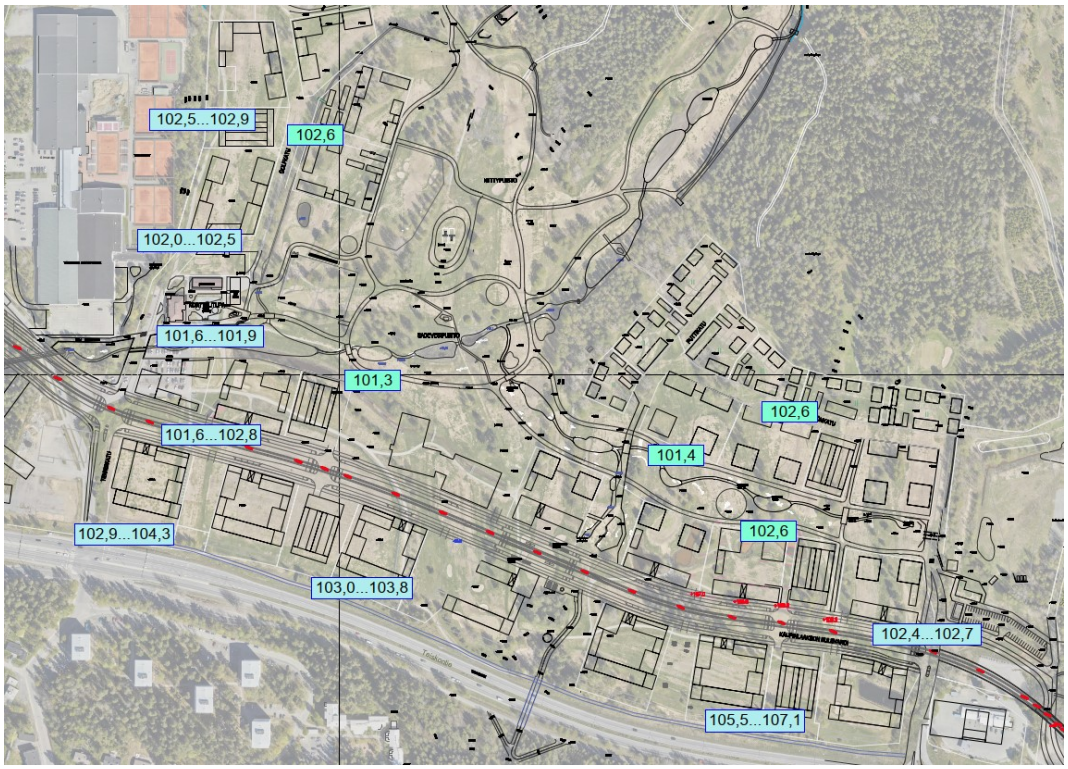
Kuva 6.4. Ote puistoalueiden pohjanvahvistuksista

Mikäli korttelien piha-alueet toteutetaan pinnantasauksen mukaisesti, korttelien ja puistojen rajapintoihin ei synny merkittäviä korkeuseroja, eikä siten oletettavasti merkittäviä ongelmia painumaerojen kanssa. Jäljempänä on tarkasteltu vaihtoehtona myös kansipihaa. Kyseisessä vaihtoehdossa korttelin ja puiston välille syntyisi merkittävä korkeusero, minkä huomioiminen edellyttäisi lisätarkasteluja.

6.4 Pohjavesi

Pohjavesiseurannan perusteella alueella pohjavesi on pääosin tasossa +102…+103, tai sen alapuolella. Poikkeuksena voidaan pitää Teiskontien varren itäisintä putkea PVP 7, jossa pohjavesipinta on selvästi ylempänä, tasolla +105…+107. Vaikuttaa siltä, että kyseisellä kohtaa Teiskontien eteläpuolella oleva kallio-/moreenimäki syöttää pohjavettä alueelle ja kyse on oletettavasti suhteellisen paikallisesta poikkeamasta pohjavesipinnan tasoissa.

Mitattujen havaintojen perusteella pohjavedet eivät todennäköisesti virtaa pois alueelta, vaan ne kerääntyvät alueen keskiosaan purkautuen ojiin. Pohjaveden pinnantasot ovat alueen keskiosassa mukautuneet samaan tasoon tai hieman alemmas, kuin Alasjärven pinnantaso (+102,7 - +103,0). Maaperän heikosta vedenläpäisevyydestä johtuen maaperässä ei kuitenkaan ole merkittävää vedenvirtausta järven suunnasta.



Kuva 6.5 Alasjärven pohjavesiputkien pv-tasoja (N2000).

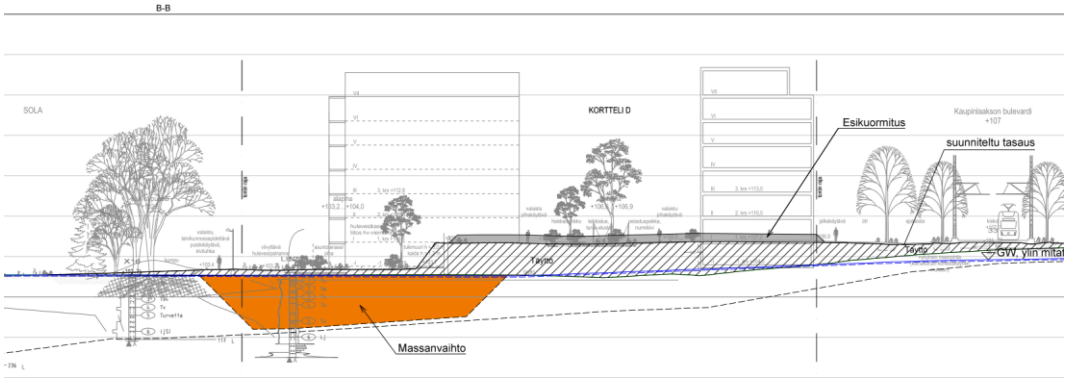
Mitatut pohjavesipinnat on esitetty kuvassa 6.5. Kuvassa on esitetty pohjaveden alin ja ylin mitattu taso, kuitenkin pois lukien pohjavesiputken asennuspäivän mittaus, jonka tulos on epäluotettava. Uusista, vuonna 2025 asennetuista putkista on esitetty vain yksi mittaustulos, joka on mitattu maaliskuussa 2025 noin 2 viikkoa putkien asentamisen jälkeen.

Liitekartassa 1.5 on esitetty samat pohjavesitasot ja lisäksi alimmat mahdolliset kellarien lattiatasot rakennuksille. Lattiatasoja on arvioitu tähän suunnitteluvaiheen lähtötietojen perusteella siten, että lattiataso sijoittuisi alimmillaan noin 1,5 m pohjavesipinnan yläpuolelle, muutama kartassa esitetty poikkeus huomioiden. Lattiatasojen lähtökohtana on ollut, että ne voitaisiin toteuttaa ilman vesipaine-eristystä.

Alueen läpi rakennettavan Ratikkakadun tasaus tulee olemaan +106…+107. Tavallisesti kellarillisten asuintalojen kuivatustaso on noin 4 metriä valmiin maanpinnan tason alapuolella. Tällöin Ratikkakadun vieressä ja Ratikkakadun ja Teiskontien välisellä alueella kellareiden kuivatustaso olisi noin +102…+103. Tämä vastaa nykyistä keskimääräistä pohjavedenpinnan tasoa, joten rakentaminen ei suoraa vaikuttaisi pysyvään pohjavedenpinnan tasoon pois lukien PVP 7 alue. Kyseisellä alueella pohjavedenpinnan lasku tasolle +102…+103 voisi aiheuttaa pieniä painumia Teiskontiehen, mutta läheisyydessä ei tiettävästi ole rakennuksia tai rakenteita, joille pinnan laskusta olisi haittaa. Asemakaava-alueella painumariski voidaan estää esikuormituksella. Tässä selvityksessä ei ole arvioitu, voisiko pohjavesipinnan paikallinen alentuminen aiheuttaa haitallisia ekologisia vaikutuksia. Yleisesti ottaen aluerakentaminen laskee pohjavettä, sillä veden johtuminen pois alueelta tehostuu.

Ratikkakadun ja sadevesipuiston välisellä alueella suunniteltu tasaus on melko lähellä ratikkakadun tasausta. Korkeusero sadevesipuistoon nähden edellyttää tukimuurien rakentamista tonteille. Lopullisesta pinnantasauksesta riippuen tukimuurien korkeus on noin 3 m.

Rakentamisaikataulun salliessa muurit voidaan pääosin rakentaa maanvaraisina esikuormitusta hyödyntäen.



Kuva 6.6. Havainneleikkaus B-B, esirakentamistoimenpiteet, suunniteltu maanpinta ja ylin mitattu vesipinta (sininen) hulevesiuoman ja ratikkakadun välisellä alueella (piirustusnumero 101023703-2.1).

Alasjärven vesipinnan korkeustaso on noin +103,0 ja ELY-keskuksen lausunnon mukaan korkein mahdollinen tulvataso +104,2. Rakennusten tulviminen asemakaava-alueelle tulee estää rakenteellisesti, sillä rakenneosia ja lattiapintoja tulee sijoittumaan tason +104,2 alapuolelle. Tulvapengertä on käsitelty kappaleessa 6.5.

Kellarien rakentamiselle Ratikkakadunvarteen ei näin ollen nähdä geoteknistä estettä. Rakentamiseen liittyy normaaleja pehmeikköalueelle rakentamiseen liittyviä haasteita. Maapohja 4 m syvyydessä on pääosin pehmeää ja vetistä, mikä pitää huomioida mm. paalutuskoneiden työalustojen suunnittelussa ja kuivatusrakenteiden toimintaan tulee kiinnittää huomiota.

Lähellä sadevesipuistoa pinnantasaus on lähellä nykyistä maanpintaa. Tällä alueella tulee kiinnittää erityistä huomiota kuivatukseen ml. tulvareitit, jotta pohja- tai pintavesi eivät aiheuta haittoja rakennuksille.

6.5 Tulvapenger

ELY-keskus on antanut lausunnon Tampereen kaupungin pyynnöstä alimmasta suositeltavasta rakentamiskorkeudesta. Alimmalla suositeltavalla rakentamiskorkeudella tarkoitetaan korkeustasoa, jonka alapuolelle ei tulisi sijoittaa kastuessaan vaurioituvia rakenteita. Alasjärven alin suositeltava rakentamiskorkeus on N2000 +104,20 m. Tässä suosituksessa on mukana aaltoiluvara. (Lausunto, PIRELY/500/2023).

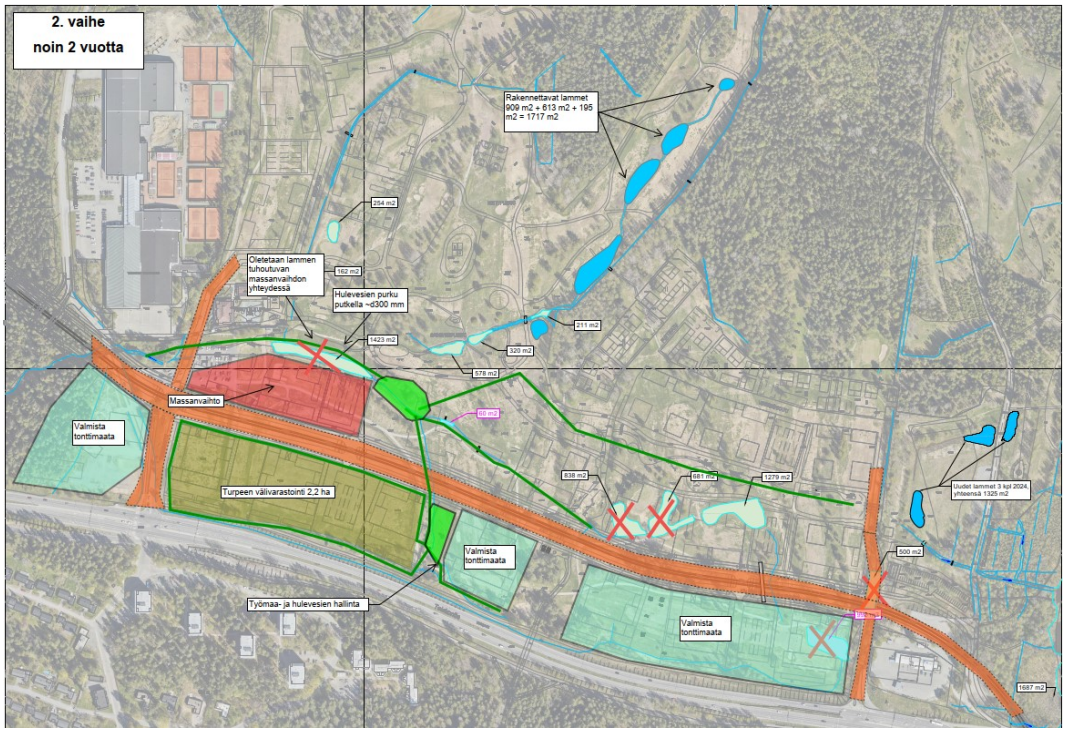
Liitteen 1.4 kartassa on esitetty Alasjärven rantaviiva kolmella eri vedenkorkeustasolla nykytilanteessa. Karttaesityksessä on käytetty maanpinnan korkeusaseman lähtötietona maanmittauslaitoksen vuoden 2023 maanpinnan laserkeilausaineistoa. Vedenpinnan noustessa korkeustasoon +104,2 Alasjärvi pääsee tulvimaan länteen golfkentän ja Tenniskadun suuntaan sekä etelään Rahjukosken suuntaan.

Alasjärven tulviminen kaava-alueelle estetään rakentamalla osa-alueen B ja C välinen katuyhteys vähintään korkeustasoon +104,7. Em. korkeustasossa on huomioitu 0,5 metrin korkuinen kuivavara. Kadun toimiminen tulvapenkereenä huomioidaan kadun rakenteissa siten, että katurakenteen sisään tai luiskaan rakennetaan tiivisteosa, mikä estää veden suotautumisen katurakenteen läpi. Tiivisteosa on mahdollista rakentaa maarakenteisena esim. hienoainespitoisesta moreenista.

6.6 Rakentamisen vaiheistus

Alueen rakentuminen tulee kestämään vuosikymmeniä. Ratikkakatu liittyvine katuosuuksineen rakentuu ensimmäisenä arviolta vuosina 2029–2030, mikäli hanke etenee toteutukseen. Tämän jälkeen rakentuminen voisi edetä esimerkiksi ratikkakadun vartta alueen keskeltä kohti itää, mutta teknisesti rakentamisjärjestys voi olla muukin. Kuvassa 6.7. on esitetty esimerkkiote vaiheistussuunnitelman alkuvaiheen rakentamistoimenpiteistä. Vaiheistussuunnitelma on esitetty liitteessä 1.7.

Oleellista vaiheistuksessa on havaita, että esirakentamista tehdään vuosien aikana alueella vaiheittain, sillä merkittäviä investointeja esirakentamiseen ei yleensä ole mielekästä tehdä vuosikausia etukäteen, vaan ne kannattaa tahdistaa alueen etenemisen ja saatavilla olevien resurssien (louheen/maamassojen) saatavuuden mukaan. Liittymäpinnat, esim. korttelin ja kadun väliset liittymiskohdat tulee kuitenkin huomioida siten, että raskailta tuennoilta mahdollisuuksien mukaan vältytään.



Kuva 6.7. Esimerkkiskenaario rakentamisen vaiheistumisesta, joka on esitetty liitteessä 1.7.

Liitteessä 1.7. on esitetty havainne-esitys, millaisissa vaiheissa lampien siirrot, hulevesijärjestelyt ja esirakentamistoimet voitaisiin toteuttaa. Liitteessä esitetyt lampien pinta-alat ovat esimerkinomaisia ja tulevat todennäköisesti vielä muuttumaan ympäristöseurantatulosten perusteella ennen rakentamista.

6.7 Massojen välivarastointi

Kuvassa 6.8 on esitetty alueella parhaiten massojen varastoalueiksi soveltuvat alueet. Vihreällä värillä on merkitty alueet, joissa maaperän kantavuus on hyvä ja siten alueelle voidaan varastoida korkeita, jyrkkään luiskaan pengerrettyjä kasoja. Keltaisella merkityt alueet ovat myös soveltuvia, mutta ne ovat pinta-alaltaan pienempiä tai maapohjaltaan heikoimpia.

Näiden lisäksi erityisesti alueen pohjoisosassa on laajoja puistoalueita, joissa välivarastointia tai kaivumassojen lopullista läjitystä voisi tehdä. Näitä alueita ei kuitenkaan ole merkitty, koska maankäytön tavoitteena on ollut säästää alueen nykyistä golfkentän puustoa. Myös Teiskontien varressa merkitsemättömissä kortteleissa välivarastointia voi tehdä, mutta varastokasat ovat savisesta pohjamaasta johtuen matalampia.

Ensimmäisessä rakennusvaiheessa Teiskontien varressa olevat noin 1,5 ha ja 2,8 ha alueet olisivat ensisijaiset alueet. Ensin mainitulle pystyttäisiin varastoimaan vähintään noin 70 000 m^3 ja jälkimmäiselle noin 130 000 m^3 kitkamaita.

Jatkosuunnittelussa tulee huomioida myös rakentamisen vaiheistus, mikä voi rajoittaa esitetyn 2,8 ha alueen käyttöä ainakin pitempiaikaisempaan varastointiin, jos talonrakentamisen alkaa kyseiseltä alueelta.

Alueelle on esitetty runsaasti esikuormituspenkereitä. Näitä penkereitä voidaan hyödyntää myös parempilaatuisten maa-ainesten, kuten louheen ja moreenin välivarastoina. Tällöin kuitenkin pengerrys pitää tehdä suunnitelmallisesti huomioiden mm. pohjamaan kantavuus ja mahdollinen painumaseuranta.

Kuva 6.8. Massojen välivarastointiin parhaiten soveltuvat alueet.

6.8 Mustaliuskeen ja turpeen ympäristönäkökulmat

Tampereen koko keskusta-alueella ja myös tulevalla Kaupinlaakso II asemakaava-alueella esiintyy kallioperässä mustaliusketta. GTK on tehnyt asemakaava-alueella 2025 aikana luotauksia, jotka vahvistavat kuvaa siitä, että mustaliusketta alueen kallioperässä esiintyy.

Mustaliuske tuo rakentamis- ja maankäyttösuunnitteluun erityispiirteitä, jotka jäänevät kuitenkin alueen geologisten olosuhteiden vuoksi melko vähäisiksi. Mustaliuskeen esiintyminen on Tampereen alueella ollut paikallista ja hajanaista, eikä se käytännön havaintojen perusteella muodosta laajoja, yhtenäisiä juonteita – tästä syystä sen kattava etukäteistutkiminen maastossa ja geofysikaalisesti on monesti haastavaa. Samasta syystä mustaliuske ei ole Tampereen seudulla aiheuttanut merkittäviä ongelmia rakentamiselle, edes merkittävissä louhintaurakoissa.

Mustaliusketta on havaittu keskusta-alueen kallioperässä muutamassa talonrakennushankkeessa paalutusten ja ankkurointiporausten yhteydessä. Havainnot ovat olleet hyvin paikallisia, vain muutamia metrejä leveitä, eikä niiden laajuutta ole etukäteistutkimuksissa pystytty, eikä ole ollut tarkoituksenmukaistakaan selvittää.

Korroosiotutkimuksissa mustaliuske on ollut lievästi hapanta, mutta ei ole edellyttänyt merkittäviä muutoksia teräs- tai betonipaalujen mitoitukseen. Mustaliuske on pehmeää ja rakennusteknisesti heikkolaatuista kiveä, mikä on porapaalutuksessa aiheuttanut pieniä lisäkustannuksia paalupituuden kasvaessa. Esiintymien pienialaisuuden takia kustannusvaikutus on ollut hankkeissa melko merkityksetön, eikä niistä ole seurannut merkittäviä teknisiä ongelmia.

Alasjärven alueella ei tulla tekemään laajoja louhintoja, mistä aiheutuisi merkittävää ympäristöriskiä valumavesien happamoitumisen muodossa. Aikanaan alueen talonrakennushankkeissa rakennuspaikka tutkitaan etukäteen ja hankkeen vastaava pohjarakennesuunnittelija huomioi paalutuksen mitoituksessa mustaliuskeen, mikäli sellaista havaitaan. Yleisesti alueella paalutuksia ajatellen mustaliuskeen voidaan arvioida aiheuttavan jonkin verran materiaalimenekin kasvua teräspaaluissa. Betonipaaluissa voi olla tarvetta käyttää SR sementtiä, joka nostaa hieman paalujen hintaa.

Alasjärvellä tullaan alustavien suunnitelmien mukaan tekemään merkittäviä turvemassanvaihtoja. Turve on hapanta ja sen käsittely tulee edellyttämään alueella toimenpiteitä, kuten pH:n säätöä kalkitsemalla. GTK on esittänyt, että alueen maaperä voi olla tavanomaista happamampi mustaliuskeen vaikutuksesta. Tämä on todennäköistä, mutta se ei sinänsä vaikuta rakentamisessa edellytettäviin toimenpiteisiin. Myös GTK:n Opas mustaliuskeiden ympäristövaikutusten arviointiin ja hallintaan toteaa, että maa-aineksen rikkipitoisuuden ja hapontuottopotentiaalin kartoittaminen voi etukäteen olla vaikeaa ja että mustaliuskepitoisen maa-aineksen neutralointiin vaadittu kalkkimäärä on usein vähäinen, eikä siitä muodostu suuria kuluja (*GTK:n tutkimusraportti 81/2023. Opas mustaliuskeiden ympäristövaikutusten arviointiin ja hallintaan s. 20, s.42*). Näin ollen voidaan arvioida, että turvamassanvaihdot tulevat vaatimaan toimenpiteitä vesien laadun turvaamiseksi, mutta neutralointityö on toteutettavissa kohtuullisin kustannuksin.

Alueen esirakentamisen toteutussuunnittelun yhteydessä vesien hallinta ja neutralointi pitää suunnitella ja vaikutuksia seurata rakentamisen aikana ja rakentamisen jälkeen. Alueella toimivien rakentajien tulee tiedostaa mustaliuskeen olemassaolo, mahdolliset vaikutukset ja huomioida em. seikat.

7 Geotekniset laskelmat

Tämän selvityksen yhteydessä ei ole tehty uusia geoteknisiä laskelmia. Rakennettavuusselvityksessä (Ramboll 2023) on esitetty raitiotien kohdalta tehdyt painumalaskelmat massanvaihto- ja esikuormitustapauksissa. Näitä laskentatuloksia on sovellettu tässä selvityksessä menetelmien soveltuvuutta ja mm. painuma-aikoja arvioitaessa.

8 Määrä- ja kustannuslaskelmat

8.1 Esirakentamisen kustannukset

Esirakentamisen kustannukset on arvioitu FORE-laskentapalvelun hinnaston (MAKU-indeksin perustaso 2015=100, MAKU-pisteluku 131) perusteella sekä asiantuntija-arvioina. Kustannusarvion yksikköhinnoissa on huomioitu alueelta vietävien ja alueelle tuotavien massojen kuljetuksesta aiheutuvat kustannukset. Lisäksi on huomioitu mm. leikkausmassojen hyödyntämispotentiaali alueella golfkentän rakennekerroksissa käytettyjen kiviainesten osalta.

Kustannusarvio on tehty ainoastaan kaava-alueen esirakentamisen osalta huomioiden korttelialueet, yleiset alueet sekä kadut. Arviossa ei ole huomioitu katurakenteita tai raitiotien rakentamisen kustannuksia pois lukien niiltä osin, kun esirakentamista joudutaan tekemään myös raitiotiekadun kohdalla viereisten alueiden esirakentamistarpeitten, mm. syvien massanvaihtojen takia.

Kustannusarviossa ei myöskään ole huomioitu esimerkiksi rakentamisen vaiheistuksen takia tarvittavia tukiseiniä ja työnaikaisia patorakenteita.

Edellä mainitut tarpeet tulee arvioida jatkosuunnittelun yhteydessä yksittäisten korttelialueiden rakentamisen vaiheistuksen selvittyä.

Taulukossa 8.1 on esitetty kustannusarviot esirakentamisselvityksen osa-alueiden A, B, C ja D osalta miljoonissa euroissa. Alueen esirakentamisen arvioidut kustannukset ovat yhteensä noin 17,1 milj.€. Kustannusarviossa ei ole huomioitu suunnittelu-, tilaaja- tai työmaatehtävien kustannuksia, joiden suuruus riippuu pitkälti työn vaiheistuksista. Työmaatehtävät huomioiden kokonaiskustannukset ovat arviolta noin 20 milj.€ luokkaa. Kustannusarvio rakennusosittain on esitetty tämän raportin liitteessä 5.1.

Taulukossa on arvioitu myös kustannusten jakautumista yleisille- ja korttelialueille. Rajallisista lähtötiedoista johtuen summat ovat lähinnä viitteellisiä, sillä tietyillä alueelle tietyn toimenpiteen vaikutus kustannuksiin voi olla merkittävä, mutta sen määriin voi liittyä merkittävää epävarmuutta.

Taulukko 8.1 Esirakentamisen arvioidut kustannukset osa-alueittain, summat miljoonaa euroa.

Alue	A	B	C	D	Yhteensä
Ratikkalinja ja -katu	0,00	0,00	2,00	0,70	2,70
Muut kadut	0,44	0,75	0,12	0,25	1,56
Kaupunginosapuisto	0,20	0,10	0,80	1,20	2,30
Julkiset (koulun tontti)	0,00	0,00	0,90	0,00	0,90
Korttelialueet	0,20	2,65	3,67	3,09	9,61
Yhteensä milj.€	**0,84**	**3,50**	**7,49**	**5,24**	**17,07**

8.2 Korttelialueiden esirakentamiskustannukset

Suurin osa esirakentamisen kustannuksista kohdistuu korttelialueille, joissa alueiden toiminnalliset ja ulkonäölliset vaatimukset asettavat tiukempia vaatimuksia alueen esirakentamiselle verrattuna esimerkiksi nurmi- tai murskepintaisiin puistoalueisiin.

Esirakentamiskustannuksista noin 55 % kohdistuu korttelialueille ja vastaavasti noin 45 % yleisiin- ja katualueisiin. Edellä mainitun

perusteella korttelialueiden esirakentamisen kustannusarvio on noin 9,6 milj.€ ja yleisten- ja katualueiden 7,5 milj.€, jossa on huomioitu rakentamisen vaiheistuksesta johtuvat korttelialueille ulottuvat massanvaihdot. Edellä esitetyissä hinnoissa ei ole huomioitu työmaatehtäviä, suunnittelu eikä rakennuttamista, jotka nostavat kustannuksia noin +15…25 % edellä esitetystä.

9 Hiilijalanjälkilaskelmat

Päästölaskenta perustuu tämän esirakentamisselvityksen yhteydessä arvioituihin ohjeellisiin massa- ja materiaalimääriin sekä Infrarakentamisen vähähiilisyyden arviointimenetelmään. Päästötietokantana on käytetty CO2data.fi Infra - päästötietokantaa. Päästöt on esitetty hiilidioksidiekvivalentteina ja ne kattavat fossiiliset kasvihuonekaasupäästöt (GWP fossil, tCO2e). Materiaalimäärien yksikkömuunnokset sekä työsuoritteiden arvioinnit päästötietokannan yksiköihin perustuvat Ratu-työsaavutukset-julkaisuun ja InfraRYL 2015 Määrämittausohjeeseen ja ne on esitetty laskentaliitteissä (Liite 6.1).

Esirakentamisen hiilijalanjälkilaskennassa on tarkasteltu erirakentamisen päästöjä neljän eri osa-alueen (A, B, C, D) osalta. Osa-alueesta C on lisäksi laadittu vaihtoehdot VE1 ja VE2, joista toisessa paalulaatan paalutus tehdään teräspaaluilla (VE1) ja toisessa teräsbetonipaaluilla (VE2).

9.1 Laskennan rajaus ja käytetyt oletukset

Laskenta kattaa standardin EN17472:2022 mukaisesti vaiheen ennen käyttöä, eli materiaalien valmistuksen (moduulit A1-A3) ja kuljetuksen sekä työmaatoimintojen päästöt (moduulit A4-A5). Lisäksi on arvioitu maankäytön muuttumisen johdosta hiilinieluihin ja -varastoihin kohdistuvien muutosten aiheuttamia päästöjä. Varhaisen suunnitteluvaiheen takia laskennassa ei ole huomioitu käyttövaiheen päästöjä eikä elinkaaren loppuosaa (moduuli C) tai mahdollisia elinkaaren ulkopuolisia vaikutuksia (moduuli D).

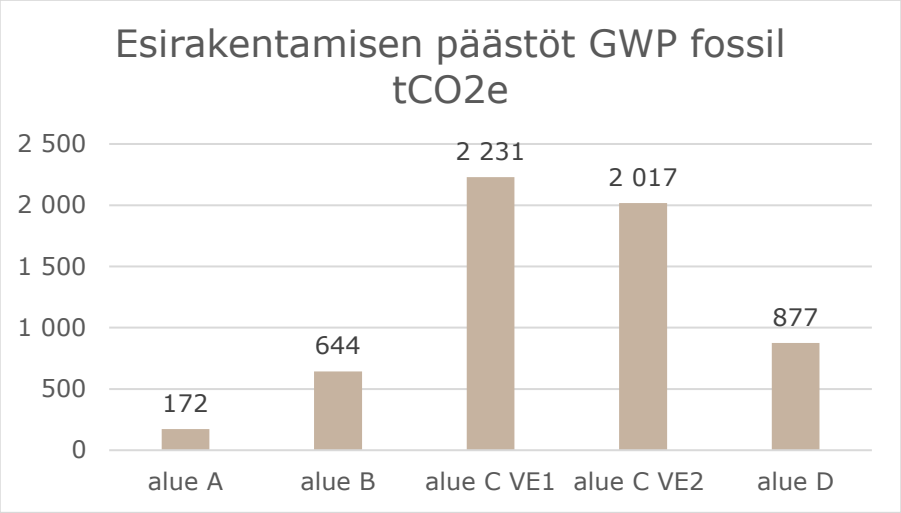
Laskennassa on tehty seuraavat projektikohtaiset olettamukset:

- Täyttömaa-ainekset ovat muissa hankkeissa syntyvää ylijäämää
- Oletus että 200 000 m^3 louhetta saadaan 2 km päästä
- Loput alueella käytettävät maa-ainekset saadaan 10 km päästä (Näistä aineksista moreenia on 30 % ja louhetta 70 %)
- Louhe välivarastoidaan alueella kasalla ennen käyttöä.
- Ylikuormituspenkereet ovat louhetta tai mursketta. Kun penger puretaan, maa-aines käytetään alueella.
- Kaivetut pintamaat välivarastoidaan alueella, jonka jälkeen ne viedään 10 km päähän.
- Kaivumassoista 90 % käytetään alueella ja 10 % viedään 10 km päähän.
- Massanvaihdon leikkausmassat viedään hankkeen ulkopuolelle 10 km päähän.
- massanvaihdossa poistettavasta massasta 80 % on turvetta ja 20 % savea. Tilalle vaihdetaan louhetta.

Sisäisten kuljetusten osalta on käytetty 1 km kuljetusmatkaa. Kuljetusmatkoissa on em. oletuksia lukuun ottamatta käytetty infran vähähiilisyyden arviointimenetelmässä esitettyjä minimietäisyyksiä materiaaleille, joiden kuljetusmatkoista ei tässä vaiheessa ole tarkempaa tietoa.

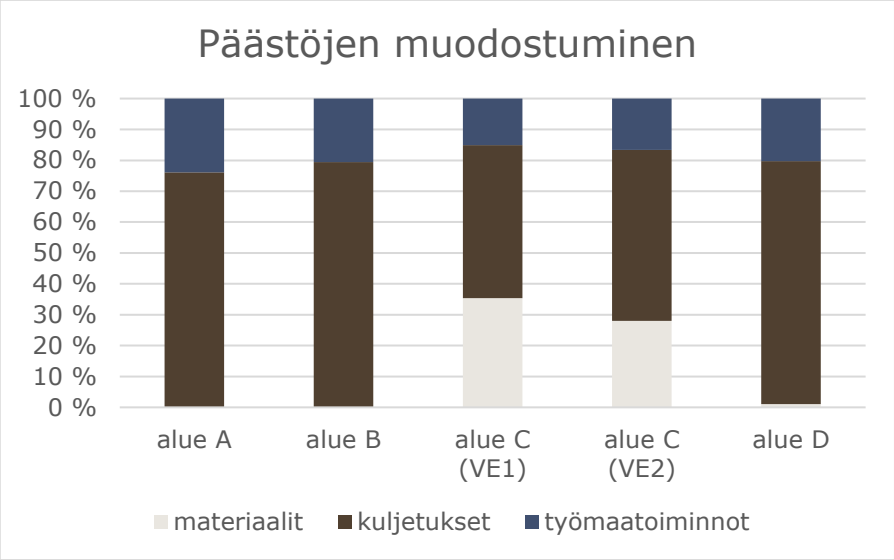
9.2 Esirakentamisen päästöt

Esirakentamisen päästöt on esitetty kuvassa 9.1. Koko alueen esirakentamisesta aiheutuvat päästöt ovat noin 3 900 tCO2e mikäli osa-alueen C paalulaatta toteutetaan teräspaaluilla tai noin 3 700 tCO2e mikäli paalutus tehdään teräsbetonipaaluilla. Päästöt ovat selkeästi korkeimmat osa-alueella C, mikä johtuu alueen merkittävästi muita alueita suuremmista massamääristä sekä paalulaatan materiaaleista.



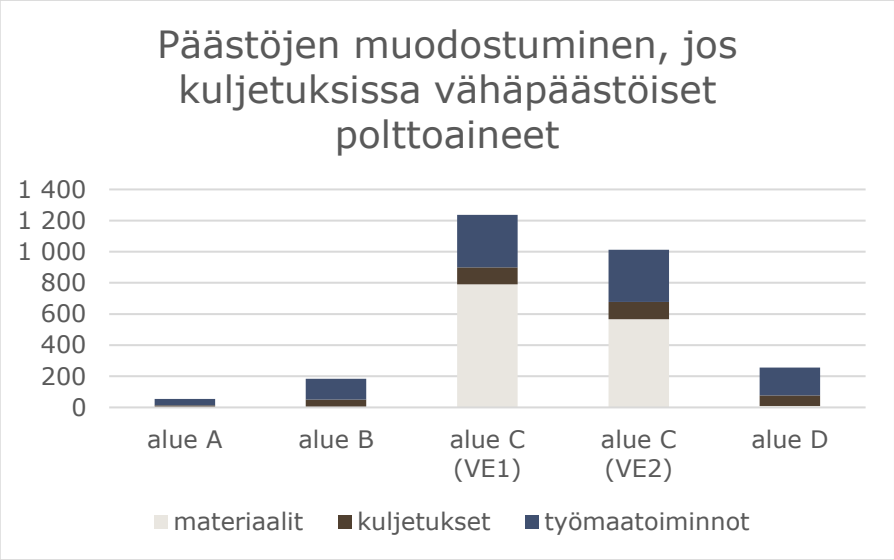
Kuva 9.1 Esirakentamisen päästöt tCO2e osa-alueittain. Alueen C vaihtoehdossa VE1 paalulaatta toteutetaan teräspaaluilla ja vaihtoehdossa VE2 teräsbetonipaaluilla.

Koska esirakentaminen muodostuu pitkälti maarakentamisesta ja painavien maamassojen siirroista, muodostuu suurin osa (62–66 %) kokonaispäästöistä kuljetuksista. Työmaatoiminnot eli konetyö vastaavat noin 18–19 % kokonaispäästöistä ja materiaalit noin 15–20 %. Prosenttiosuudet riippuvat osa-alueella C valittavasta paaluvaihtoehdosta. Kuvassa 9.2 on esitetty päästöjen jakautuminen osa-alueittain. Materiaalien osuus osa-alueilla A, B ja D on pieni, sillä valtaosa esirakentamisen materiaaleista on maa-aineksia, jotka saadaan laskentaoletusten mukaan ylijäämänä muilta työmailta. Maa-aineksille ei täten ole laskettu hankinnan (louhinnan tai kaivun) päästöjä. Osa-alueella C materiaalipäästöt aiheutuvat teräs- tai teräsbetonipaaluista.



Kuva 9.2 Esirakentamisen päästöjen muodostuminen moduulien A1-A5 osalta. Valtaosa materiaaleista on ylijäämämaita ja louhetta, joille ei ole laskennassa osoitettu hankinnan päästöjä.

Kuvassa 9.3 on esitetty ohjeellisena vertailuna päästöjen muodostuminen, mikäli kuljetuksissa käytetään vähäpäästöisiä polttoaineita ja näistä aiheutuva päästövähenemä on 90 %.



Kuva 9.3 Päästöjen muodostuminen moduuleissa A1-A5, mikäli kuljetuksissa hyödynnetään vähäpäästöisiä polttoaineita (90 % pienemmät päästöt).

9.3 Vaikutukset hiilinieluihin ja -varastoihin

Vaikutukset alueen hiilinieluihin ja -varastoihin on arvioitu olettaen, että kaikki puut ja 20 cm pintamaata poistetaan. Lisäksi on arvioitu massanvaihdoissa poistettavaan turvemaahan sitoutuneen hiilen määrä. Poistettavien maamassojen määrät on saatu hanketiedoista.

Puuston lajikohtaiset tilavuudet on saatu Luonnonvarakeskuksen avoimesta MVMI-aineistosta (Luke 2021a), ja puuston hiilivarasto on laskettu hankealueen pinta-alojen, puuston keskitilavuuksien ja puiden laskennallisen hiilipitoisuuden avulla. Hiilipitoisuuden laskennassa on käytetty havu- ja lehtipuiden biomassan määrälle runkopuukuutiota kohden arvoja 0,76 t/m^3 ja 0,75 t/m^3 (Lehtonen ym. 2004), ja puun biomassasta on oletettu olevan hiiltä 50 % (Alakangas ym. 2016). Puuston hiilinielu taas on arvioitu MVMI-aineiston (Luke 2021b) maakuntakohtaisen keskimääräisen puuston tilavuuden muutoksen avulla. Pirkanmaan osalta kasvunopeus on tilastojen mukaan 4,5 % vuodessa.

Puustoalueiden maaperän hiilinielujen ja -varastojen laskemiseksi on määritetty kasvupaikkatyyppi MVMI-paikkatietoaineiston avulla. Hiilinielu on laskettu käyttämällä maaperälle tehdyn jaottelun mukaisia Tilastokeskuksen kasvihuonekaasuinventaarion kertoimia (Tilastokeskus 2021, taulukko 1 (liite 6f). Maaperän hiilivaraston määrän laskennassa on hyödynnetty keskimääräistä lukuarvoa hiilen määrälle kivennäismaalla (Liski ym. 2006).

Golfkenttäalueiden osalta hiilinielun ja -varaston suuruudet on arvioitu ruotsalaisessa tutkimuksessa saatujen kertoimien perusteella (Tidåker et al. 2017). Massanvaihtojen yhteydessä poistettavaan turvemaahan sitoutuneen hiilen määrä taas on arvioitu turvemaan keskimääräisen turvepitoisuuden ja turpeen keskimääräisen hiilipitoisuuden avulla (Minkkinen & Laine 1998). Kaikkien tulosten osalta hiilen määrä on muutettu hiilidioksidiksi moolimassasuhteen 3,67 mukaisesti (IPCC

2007), ja kaikki hiilinielut ja -varastot on oletettu menettävän maanmuokkausten yhteydessä.

Taulukossa 9.1 on esitetty paikkatietoaineistoon perustuva arvio eri alueiden maaperätyyppien jakautumisesta. Koko puustoalue on Luken MVMI-aineistossa luokiteltu kivennäismaaksi, ja kivennäismaalle ja golfkenttäalueille on käytetty hiilitaselaskelmissa omia kertoimiaan. Muihin alueisiin sisältyy esimerkiksi rakennettuja alueita, joita ei ole huomioitu laskennassa.

Taulukko 9.1 Hankkeen osa-alueiden maaperätyypin jakautuminen hehtaareina.

[ha]	**Puustoalue**	**Golfkenttä**	**Muut alueet**
Alue A	1,15	8,56	0,59
Alue B	0,46	4,76	0,52
Alue C	3,17	11,16	1,11
Alue D	1,98	8,20	2,15

Arviot hankealueelta poistettavan puuston määristä on esitetty taulukossa 9.2. Määrät on esitetty kuutiometreinä puulajeittain.

Taulukko 9.2 Hankealueilta poistettavan puuston arvioitu määrä kuutiometreinä puulajeittain.

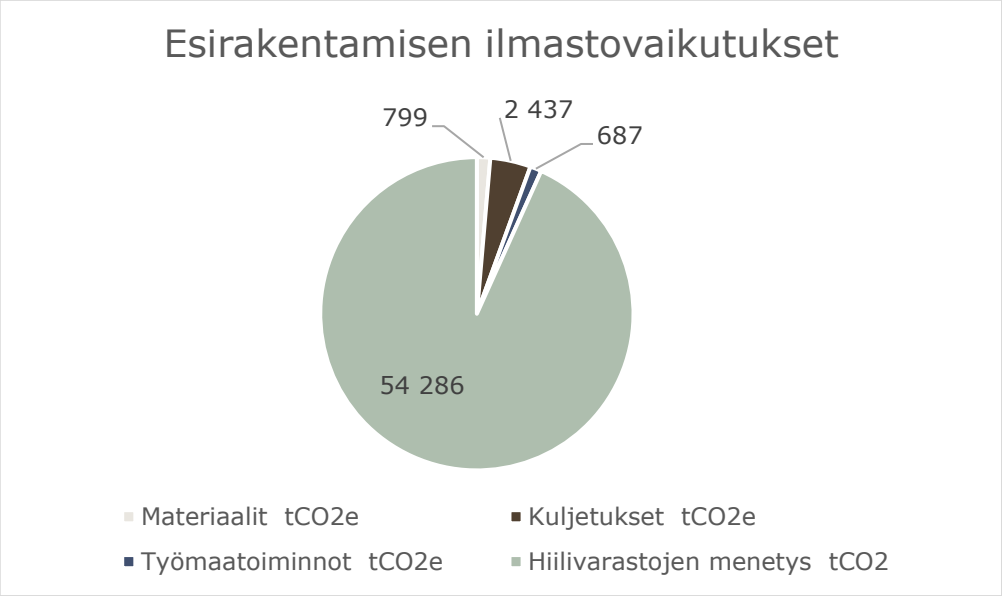
[m^3]	**Mänty**	**Kuusi**	**Koivu**	**Muut lehtipuut**	**Yhteensä**
Alue A	13,9	26,2	18,3	8,2	66,6
Alue B	2,4	6,4	4,6	1,8	15,2
Alue C	106,0	457,2	36,6	18,8	618,7
Alue D	44,6	58,7	36,4	15,0	154,8

Arviot menetetyistä hiilinieluista ja -varastoista eri hankealueilla on esitetty taulukossa 9.3. Arvioihin on sisällytetty sekä puuston että maaperän pintakerroksen nielut ja -varastot. Lisäksi on arvioitu massanvaihtojen yhteydessä poistettavaan turvemaahan sitoutuneen hiilen määrä.

Taulukko 9.3 Arvio hankkeen myötä poistuvien hiilinielujen ja -varastojen koosta.

	Alue A	**Alue B**	**Alue C**	**Alue D**	
Hiilinielu	6,9	2,5	42,6	12,5	tCO_2/a
Hiilivarasto	2 870	1 523	4 867	3 077	tCO_2
Massanvaihtojen turpeen hiili	1 415	11 492	23 150	5 892	tCO_2

Maaperän ja puuston poiston vuoksi menetettävä hiilivaraston määrä on merkittävän suuri varsinaisesta esirakentamisesta aiheutuviin päästöihin verrattuna (kuva 9.4).



Kuva 9.4 Esirakentamisen ilmastovaikutukset muodostuvat paitsi itse rakentamisesta, myös rakentamisen tieltä menetettävän maaperän ja puuston hiilivaraston ja -nielujen menetyksestä. Kuvan lukemat perustuvat vaihtoehdon VE1 valintaan osa-alueella C.

Varastoihin sitoutuneen hiilen vapautumisaika riippuu massojen ja puuaineksen loppukäsittelystä; polttoon menevän puuaineksen tai turpeen osalta vapautuminen tapahtuu viimeistään polton yhteydessä. Hiilivarastojen lisäksi puuston ja maaperän poistuttua vuosittain menetettävä hiilinielu on arviolta 65 tCO2.

9.4 Epävarmuustekijät

Laskenta on tehty hankeosalaskentana varhaisessa suunnitteluvaiheessa, jossa materiaalimäärät ja toimittajat sekä kuljetusetäisyydet ovat vielä arvioita. Ohjeelliset määräarviot sisältävät oletettavasti myös hukan.

Laskennassa on käytetty päästötietokannan geneerisiä resursseja, joiden päästöarvo on lähtökohtaisesti valmistajakohtaisia arvoja korkeampi eikä huomioi esim. valmistajakohtaisia materiaalien kierrätyssisältöjä.

Laskennan ulkopuolelle jätettyjä resursseja ja prosesseja ovat puiden raivaus ja kantojen poisto ja lajittelu sekä paalulaatan valaminen osa-alueella C. Näiden osuus kokonaispäästöistä arvioidaan pieneksi.

Hiilinielujen ja -varastojen laskennassa on hyödynnetty hanketietojen lisäksi yleisiä maa- ja maakuntakohtaisia paikkatietoja ja kertoimia, mikä lisää epävarmuutta tuloksiin.

9.5 Johtopäätökset

Esirakentamisen ilmastovaikutukset aiheutuvat paitsi työmaatoiminnoista, materiaaleista ja kuljetuksista myös rakentamisen tieltä poistettavan puuston ja maaperän hiilivarastojen menetyksestä. Yksi merkittävimmistä keinoista rakentamisen päästövähennysten saavuttamiseksi on kuljetusmatkojen vähentäminen ja vähäpäästöisiä polttoaineita käyttävän kuljetuskaluston valinta.

Alueen esirakentamisen yhteydessä alueelta poistetaan puuston lisäksi massanvaihdolla suuria määriä pintamaita sekä turvetta, joista etenkin turpeeseen on aikojen saatossa sitoutunut merkittävä määrä hiiltä. Varastoihin sitoutuneen hiilen vapautumisaika riippuu massojen ja puuaineksen loppukäsittelystä. Ilmastovaikutusten ja kiertotalouden kannalta puulle ja turpeelle olisi hyvä osoittaa jokin korkeamman jalostusasteen käyttömuoto kuin poltto/energiahyödyntäminen. Erityisesti turpeen osalta materiaalin hyötykäyttömahdollisuuksien selvitys olisi hyvä tehdä hyvissä ajoin etukäteen alan yritysten kanssa. Turpeen osalta vaihtoehtoina voivat olla esim. hyödyntäminen kasvualustojen tai aktiivihiilen raaka-aineena.

10 Jatkotoimenpide-ehdotukset

Esitetyt kaavoitusvaihetta varten laaditut esirakentamistoimenpiteet toimivat pohjana alueen jatkosuunnittelulle. Paikoin pohjatutkimuksia on harvassa, mistä syystä esirakentamistoimenpiteisiin liittyy tässä suunnitteluvaiheessa tavanomaista epävarmuutta. Pohjatutkimuksia täydennetään myöhemmin alueen pohjanvahvistusten toteutussuunnittelun yhteydessä.

Turpeen poiskaivusta syntyy potentiaalisesti hyvin suuret CO_2 päästöt. Turpeen loppukäyttömahdollisuuksia on syytä arvioida tästä näkökulmasta jatkossa.

Jatkossa on suositeltavaa laatia tätä selvitystä yksityiskohtaisempi esirakentamissuunnitelma joko koko alueesta tai ensimmäisinä rakentumaan lähtevistä alueista, kuitenkin siinä laajuudessa, että toimenpiteiden vaikutukset viereisille alueille ja mm. hulevesiin tulevat huomioiduksi. Jatkosuunnittelu edellyttää myös lisäpohjatutkimusten tekemistä alueella.

11 Lähteet

Alakangas ym. 2016. Suomessa käytettävien polttoaineiden ominaisuuksia (Properties of the fuels used in Finlad). VTT Technical Research Centre of Finland Ltd., Espoo (2016). [https://www.vttresearch.com/sites/default/files/pdf/technology/2016/T258.pdf]

Eekelen van Suzanne J.M., & Brugman Marijn H.A. 2016. Design Guideline, Basal Reinforced Piled Embankments. SBRCURnet, Deltares. Published by CRC Press.

IPCC 2007. Climate Change 2007. AR4 Synthesis Report. [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ar4_syr_full_report.pdf]

Liski ym. 2006. Carbon accumulation in Finland's forests 1922–2004–an estimate obtained by combination of forest inventory data with modelling of biomass, litter and soil. Annals of forest science 63.7 (2006): 687-697. [https://www.afs-journal.org/articles/forest/pdf/2006/07/f6070.pdf]

Lehtonen ym. 2004. Biomass expansion factors (BEFs) for Scots pine, Norway spruce and birch according to stand age for boreal forests. Forest Ecology and Management 188 (2004) 211–224.

Luke 2021a. Avoin data, Luke - aineistonlatauspalvelu. [https://kartta.luke.fi/opendata/valinta.html]

Luke 2021b. Puuston keskikasvu metsämaalla, Luke - Tilastotietokanta. [https://statdb.luke.fi/PxWeb/pxweb/fi/LUKE/LUKE__04%20Metsa__06%20Metsavarat/1.25_Puuston_keskikasvu_metsamaalla.px/?rxid=f8ed5f38-9607-4c55-91c9-791d660b234e]

Minkkinen & Laine 1998. Effect of forest drainage on the peat bulk density of pine mires in Finland. Canadian Journal of Forest Research, 28(2), 178-186. [https://www.researchgate.net/profile/Kari-Minkkinen-2/publication/249534602_Effect_of_forest_drainage_on_the_peat_bulk_density_of_pine_mires_in_Finland/links/5e4ea16392851c7f7f48df4c/Effect-of-forest-drainage-on-the-peat-bulk-density-of-pine-mires-in-Fin]

Rakennustieto Oy. Infra 2015 Rakennusosa- ja hankenimikkeistö. Määrämittausohje.

Sekowski J., Kwiecien S., Kanty P. 2018. The Influence of Dynamic Replacement Method on the Adjacent Soil Int J Civ Eng (2018) 16:1515–1522 https://doi.org/10.1007/s40999-017-0231-6

Tidåker, P., Wesström, T., & Kätterer, T. 2017. Energy use and greenhouse gas emissions from turf management of two Swedish golf courses. Urban Forestry & Urban Greening, 21, 80-87.

Tilastokeskus 2021. Greenhouse gas emissions in Finland 1990 to 2019. National inventory report under the UNFCCC and the Kyoto Protocol. [https://unfccc.int/documents/271571]

Väylävirasto. Infrarakentamisen vähähiilisyyden arviointimenetelmä. Väyläviraston ohjeita 43/2023. [https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Vaylavirasto/vo_2023-43_vahahiilisyyden_arviointimenetelma_web.pdf]

Väylävirasto 2018. Liikenneviraston ohjeita 17/2018, Syvästabiloinnin suunnittelu (J. Forsman). [https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Liikennevirasto/lo_2018-17_syvastabiloinnin_suunnittelu_web.pdf]

LIITE 1

Esirakentamisen vaihtoehtotarkastelut

Suunnitteluprosessin aikana tehtiin vaihtoehtotarkasteluja koskien alueen C pysäköintikantta, sekä koskien mahdollisia vaihtoehtoisia pohjanvahvistustapoja. Nämä tarkastelut on erotettu raportista omaksi liitteekseen 1.

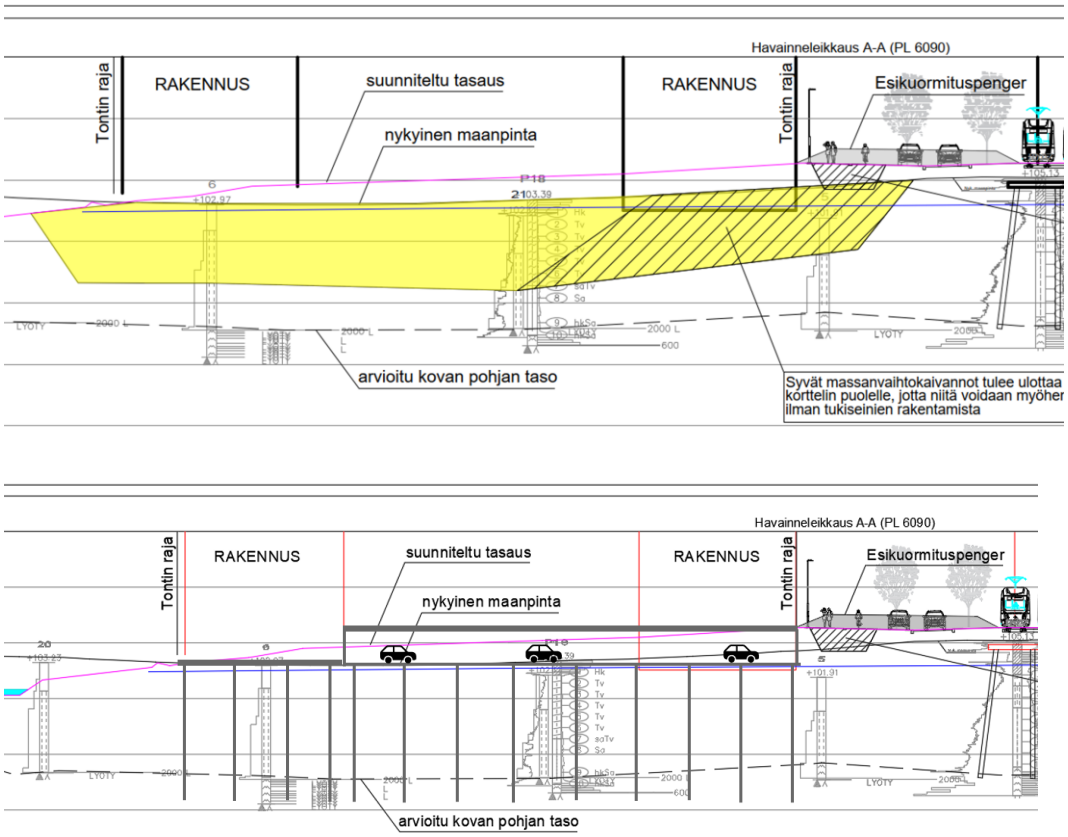
1A Pysäköintikansi, vaihtoehtotarkastelu

Osa-alueella C tehtiin erillistarkastelu kansipihan toteutettavuudesta. Perusratkaisua massanvaihdolla (VE1) ja kansipihaa (VE2) vertailtiin lähinnä teknisistä näkökulmista vaihtoehtojen esirakentamisen päästöt huomioiden.

Kuva L1. Tutkitut korttelit alueella C ratikkakadun pohjoispuolella.

Osa-alueelle C ratikkakadun pohjoispuolella on suunniteltu syvä turvemassanvaihto ja täyttöjä (VE1). Massanvaihdossa poistetaan turve ja korvataan se louheella. Massanvaihdon laajuus on arviolta 84 000 m^3. Siitä aiheutuvat päästöt ovat noin 20 500 tCO_2 ja kustannukset noin 3–4 MEUR.

Kansivaihtoehdossa VE2 korttelialue rakennetaan kansipihana, jonka alla on pysäköinti ja myös viereinen parkkihallin alue rakennetaan vastaavalla tavalla. Kaikki alapohjat tehdään kantavina ja massanvaihto jätetään näillä tonteilla tekemättä. Vaihtoehtoihin liittyviä hyötyjä ja haittoja on vertailtu alla.



Kuva L2. Yllä perusratkaisu VE1: massanvaihto, rakennukset paaluilla, sisäpiha maanvaraisena. Alla VE2: Paalutettu kansipiha, jossa pihakannen alla pysäköinti.

VE1 - Massanvaihto

Hyödyt

+ pihat ja kunnallistekniikkaa ei vaadi merkittäviä pohjanvahvistuksia

+ siirtymärakenteet kadulle ja puistoon on helpompi tehdä

+ korttelin ja Sadevesipuiston ulkonäöllinen yhteensovitus helpompaa, sisäpihoille voidaan istuttaa suuriakin puita

+ ei suuria painumia tai siirtymäriskiä rakennusten alla pitkällä aikavälillä.

Haitat

- Turpeen kaivusta syntyy suuret CO2-päästöt hiilen vapautuessa kiertoon

- Työnaikaiset ympäristövaikutukset suurempia, vesien hallinta (kiintoaine ja happamuus). Ympäristön hallinta edellyttänee mm. työnaikaisia ponttiseiniä

- Talot paalutettava porapaaluilla, kun massanvaihto tehdään louheella. Porapaalut noin 3-kertaa TB-paaluja kalliimpia ja aiheuttavat hieman suuremmat päästöt

VE2 – Kansipiha

Hyödyt

+ merkittävästi vähemmän massanvaihtoa, ympäristövaikutukset pienempiä

+ tukiseinäkaivannot merkittävästi matalampia

+ päästösäästöpotentiaali jopa 20 500 tCO2, mikä vastaa noin 36 % koko Alasjärven hankkeen esirakentamispäästöistä.

+ taloudellinen esirakentamisen säästöpotentiaali arviolta 2–3 MEUR (ei tosin kohdistu suoraa kaupungille)

Lisäksi tulee arvioida, millainen taloudellinen vetovoimatekijä on pysäköinnin sijainti lähempänä asuntoja.

Haitat

- Talonrakennusvaiheeseen liittyy enemmän riskejä: paalutuskoneet edellyttävät paksuja työpetejä tai voidaan joutua paaluttamaan pienellä kalustolla putkipaaluilla

- Turve painuu ikuisesti ja merkittävästi rakennusten alla. Tämä vaatii huolellisuutta rakennusten suunnittelussa (mm. paalujen sivusiirtymäriski, tekniikan ja eristeiden ripustukset alapohjassa)

- Sisäpihat eivät ole yhtä vehreitä ja kontrasti sadevesipuistoon on merkittävän korkeuseron vuoksi selvempi

- Ratikkakadun ja putkien perustaminen on arvioitava uudelleen, mikäli massanvaihtoa ei tehdä

Lisäksi tulee arvioida, miten rakentajat arvottavat turpeeseen liittyvät työnaikaiset ja pitkäaikaiset haasteet.

Yhteenvetona voidaan todeta, että kummankaan vaihtoehdon toteutettavuuteen ei liity suoraa estettä. Vaihtoehtoon 2 liittyy merkittäviä hyötynäkökohtia mutta myös joitakin riskejä.

Vaihtoehdossa 2 hallin salaojitustaso tulee olemaan noin +101,5…+102. Se on alempana kuin pohjaveden ylimmät tasot ja samaa tasoa kuin pohjavesipinta matalimmillaan. Pinnan laskun ei tästä syystä arvioida

aiheuttavan merkittäviä painumia tai muita teknisiä haittoja. Rakentaminen edistää pinnan laskua itsessään, kun rakennuspohjilla käytetään hyvin vettä johtavia murskeita, jolloin alue pyrkii kuivattumaan ojan suuntaan. Rakennus olisi kuitenkin syytä varustaa normaalia paremmalla salaojituksella.

Kantava hallin lattia on tyypillisesti noin 250 mm paksu, jonka alla on 100 mm XPS eriste ja 300 mm sepeliä. Veden nouseminen tasolle +102,5 tarkoittaisi siis käytännössä veden nousemista eristeen alapintaan. Hetkellisesti tämä ei aiheuta vaurioita, pitkään jatkuessa rakenteisiin siirtyisi kosteutta. Yksi mahdollisuus on käyttää rakennuksen ja ojan välissä huonosti vettäläpäisevää täyttöä, esim. moreenia, jolla rajoitettaisiin poikkeustilanteessa veden nousua alapohjaan.

1B Vaihtoehtoiset pohjanvahvistusmenetelmät

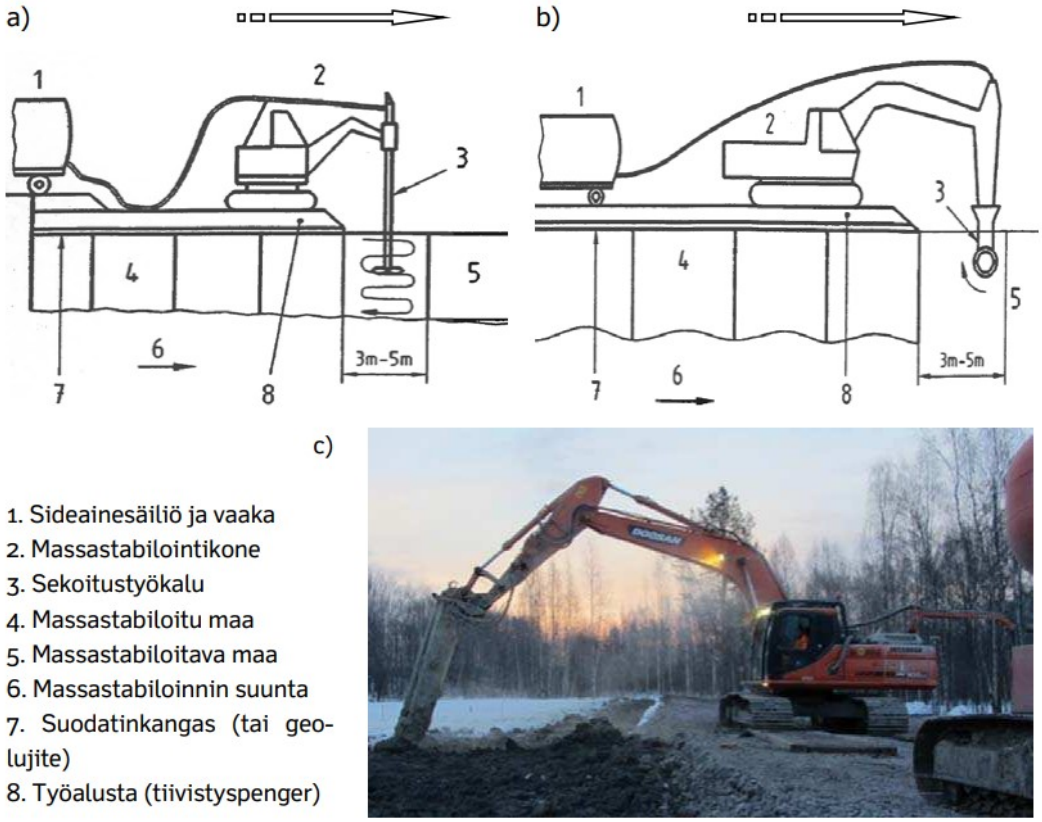
Massanvaihdon sijaan syviin turvepehmeikköihin on olemassa myös muita vahvistusmenetelmiä.

Massastabilointi

Soveltuvista menetelmistä Suomessa yleisesti käytössä on massastabilointi (massasyvästabilointi), jossa turpeen sekaan sekoitetaan sideaineita ja siten parannetaan turpeen jäykkyyttä ja lujuutta. Tyypillisin sideaine turpeen stabiloinnissa on sementti, mutta sitä voidaan osittain korvata myös muilla päästöiltään kestävämmillä sideaineilla. Turve on heikosti stabiloituvaa, eikä sideaineena tällä tietoa voida käyttää pelkästään uusiosideaineita, mikä merkittävästi nostaa menetelmän päästöjä ja kustannuksia.

Merkittävä turpeen syvästabilointiin liittyvä riski on hajuhaitat. Pääkaupunkiseudun vastaavissa kohteissa on ilmennyt, että stabiloitu turve aiheuttaa alueelle pahaa hajua. Oletettavasti stabilointiprosessi ja/tai sideaineet kiihdyttävät tai muuttavat turpeen luontaista hajoamisprosessia. Ilmiötä ja sen syitä tutkitaan, mutta toistaiseksi

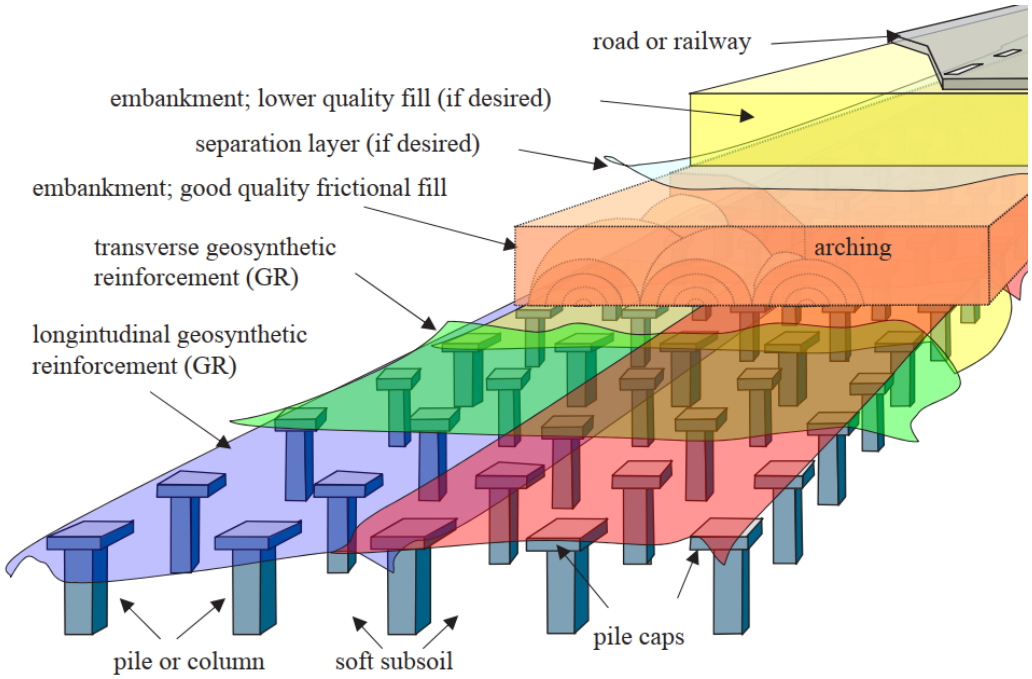
ilmiö heikentää menetelmän käytettävyyttä asuin- ja oleskelualueilla merkittävästi.



Kuva L3. Massastabiloinnin periaatekuva. Liikenneviraston ohjeita 17/2018, Syvästabiloinnin suunnittelu (valokuva Heikki Hämäläinen).

Geolujitettu pengerpaalutus

Geolujitettu pengerpaalutus (Basal Reinforced Piled Embankment) on lujitekankailla vahvistettu pengerpaalutus, eli käytännössä paalulaattarakenne, jossa teräsbetonilaatta on korvattu geolujitteilla. Rakenne ei ole täysin painumaton, mutta paalulaattaan verrattuna kustannuksiltaan edullisempi ja merkittävästi vähäpäästöisempi. Rakenteella on myös mahdollista korvata pilaristabilointia.



Kuva L4. Geolujitteilla vahvistettu pengerpaalutus (S. van Eekelen & M. Brugman 2016)

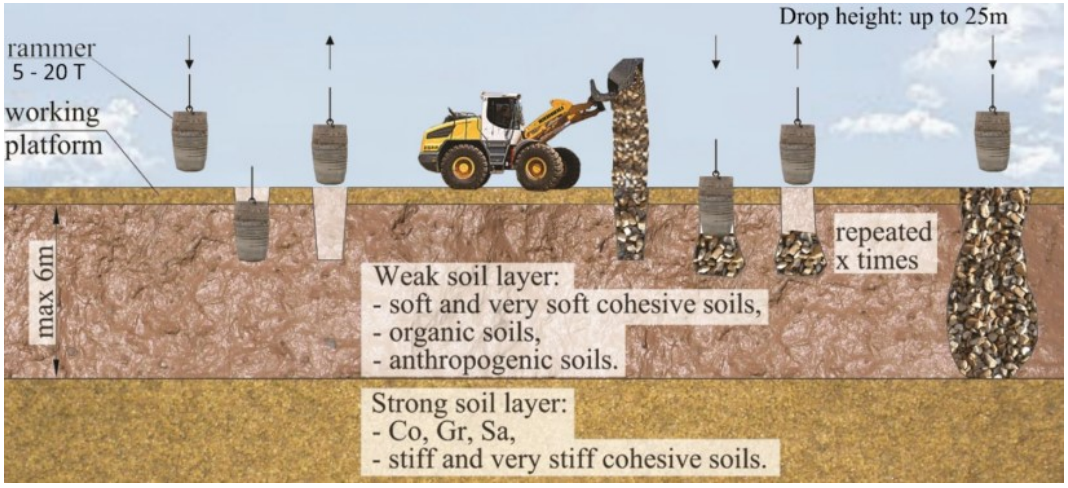
Tämän tyyppistä rakennetta ei ole käytetty Suomessa muutoin, kuin koeluontoisesti tulvapenkereiden ja kevyenliikenteen väylien tyyppisten rakenteiden perustamiseen. Euroopassa rakenne on kuitenkin yleisesti käytössä merkittävienkin väylien perustamisessa. Alasjärven hieman konsolidoituneet turvepehmeiköt soveltuisivat menetelmälle lähtökohtaisesti hyvin.

Menetelmä on massanvaihtoa kalliimpi, mikäli massanvaihtomassat ovat helposti saatavissa. Päästöiltään menetelmä on massanvaihtoa parempi, mikäli rakenteessa pystytään käyttämään puupaaluja. Rakenne voi tulla kyseeseen myös, mikäli syviä kaivantoja ei voida viereisten suojattavien kohteiden takia tehdä.

Kuva L5. Geolujitetun pengerpaalutuksen rakentamista kaupunkialueella Hampurissa, Saksassa. (S. van Eekelen & M. Brugman 2016)

Dynaaminen syrjäyttäminen

Dynaaminen syrjäyttäminen (Dynamic Replacement) on menetelmä, jossa rakennetaan maahan pehmeän kerroksen läpi ulottuvia kivipilareita syvätiivistyskalustolla. Pudotusjärkälettä pudotetaan murskeen päälle ja syntyvää kraatteria täytetään murskeella sitä mukaa, kun murskepilari syrjäytyy syvemmälle turpeeseen. Vastaavia pilareita tehdään vahvistettavalle alueelle esim. 4 metrin välein ja pilareiden väliin jää tiivistynyttä luonnonmaata.



Kuva L6. Dynaamisen syrjäyttämisen periaatekuva (Sekowski et al. 2018).

Menetelmää ei Suomessa ole käytetty, mutta tarvittava kalusto on täällä yleisesti saatavilla. Menetelmä soveltuu erityisesti turvepehmeiköille. Menetelmä voi olla merkittävästi vähäpäästöisempi turpeen massastabilointiin ja myös massanvaihtoon verrattuna. Menetelmä voi myös olla edullisempi. Haittapuolena menetelmässä on, että rakenne ei ole painumaton ja painumat ovat jossain määrin epätasaisia, sillä pilarit painuvat vähemmän kuin niiden väliin jäävä luonnonmaa. Menetelmässä voi kuitenkin olla merkittävää potentiaalia piha-alueilla ja pienemmillä kaduilla, joissa painumakriteerit eivät ole tiukkoja.

Kuva L7. Dynaamista syrjäyttämistä aluekohteessa (Menard Canada)

Kaikki edellä mainitut menetelmät vaatisivat jonkinasteista koeluontoista rakentamista, ennen kuin niitä voitaisiin kohteessa laajamittaisemmin käyttää, joten tässä vaiheessa esitettävät esirakentamistoimenpiteet eivät näihin tukeudu.