



**SAVONIA**

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO  
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

# RAKENNUSSUUNNITELMA HULEVESIEN KESKITETYLLLE BIOSUODATUSALUEELLE

TEKIJÄ/T: Arttu Räsänen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala			
Koulutusohjelma/Tutkinto-ohjelma Ympäristötekniikan tutkinto-ohjelma			
Työn tekijä(t) Arttu Räsänen			
Työn nimi Rakennussuunnitelma hulevesien keskitetylle biosuodatusalueelle			
Päiväys	16.09.2020	Sivumäärä/Liitteet	56/6
Ohjaaja(t) yliopettaja Pasi Pajula, pt. tuntiopettaja Juha-Matti Aalto			
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) AFRY Finland Oy, Kuopion kaupunki			
<p>Tiivistelmä</p> <p>Insinööritöiden tarkoituksena oli suunnitella hulevesien käsittelyalue uudelle kaava-alueelle Kuopion Savilahteen. Opinnäytetyö tehtiin AFRY Finland Oy:n palveluksessa ja opinnäytetyön aihe sijoittuu Kuopion kaupungin SALLI-projektiin. SALLI-projekti on Kuopion kaupungin kärkihanke, jossa Kuopion Savilahden alueelle suunnitellaan huomattava määrä uusia työ- ja opiskelupaikkoja, sekä asuintiloja. Tilaajan toiveesta alueelle haluttiin hulevesien hallintamenetelmä, joka ei muodostaisi alueelle pysyvää vesipintaa.</p> <p>Huleveden kuljettamaan kiintoaineen poistoon haluttiin kiinnittää huomiota, jolla suojeltaisiin purkuvesistönä toimivan Neulalahden vedenlaatua. Työn edetessä hulevesien käsittelytavaksi valittiin biosuodattaminen. Biosuodatuksen katsottiin olevan mielenkiintoinen käsittelymenetelmä, koska Kuopiossa ei ole vielä toteutettu vastaavaa laista hulevesien käsittelymenetelmää.</p> <p>Opinnäytetyössä perehdyttiin aluksi hulevesiä koskevaan teoriaan ja erilaisiin hulevesien käsittelymenetelmiin. Opinnäytetyö sisälsi valuma-alueen määrittämisen, hulevesien viivytystarpeen mitoituksen sekä biosuodatusalueen rakennussuunnitelmien laatimisen. Työn aikana pyrittiin löytämään tasapaino kustannusten muodostumisen sekä hulevesien laadullisen ja määrällisen hallinnan välillä. Biosuodatuksen lopulliseen rakennussuunnitelmaan päädyttiin usean kokeellisen mallin kautta. Suunnitelmia kehitettiin havaittujen puutteiden, uusien ideoiden ja tilaajan toiveiden kautta. Biosuodatusalueen suunnitelmat, piirustukset ja havainnekuvat laadittiin Autodeskin Civil3D ja InfraWorks -ohjelmistoilla.</p> <p>Biosuodatusalueen suunnitelma laadittiin tilaajan asettamien vaatimusten mukaisesti ja opinnäytetyössä valmistuneet lopulliset rakennussuunnitelmat on hyväksytty Kuopion kaupungilla. Opinnäytetyön osalta rakennussuunnitelmat sisälsivät asemapiirustukset, pituusleikkauksen ja poikkileikkaukset. Biosuodatusalueen rakentaminen aloitettiin talvella 2020 rakennussuunnitelmien mukaisesti.</p>			
Avainsanat Biosuodatus, hulevesi, rakennussuunnitelma			

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Environmental Technology			
Author(s) Arttu Räsänen			
Title of Thesis Construction Plan for a Centralized Stormwater Biofiltration Area			
Date	September 16, 2020	Pages/Appendices	56/6
Supervisor(s) Mr Pasi Pajula, Principal Lecturer and Mr Juha-Matti Aalto, Lecturer			
Client Organisation /Partners AFRY Finland Oy, City of Kuopio			
<p>Abstract</p> <p>The purpose of the thesis was to design a stormwater treatment area for a new planned area in Savilahti, Kuopio. The thesis was commissioned by AFRY Finland Oy and it is part of the SALLI project of the city of Kuopio. The SALLI project is the Kuopio city's top project which includes a significant number of new residential houses, workplaces and places to study to be built to the Savilahti area. The stormwater treatment method should not form a permanent water surface which was requested by the customer.</p> <p>To protect the water quality of the receiving water named Neulalahti, attention was paid to qualitative management and to the removal of suspended solids carried by stormwater. As the work progressed, biofiltration was chosen as the treatment method for stormwater. Biofiltration was considered to be an interesting treatment method, as a similar stormwater treatment method has not yet been implemented in Kuopio.</p> <p>In the first part of the thesis, the theory of stormwater and various methods of stormwater treatment were acquainted with. The thesis included the determination of the catchment area, calculations of the need for storm water delay and the preparation of construction plans for the biofiltration area. The purpose was to find a balance between costs and the qualitative and quantitative management of stormwater. The final construction plan for biofiltration was reached through several experimental models. Plans were developed through problem situations, new ideas and customer needs. Biofiltration area plans, drawings and plan visuals were created with Autodesk Civil3D and InfraWorks software.</p> <p>The biofiltration plans were prepared in accordance with the requirements set by the customer and the construction plans completed in the thesis were approved by the City of Kuopio. Construction plans included a layout, a longitudinal profile and cross-sections. The construction of the biofiltration area began in the winter of 2020 in accordance with the construction plans.</p>			
Keywords Biofiltration, stormwater, construction plan			

## ALKUSANAT

Työn aikana sain suuren määrän tukea perheeltäni, Pilviltä, sekä AFRYn henkilökunnalta. AFRYn henkilökunnasta haluan kiittää Jyväskylän toimiston mahtavaa henkilökuntaa, sekä SALLI -projektiin osallistunutta väkeä. Työn kannalta tärkeitä ohjeita oli antamassa suuri joukko AFRYn asiantuntevaa henkilökuntaa, josta eritoten mainittakoon Jouni Korkiamäki, Antti Harju, Jukka Ruuska, sekä Tapio Pulkkinen. Opinnäytetyön ohjauksesta suuri kiitos kuuluu AFRYn Maarit Hyväriselle, sekä Savonia amk:n vesihuollon opettaja Pasi Pajulalle jonka ansiosta työurani suunnittelijana on alkamassa. Haluan kiittää Kuopion kaupunkia työn mahdollistamisesta, sekä Kuopion hulevesitiimiä ja suunnitteluisinööri Jukka Eskelistä työn aikana saadusta rakentavasta palautteesta.

Suurimman kiitoksen omistan Sipti Infra Oy:n palveluksessa työskentelevälle hulevesiasiantuntija Juha-Pekka Saarelaiselle, joka tammikuussa 2019 järjestetyssä Envicon -seminaarissa herätti mielenkiintoni hulevesien laadulliseen hallintaan. Juha-Pekka Saarelaisen asiantuntemus hulevesien ja bio-suodatuksen osalta on täydentänyt oman kokemukseni puuttumista ja häneltä olen saanut työlle erittäin kallisarvoista ohjeistusta ja palautetta.



# SISÄLTÖ

LYHENTEET JA MÄÄRITELMÄT .....	7
1 JOHDANTO .....	8
2 TEORIAA HULEVESISTÄ .....	9
2.1 Hulevedet ja taajamahydrologia .....	9
2.2 Hulevesiä koskeva lainsäädäntö .....	10
2.3 Hulevesien hallinta .....	11
2.4 Rakentamisen aikaiset hulevedet .....	15
2.5 Hulevesien mitoitus .....	16
2.6 Biosuodatus.....	17
2.6.1 Biosuodatuksen rakenne.....	17
2.6.2 Biosuodatuksen haitta-aineiden poisto.....	19
2.6.3 Biosuodatuksen talviaikainen toiminta .....	20
2.6.4 Kunnossapito.....	20
3 TYÖN SUORITUS .....	22
3.1 Suunnitteluprosessin vaiheet .....	22
3.2 Aineisto.....	23
3.3 Rajaukset.....	23
4 LÄHTÖTIEDOT .....	24
4.1 Hulevesien käsittelyalue.....	28
4.2 Kohteen maaperä.....	30
5 TYÖN ETENEMINEN JA TULOKSET .....	33
5.1 Valuma-alueen määrittäminen.....	33
5.2 Mitoitussateen arviointi .....	34
5.3 Toteutustavan valinta .....	36
5.3.1 Koekuopat .....	37
5.4 Biosuodatuksen rakennussuunnittelu .....	38
5.4.1 Biosuodatuksen ensimmäinen luonnos ja tilaajan kommentit.....	38
5.4.2 Lopulliseen rakennussuunnitelmaan päätyminen.....	40
5.4.3 Biosuodatuksen rakennekerrokset.....	47
5.4.4 Biosuodatuksen kasvillisuus.....	49
5.4.5 Rakentamisen vaiheistaminen .....	50

6 JOHTOPÄÄTÖKSET .....	51
LÄHTEET .....	53
LIITTEET .....	56

## LYHENTEET JA MÄÄRITELMÄT

<b>Eroosio</b>	Kallioperän, maaperän ja maa-aineksen mekaaninen kuluminen esimerkiksi tuulen tai veden vaikutuksesta.
<b>Hydrologia</b>	Tieteenala, joka tutkii veden esiintymistä, ominaisuuksia ja kiertokulkua maapallolla, veteen liittyviä ilmiöitä ja veden vuorovaikutuksia muun ympäristön kanssa
<b>Taajamahydrologia</b>	Hydrologian osa-alue, joka keskittyy rakennetun ympäristön ominaispiirteisiin.
<b>Kiintoaine</b>	Vedessä hiukkasmaisessa muodossa olevaa ainetta, joka koostuu sekä orgaanisesta että epäorgaanisesta aineksesta.
<b>Maalaji</b>	Geologisten prosessien tuloksena syntynyt maakerrostumatyyppi.
<b>Niskaoja</b>	Avo-oja joka estää veden tulon ylävämmältä alavammalle alueelle.
<b>Sadanta, sademäärä</b>	Tiettyinä aikana tietylle alueelle sataneen vesimäärän paksuus.
<b>Laskeutusallas</b>	Hulevesien esikäsittely, jossa hulevesiä viivytetään erillisessä syvenyksessä ja kiintoaineille annetaan aikaa laskeutua sen pohjalle.
<b>Pohjavesi</b>	Maa- tai kallioperän kyllästämä vesikerros.
<b>Tehokas raekoko</b>	Raekoko, joka vastaa rakeisuuskäyrältä luettua läpäisyprosenttia 10 %.
<b>Valuma-alue</b>	Alue, jolta pinta- ja pohjavedet laskevat tiettyyn järveen, mereen tai kohtaan uomassa.
<b>Vesistö</b>	Järvi, lampi, joki, puro tai muu luonnollinen vesialue, sekä tekojärvi, kanava tai muu vastaavaa keinotekoinen vesialue. Vesistönä ei kuitenkaan pidetä noroa, ojaa tai lähdetä.

## 1 JOHDANTO

Sadevesien ja lumen sulamisvesien aiheuttamia tulvia on pitkään estetty johdattamalla syntyneet hulevedet nopeasti pois kuivatettavalta alueelta maanalaisissa hulevesiviemäreissä. Tämä ei kuitenkaan mahdollista hulevesien laadullista käsittelyä ja nopea pois johtaminen aiheuttaa ongelmia muun muassa eroosio vaikutuksin. Laadullisen hallinnan mahdollistamiseksi tulisi hulevesiä käsitellä enemmän luonnonmukaisesti maanpinnan tasolla esimerkiksi imeyttämällä tai suodattamalla. Jotta kaupunkiympäristössä riittäisi tilaa hulevesien luonnonmukaisemmalle käsittelylle, tulisi sille varata tilaa jo kaavoitusvaiheessa.

Opinnäytetyön tarkoituksena on toteuttaa hulevesien hallinnan rakennussuunnitelma Kuopioon, uudelle asemakaava-alueelle hulevesien käsittelylle erikseen varatulle alueelle. Hulevesien käsittelyalue sijoittuu Savilahden valuma-alueeseen nähden alueen latvaosaan. Hulevesien hallintatavaksi kehittyi suunnittelun edetessä biosuodatus. Biosuodatusalueet ovat usein pienempiä hajautettuja hulevesien käsittelyalueita, jotka ovat sijoitettuna muun muassa teiden ja parkkialueiden reunoille. Tässä työssä biosuodatus toteutetaan keskitettynä hulevesien hallintamenetelmänä valuma-alueelle, jonka suuruus on 6,7 hehtaaria.

Opinnäytetyössä tutustuttiin teoriassa hulevesien käsittelyyn ja hallintaan, hulevesimitoitukseen sekä käsittelyjärjestelmien rakentamiseen. Varsinainen suunnittelutyö suoritettiin suunnittelutoimeksiantona AFRY Finland Oy:n palveluksessa Kuopion kaupungille. Työhön sisältyi lähtötietojen hankinta, kohteeseen tutustuminen, maastokäynti ja vuorovaikutteinen yhteistyö tilaajan sekä muiden asiantuntijoiden kanssa.

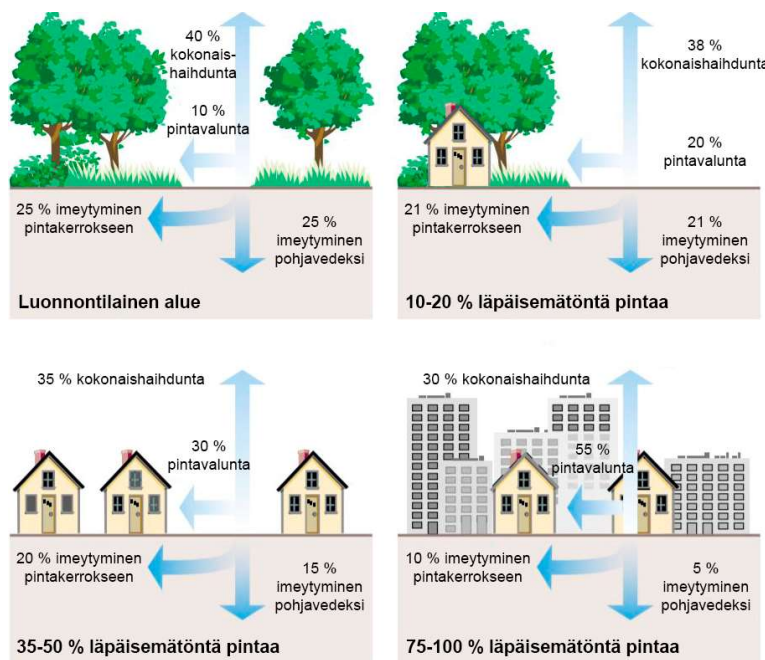
AFRY Finland Oy (entinen Pöyry Finland Oy) on kansainvälinen suunnittelu- ja konsultointiyhtiö joka toimii 40 eri maassa. AFRYn suunnitteluhankkeet käsittävät laajasti energia-, infra- ja teollisuussektorit ympäri maailman. Työ sisältyy Kuopion kaupungin SALLI -kaupunkisuunnitteluprojektiin. SALLI -projekti on Kuopion kasvun kärkihanke, jossa Savilahden alueelle suunnitellaan huomattava määrä uusia opiskelu- ja työpaikkoja, sekä asuintiloja. Savilahden alueelle rakennetaan noin 3 000 uutta asuntoa ja alueelle muodostuu noin 35 000 asukkaan, opiskelijan ja työntekijän kokonaisuus (Kuopio.fi).

## 2 TEORIAA HULEVESISTÄ

### 2.1 Hulevedet ja taajamahydrologia

Vesien luontainen kiertokulku koostuu pääsääntöisesti sadannasta, valunnasta, haihtumisesta ja maaperään imeytymisestä. Rakentaminen vaikuttaa suuresti veden luontaisen kiertokulun kaikkiin vaiheisiin, jonka seurauksena maanpäällisen valunnan määrä kasvaa. Tätä vesisateiden ja lumien sulamisen synnyttämää maanpäällistä veden virtausta rakennetuilla alueilla kutsutaan hulevedeksi. (Kuntaliitto 2012, 18.)

Hulevesien syntymiseen suurin vaikutus rakentamisella on läpäisemättömien pintojen lisääntyminen, mikä ehkäisee vesien imeytymistä maaperään ja kasvattaa maanpäällistä hulevesien virtausta (Kuntaliitto 2012, 18). Läpäisevien pintojen sekä hulevesiviemäröinnin vaikutuksesta sadevesien imeytyminen maaperään heikkenee, minkä vuoksi pohjaveden muodostuminen vähenee ja pohjaveden pinnantaso laskee luonnontilaisesta tasosta. (Kuntaliitto 2012, 18 - 25.) Epätasaiset, luonnontilaiset alueet omaavat hyvän painannesäilynnän eli tilavuuden, johon sadevedet voivat varastoitua maanpinnalla ennen haihduntaa ja maaperään imeytymistä muodostamatta pintavaluntaa. Tasaisilla ja kate-  
tuilla pinnoilla painannesäilyntä on huomattavasti pienempi luonnontilaisiin alueisiin verrattuna. (Kuntaliitto 2012, 18 – 25;91.) Kuvassa 1 on esitetty veden kiertokulun muuttumista suhteessa läpäisemättömän pinnan määrään.



KUVA 1 Läpäisemättömän pinnan vaikutus veden kiertokulkuun (Muokattu lähteestä The Federal Interagency Stream Restoration Working Group 2001, 3/23).

Luonnontilainen kasvillisuuden väheneminen heikentää kokonaishaihduntaa sekä haitta-aineiden sidontaa (Kuntaliitto 2012, 91;21). Lisäksi kokonaishaihduntaa heikentävä tekijä on myös vesien nopea poisjohtaminen, mikä on rakennetuilla alueilla yleistä esteettisistä syistä (Kuntaliitto 2012,

91;85). Hulevesien johtaminen maanalaisessa viemäröinnissä sekä tasaiset läpäisemättömät pinnat aiheuttavat suuria virtausnopeuksia, voimakkaita virtausvaihteluja ja eroosiota (Kuntaliitto 2012, 21;85 - 91).

Rakentaminen kasvattaa myös alueellista sadannan määrää, joka taajama-alueilla voi kasvaa jopa 5 - 10 % luonnontilaisesta sademäärästä (Kuntaliitto 2012, 18). Hulevesien hallinnan suunnittelussa on lisäksi varauduttava ilmastonmuutoksen aiheuttamiin vaikutuksiin, jotka kasvattavat vuotuisia sademääriä. Sademäärien on arvioitu kasvavan ilmastonmuutoksen vaikutuksesta keskiarvoisesti viidenneksellä sadan vuoden aikana. (Kuntaliitto 2012, 18;98 - 99.)

## 2.2 Hulevesiä koskeva lainsäädäntö

Suomessa hulevesien hallintaa ohjaavia lakeja on useita, joista tärkeimpiä ovat maankäyttö ja rakennuslaki 132/1999, vesihuoltolaki 119/2001, vesilaki 587/2011, sekä laki tulvariskien hallinnasta 620/2010. Muita hulevesiin liittyviä lakeja ovat laki vesienhoidon järjestämisestä 1299/2004, ympäristönsuojelulaki 527/2014, luonnonsuojelulaki 1096/1996, laki kadun ja eräiden yleisten alueiden kunnossa ja puhtaanapidosta 669/1978, maantielaki 503/2005 ja ratalaki 110/2007.

Hulevesiä koskevaa lainsäädäntöä muutettiin vuonna 2014, jolloin maankäyttö ja rakennuslakiin lisättiin luku 13a (103 a - o §) erillisistä säännöksistä ja vesihuoltolakiin luku 3a huleveden viemäröinnin järjestämisestä ja hoitamisesta. Koska hulevedet tulee ottaa huomioon alueiden käytön suunnittelussa ja rakentamisessa, haluttiin niihin kohdentuva lainsäädäntö sisällyttää juuri maankäyttö ja rakennuslakiin. (ymparisto.fi 2016, 1.)

Maankäyttö ja rakennuslaissa (1999, 103 b §) hulevesien hallinta täsmennetään tarkoittamaan hulevesien imeyttämistä, viivyttämistä, johtamista, viemäröintiä, sekä hulevesien käsittelyyn liittyviä toimenpiteitä. Kunnan hulevesijärjestelmällä tarkoitetaan hulevesien hallintaan tarkoitettuja alueita ja rakenteiden kokonaisuuksia, jotka eivät kuulu vesihuoltolain 17 a §:ssä tarkoitettuihin vesihuoltolaitoksen hulevesiviemäriverkostoon. Kunnan hulevesijärjestelmän vaikutusalueella tarkoitetaan aluetta, jolla kunnan hulevesijärjestelmän palvelevia kiinteistöjä sijaitsee.

Maankäyttö ja rakennuslain (1999, 103 c §) mukaan hulevesien hallinnan yleisinä tavoitteina on:

- kehittää asemakaava-alueilla hulevesien suunnitelmallista hallintaa
- viivyttää ja imeyttää hulevesiä niiden kerääntymispaikoilla
- ehkäistä kiinteistölle ja ympäristölle aiheutuvia vahinkoja ja haittoja huomioiden myös ilmastomuuttumisen pitkällä aikavälillä
- edistää luopumista jätevesiviemäriin johdettavista hulevesistä

Maankäyttö ja rakennuslain mukaan kunnan tehtävänä on vastata hulevesien järjestämisestä asemakaava-alueillaan. Kunnalla on velvollisuus toteuttaa hulevesijärjestelmä alueillaan, jossa asemakaavan mukainen maankäyttö sitä vaatii. Kunta voi ottaa vastuulleen myös muiden alueiden hulevesijärjestelmien toteutuksen. Lisäksi laissa säädetään kiinteistönomistajan vastuista, lain valvonnasta,

viranomaisten tehtävistä, hulevesien hallinnan ohjaamisesta ja suunnittelusta, sekä hulevesimaksujen perimisestä. (MRL 1999, 103 a - o §.)

### 2.3 Hulevesien hallinta

Hulevesien hallintamenetelmät voidaan karkeasti jakaa neljään kategoriaan: määrälliseen vähentämiseen, käsittelyyn, viivyttämiseen sekä johtamiseen (ymparisto.fi). Hulevesien hallinnalla pyritään löytämään ratkaisuja hulevesien ohjaamiselle rakennetuilla alueilla niin, että niiden kiertokulku pysyisi mahdollisimman luontaisena. Lähtökohtana hallinnalle tulee olla vesien käsittely mahdollisimman lähellä niiden syntypaikkaa, jolloin voidaan vaikuttaa syntyvän hulevesien määrään sekä laatuun. (Kuntaliitto 2012, 18.) Hulevesien laadullisella hallinnalla tarkoitetaan ratkaisuja joilla pyritään ennaltaehkäisemään haitta-aineiden muodostumista sekä hulevesien käsittelytapoja, joilla hulevesien kuljettamia haitta-aineita saadaan poistettua (Kuntaliitto 2012, 183).

Kuntaliitto on määritellyt Hulevesioppaassa (Kuntaliitto 2012, 20) yleiset periaatteet hulevesien hallinnan priorisointijärjestykselle, joita noudatetaan usean kaupungin hulevesistrategioissa. Nämä periaatteet ovat:

1. Ehkäistään hulevesien muodostumista ja niihin kohdistuvaa laatuhaittaa
2. Hulevedet käsitellään ja hyödynnetään syntypaikallaan
3. Hulevedet johdetaan pois syntypaikaltaan suodattavalla ja hidastavalla järjestelmällä
4. Hulevedet johdetaan pois syntypaikaltaan hulevesiviemärissä yleisillä alueilla sijaitseville hidastus- ja viivytyalueille ennen vesistöön johtamista (viivyttäminen avouomissa)
5. Hulevedet johdetaan hulevesiviemärissä suoraan vastaanottavaan vesistöön.

Hulevesien muodostumisen estämistä ja luonnontilaisen kiertokulun edistämistä voidaan turvata vähentämällä alueiden tasaamista ja läpäisemättömien pintojen käyttöä (Kuntaliitto 2012, 20). Maan käytön muuttuessa luonnontilaisesta rakennettuun ympäristöön, lisääntyy myös erilaisten päästölähteiden määrä. Hulevedet keräävät pintarakenteista paljon erilaisia haitta-aineita ja ravinteita mukaansa varsinkin läpäisemättömiltä pinnoilta, mitkä kuormittavat ajan myötä purkuvesistöä aiheuttaen muun muassa sameutumista ja rehevöitymistä. (Kuntaliitto 2012, 127;134.) Haitta-aineiden syntymistä voidaan ennaltaehkäistä esimerkiksi katujen siivouksella, sekä ohjeistuksilla ja tietoisuuden lisäämisellä muun muassa lannoittamisen suhteen (Kuntaliitto 2012, 183).

Syntyneitä hulevesiä tulee pyrkiä käsittelemään ja hyödyntämään mahdollisimman lähellä niiden syntypaikkaansa. Hulevesiä käytetään tällöin esimerkiksi kasteluvetenä tai ne pyritään imeyttämään maaperän laadun sen salliessa (Espoon kaupunki 2011, 11). Mikäli hulevesiä ei voida käsitellä kokonaisuudessaan niiden syntypaikalla, ohjataan hulevedet muualle avonaisia johtamisjärjestelmiä käyttäen. Tällaiset johtamisjärjestelmät, kuten avo-ojat, viherpainanteet ja purot ovat laadullisen käsittelyn kannalta maanalaisia viemäriverkostoja parempia. Avonaiset järjestelmät voidaan rakentaa loi-

vina ja kasvillisuuden peittäminä, jolloin veden virtausnopeudet pienenevät ja imeytyminen, haihdunta sekä kiintoaineiden laskeutuminen tehostuu. (Kuntaliitto 2012, 21.) Johtamisjärjestelmillä tulee pyrkiä viivyttämään ja puhdistamaan hulevesiä käyttämällä esimerkiksi suodattavia järjestelmiä (Espoon kaupunki 2011, 11).

Mikäli hulevesiä ei voida viivyttää ja puhdistaa edellä mainituin tavoin, voidaan hulevedet ohjata hulevesiviemärein yleiselle alueelle käsiteltäviksi (Espoon kaupunki 2011, 11). Laadulliseen hallintaan sopivia käsittelytapoja, joilla hulevesiä voidaan viivyttää ja haitta-ainekuormitusta vähentää ovat esimerkiksi kosteikot, lammikot, sekä imeytys- ja suodatusrakenteet (Kuntaliitto 2012, 21). Hulevedet voidaan ohjata käsittelemättöminä suoraan purkuvesistöön vain niissä tapauksissa, kun muut hallintamenetelmät eivät ole mahdollisia toteuttaa ja sillä ei aiheuteta ympäristölle esimerkiksi tulva- ja eroosiohaittaa (Espoon kaupunki 2011, 11).

### **Johtaminen**

Hulevesien johtamisella tarkoitetaan hulevesien kokoamista ja kuljettamista pois kuivatettavilta alueilta. Hulevesiä voidaan johtaa maanalaisissa hulevesiviemäreissä ja salaojissa sekä maanpäällisissä avopintaisissa järjestelmissä. Avopintaisissa järjestelmissä hulevesiä saadaan hidastettua kasvillisuuden, reitin pituuden ja pienen pituuskaltevuuden avulla. Virtaaman hidastuminen auttaa hulevesien kuljettamien epäpuhtauksien laskeutumiseen ja vesien imeytymiseen maaperään. Avopintaisia johtamisreittejä ovat esimerkiksi avo-ojat ja painanteet sekä rakennetut kanavat, uomat ja kourut. (Kuntaliitto 2012, 157.)

Avo-ojat ovat painanteisiin verrattuina huomattavasti syvempiä ja jyrkkäreunaisempia. Matalammat painanteet ovat yleensä kokonaan kasvillisuuden peittämiä ja niissä voidaan käyttää esimerkiksi virtausta hidastavia kiviä tai pohjapatoja. Painanteet ovat usein pohjaltaan avo-ojia leveämpiä ja ne voidaan rakentaa hulevesien viivyttämistä tai suodattamista varten. Muita avopintaisia johtamisreittejä ovat muun muassa betonista ja kivistä rakennetut kanavat ja kourut, joilla on avo-ojiin ja painanteisiin verrattuna pienempi tilantarve. Betonista ja kivistä valmistetut järjestelmät eivät itsessään salli veden imeytymistä maaperään, mutta niiden yhteyteen voidaan rakentaa erilaisia hulevesien viivytys- tai imeytysrakenteita. (Kuntaliitto 2012, 159-186.)

Tulvareitit ovat tulvatilanteiden johtamisjärjestelmiä, joiden tarkoituksena on ohjata varsinaisen hulevesijärjestelmän mitoituksen ylittäneet vedet pois alueelta aiheuttamatta vaaratilanteita ja vahinkoja. Tulvareiteiksi kutsutaan myös erilaisten hulevesialtaiden ja -painanteiden ylivuotokynnyksiä – tai aukkoja. (Kuntaliitto 2012, 169.)

Tiiviisti rakennetuissa ympäristössä hulevedet pyritään usein johtamaan hulevesiviemäreissä esteettisin syin ja vähäisen tilan vuoksi. Hulevesien johtamisessa tulisi kuitenkin suosia avopintaisia järjestelmiä, koska yksinkertaisella avo-ojallakin on hulevesiviemäriä suurempi viivytysominaisuus (Kuntaliitto 2012, 159). Loivat ja epätasaiset pinnat rauhoittavat hulevesien virtausta ja estävät uoma-eroosioiden syntymistä.



## **Viivyttäminen**

Hulevesien viivyttämisellä tarkoitetaan sadevesien virtauksen hidastamista tai johtamista väliaikaiseen varastointitilaan, joista viivyntyneet vedet voidaan vapauttaa hallitusti eteenpäin. Hulevesien viivytyksen menetelmiä ovat esimerkiksi painanteet, kosteikot, lammikot sekä rakennetut kaivannot ja altaat. Sadevesien viivyttäminen leikkaa hulevesivirtaaman huippuja ja vähentää näin eroosioiden syntymistä sekä tulvariskiä alapuolisilla purkureiteillä. Viivyttämisellä saadaan laskeutettua kiintoainetta ja siihen sitoutuneita haitta-aineita parantaen hulevesien laatua. (Kuntaliitto 2012, 172-173.)

Kosteikot, lammikot ja altaat ovat yleensä pysyvän vesipinnan omaavia viivytyksalueita, joilla vedenpinnan sallitaan nousta ajoittain korkeammalle. Kosteikot omaavat monipuolisen kosteikkokasvillisuuden ja ovat vesisyvyydeltään vaihtelevia sekä lammikoita matalampia. Lammikot ovat usein kosteikkoja ja rakennettuja altaita syvempiä viivytyksaltaita. Lammikoista poiketen, rakennetut altaat ovat täysin keinotekoisia ja rakennettu yleensä betonista tai kivistä. Altaat ovat myös vesitiiviitä ja soveltuvat parhaiten kaupunkimaiseen ympäristöön. (Kuntaliitto 2012, 173-175.)

Viivytyksipainanteet ovat matalia hulevesien lammikoitumisalueita, jotka tyhjenevät enintään muutamman vuorokauden kuluessa. Viivytyksipainanteet ovat usein verhottu kasvillisuudella tai kiviaineksella. Viivytyksikaivannot ovat sen sijaan maanalaisia viivytyksrakennelmia, jotka on varustettu purkuputkella tai salaojituksella. Viivytyksikaivannoilla saadaan tasattua vain hulevesivirtausta, mutta niitä voidaan rakentaa myös silloin kun maanpäällistä tilaa ei ole käytettävissä, esimerkiksi parkkialueen alapuolelle. Viivytyksipainanteet ja -kaivannot ovat samankaltaisia kuin hulevesien imeyttämisessä käytettävät imeytyspainanteet ja -kaivannot, mutta niissä hulevesien imeytymistä ei pyritä tehostamaan. (Kuntaliitto 2012, 177.)

## **Imeyttäminen ja suodattaminen**

Imeyttämisen tarkoituksena on muuttaa sade- ja sulamisvesiä pintavalunnasta pintakerros- ja pohjavesivalunnaksi ja näin vähentää hulevesien kokonaismäärää. Hulevesien imeyttämistä tulisi käyttää ensisijaisena hulevesien käsittelytapana sen mahdollistaessa vesien luonnontilaista kiertokulkua rakennetussa ympäristössä, ylläpitäen samalla alueellista pohjavedenpinnan tasoa. Imeyttäminen on tehokas hulevesien puhdistuskeino vesien suotautuessa maakerrosten läpi, jolloin haitta-ainekuormitusta saadaan vähennettyä biologisin, fysikaalisin ja kemiallisin menetelmin. Imeytysjärjestelmät leikkaavat virtaamahuippuja vesien imeytyessä maakerroksen huokostilavuuteen, mutta tulvien hallinnassa imeytystä tulisi tehostaa kasvattamalla viivytystilavuutta. (Kuntaliitto 2012, 146-147.)

Imeytyksikaivannot ovat yleensä karkeasta kiviaineksesta rakennettuja kaivantoja, joiden huokostilavuuteen hulevesi voi varastoitua ennen maaperään imeytymistä. Kaivannot voivat olla avopintaisia tai täysin maanalaisesti rakennettuja. Maanalaisiin kaivantoihin hulevedet ohjataan salaojituksin tai hulevesiviemärein, kun taas avopintaisiin kaivantoihin yleensä pintavaluntana. Kiviaineksen sijasta imeytyksikaivannot voidaan rakentaa esimerkiksi muovista valmistetuista kennostoista. Imeytyksikaivantojen lisäksi on olemassa imeytyspainanteita, jotka ovat ympäristöään alempana olevia ja kasvillisuuden peittämiä alueita. Kasvillisuuden lisäksi imeytyspainanteille on olennaista maanpäällinen

viivyty- eli lammikoitumistila. Lammikoitumistilan ansiosta imeytyspainanteilla saadaan tehokkaasti viivytettyä hulevesivirtaamia. (Kuntaliitto 2012, 146-147.)

Imeytysjärjestelmät tulee varustaa hulevesien esikäsittelyllä, jonka avulla karkea kiintoaines saadaan pidätettyä ja imeytysjärjestelmän tukkeutumisherkkyttä pienennettyä. Imeytymisen kannalta on olennaista että maaperä on hyvin vettä läpäisevää. Heikommin vettä läpäisevillä alueilla imeytysjärjestelmät voidaan rakentaa myös salaojituksin, jolloin imeytysjärjestelmä toimii osittain suodattavana järjestelmänä. Salaojituksella osa suodattuneista vesistä voidaan ohjata eteenpäin ja salaojitustason alapuolelle jäävät vedet voivat imeytyä maaperään. (Kuntaliitto 2012, 146-147.)

Hulevesien suodattaminen vastaa toiminnaltaan hulevesien imeyttämistä, mutta siinä maa-aineksen läpi suodattuneet vedet ohjataan salaojitusten avulla muualle, eikä niitä imeytetä maaperään. Suodattaminen voi tulla kyseeseen esimerkiksi pohjavesialueilla, joilla imeyttämisen sijasta tarvitaan pohjavesisuojaus onnettomuusriskin tai teiden suolauksen takia. Tällöin hulevedet käsitellään suodattaen ja ohjataan salaojitukseen pois pohjavesialueelta. Salaojitus pitää suodatinrakenteita kuivana, jonka ansiosta suodatinrakenteet toimivat myös talvisin. Imeytys- ja suodatusrakenteita joissa hyödynnetään kasvillisuutta, kutsutaan biopidätys- tai biosuodatusalueiksi. (Kuntaliitto 2012, 83;223.)

### **Kasvien käyttö**

Hulevesien määrälliseen hallintaan kasvit vaikuttavat varsinkin haihduttamisen kautta, koska kasvit käyttävät vettä elintoimintojen ja fotosynteesin ylläpitämiseen. Tätä veden siirtymistä maaperästä ilmakehään juuri-varsi-lehti systeemin kautta kutsutaan transpiraatioksi. Määrällistä hallintaa lisää myös interseptio, joka tarkoittaa satavan veden pidättäytymistä ja haihtumista suoraan kasvien pinnoilta. (Vakkilainen s. a., 3-4)

Hulevesien laatua on mahdollista parantaa hyödyntämällä erilaisia kasvilajeja, jotka yhdessä mikrobitoiminnan kanssa sitovat ja käyttävät huleveden sisältämiä haitta-aineita ja ravinteita itseensä. Kasvillisuuden peittämät alueet viivyttävät hulevesiä ja sitovat niiden kuljettamaa kiintoainetta tehokkaasti. Kasvien juuret ylläpitävät maanpinnan huokoisuutta ja vedenläpäisevyyttä, mikä auttaa sadevesien imeytymistä maaperään. Kasvipeitteellisyys ja kasvien juuret lisäävät suojaa myös uomaeroosiota vastaan. (Kuntaliitto 2012, 217.)

### **Biohiili**

Biohiilellä (kuva 2) voidaan sitoa vettä ja sen sisältämiä alkuaineita, ravinteita, sekä haitta-aineita. Biohiilen maaperästä varastoima vesi ja ravinteet ovat kasvien hyödynnettävissä. Biohiilen avulla voidaan myös parantaa maaperän laatua sen toimiessa hyvänä kasvualustana maaperän mikrobeille, laskien samalla maaperän happamuutta. (Carbons.fi.)

Biohiili on biomassasta, kuten puusta valmistettavaa hiilirikasta tuotetta, joka valmistetaan polttamalla raaka-ainetta hapettomissa tai melkein hapettomissa olosuhteissa ja alle 700 °C lämpötilassa (Lehmann ja Joseph 2009, 1). Valmistusmenetelmää kutsutaan pyrolyysiksi eli kuivatuslaukseksi ja sen ansiosta biohiilen raaka-aine säilyttää luonnollisen huokosrakeisuutensa (Carbons.fi). Biohiili

eroaa puuhiilestä sen käyttötavan mukaan, puuhiiltä käytettäessä polttoaineena ja biohiiltä käytettäessä ympäristön hoitoon, maanparannusaineena, sekä hiilen talteenottoon (Lehmann ja Joseph 2009, 1).

Muun muassa biohiilen suuri ominaispinta-ala, sekä huokoinen rakenne antavat sille hyvän kyvyn sitoa hulevesien haitta-aineita (Niemi 2018, 5). Biohiilen avulla voidaan siis monipuolistaa hulevesien ravinteiden poistoa, sekä parantaa kasvien kasvua. Kasvien kasvun kehittyminen perustuu biohiilen hulevesistä sitomaan ja luovuttamaan ravinnemäärään. (Carbons.fi).



KUVA 2 Biohiiltä raekooltaan 5 - 9 mm (Räsänen 2020).

#### 2.4 Rakentamisen aikaiset hulevedet

Rakentamisen aikaiset hulevedet poikkeavat laadultaan rakennetun alueen hulevesistä. Huleveden mukaan huuhtoutuu enemmän kiintoainetta suojaamattomista maanpinnoista, sekä maa-aineska-soista. Muita kuormituslähteitä voivat olla muun muassa rakennusjätteet, räjäytystyöt, polttoaineet, öljyt, pesuvedet, rappauslietteet, maalit ja tasoiteaineet. Rakentamisen aikaiset hulevedet sisältävät myös enemmän ravinteita, kuten orgaanisia yhdisteitä, sekä typpi- ja fosforiyhdisteitä. Käsittelemättömät vedet aiheuttavat purkuvesistön sameutumista ja rehevöitymistä, sekä tukkivat ja likaavat hulevesiverkostoa. (Rakennustietosäätiö 2016, 2;4.) Suomessa rakennustyömailla on todettu jopa 20-60 kertaisia kiintoainepitoisuuksia, sekä 5-9 kertaisia fosforipitoisuuksia keskimääräisiin pitoisuuksiin nähden (Kuntaliitto 2012, 184).

Ympäristön, pohjaveden ja maaperän pilaantumisen ehkäisemiseksi on esitetty periaatteet ympäristösuojelelaissa. Muita rakentamisen aikaiseen hulevesien käsittelyyn liittyviä vaatimuksia on esitetty maankäyttö- ja rakennuslaissa, sekä valtioneuvoston asetuksessa ympäristönsuojelusta. Työmaavesien käsittelystä voidaan määrätä myös kaupungin tai kunnan rakennusjärjestyksessä. (Rakennustietosäätiö 2016, 2).

## 2.5 Hulevesien mitoitus

Rakennetuilla alueilla hulevesijärjestelmät on mitoittava kestämään rankkasateiden aiheuttaman huippuvirtaamat ja hulevesimäärät. Hulevesiviemärit, avo-ojat ja muut johtamisjärjestelmät mitoitetaan huippuvirtaaman mukaan, kun taas hulevesiä varastoivat ja käsittelevät rakenteet mitoitetaan huleveden määrän mukaan (Kuntaliitto 2012, 101). Sadevesimitoituksessa tutkitaan rankkasateiden toistuvuusajoja sekä sateen kestoa ja voimakkuutta. Sadevesimitoituksessa käytetään apuna tilastollisia rankkasateita ja niiden todennäköisyyksiä, eli kuinka usean vuoden välein kyseinen rankkasade toistuu. Hulevesiviemärit mitoitetaan yleensä kerran 2-3 vuodessa toistuvalla rankkasateella ja määrälliseen hallintaan tarkoitetut rakenteet esimerkiksi kerran viidessä vuodessa tapahtuvalla sateella. Mitoituksessa on arvioitava millaisen riskin hulevesijärjestelmän tulviminen voi aiheuttaa ja tämä ohjaa valitsemaan tarpeeksi suuren mitoitussateen. Mitoituksessa on kuitenkin huomioitava että liian suuren mitoitussateen valitseminen kasvattaa hulevesijärjestelmien kokoa ja sitä myötä lisää kustannuksia. Laadulliseen hallintaan ja imeytykseen tarkoitetut hulevesirakenteet mitoitetaan yleisemmille vesisateille, kuten pidättämään 80 % vuotuisesta vesisademäärästä. (Kuntaliitto 2012, 25;110.)

Sateen intensiteetti eli voimakkuus voidaan arvioida tilastollisesti rankkasateen toistuvuuden ja sateen keston perusteella. Mitä pienempää sateen kestoa mitoituksessa käytetään, sitä suurempi on sateen intensiteetti. Mitoitussateen kesto valitaan usein valuma-alueen koon perusteella taulukon 1 mukaisesti. Laskettaessa sadeveden määrää, käytetään hieman pidempi kestoista sadetta verraten hetkellisen huippuvirtaaman laskemiseen. Sateen keston ollessa pidempi, kasvaa kertyvä sadevesi määrä suuremmaksi vaikka intensiteetti onkin alhaisempi. (Kuntaliitto 2012, 102.) Taulukossa 2 on Hulevesioppaan mukaisesti arvioidut sateen intensiteetit, kun tiedetään sateen toistuvuus aika ja sateen kesto. Taulukossa on huomioitu ilmastonmuutoksen aiheuttama 20 % kasvu sadevesimääriin.

Taulukko 1 Sateen keston suhde valuma-alueen kokoon (Muokattu lähteestä Kuntaliitto 2012, 209).

Valuma-alueen pinta-ala	Mitoitussateen kesto aika
< 2 ha	5 min
2-5 ha	10 min
5-20 ha	20 min
20-100 ha	60 min

Taulukko 2 Sateen intensiteetin määrittäminen ilmastonmuutoksen vaikutukset huomioiden (Muokattu lähteestä Kuntaliitto 2012, 111).

Toistuvuus x/a	Sateen kesto								
	5 min	10 min	15 min	30 min	1 h	3 h	6 h	12 h	24 h
1	140	96	94	60	40	22	13	8,3	5,0
2	200	144	120	73	50	25	16	10,0	6,0
3	220	156	133	86	56,4	28	17	10,6	6,2
5	260	180	146	100	64	30	19	11,6	7,0
10	280	216	187	120	77	36	23	13,1	8,3

Suomessa yleinen sadevesimitoitustapa on ns. rationaalinen menetelmä. Rationaalinen menetelmä perustuu valuma-alueen pinta-alaan, sateen intensiteettiin, sekä valuntakertoimeen (Komulainen

2012, 64). Valuntakerroin on suhdeluku joka kuvastaa sitä osuutta sataneesta vedestä, joka jatkaa matkaa pintavaluntana. Valuntakertoimen arvo on välillä 0-1. Taulukossa 3 on esitetty esimerkkejä erilaisten pintojen valuntakertoimista.

Taulukko 3 Erilaisten pintojen valuntakertoimia (muokattu lähteestä Kuntaliitto 2012, 209).

Pinnan tyyppi	Valumakerroin
Katto	0,80 - 1,00
Asfalttipäällyste	0,70 - 0,90
Tien nurmetettu luiska	0,40 - 0,60
Avoin kalliomaasto	0,30 - 0,50
Soratie, soraluiska	0,20 - 0,50
Nurmipintainen piha, puisto	0,10 - 0,40
Niitty, pelto, puutarha	0,10 - 0,30
Suo	0,05 - 0,15
Kumpuileva sekametsä	0,05 - 0,20
Tasainen metsämaasto	0,1
Tasainen sorakenttä	0,00 - 0,05

Huleveden määrä saadaan laskettua kaavalla 1 ja vastaavasti valuma-alueella syntyvä mitoitusvirtaama saadaan laskettua kaavalla 2.

$$V = \frac{C \cdot i \cdot A \cdot t}{1000} \quad (1)$$

Missä  $V$  = huleveden määrä (m<sup>3</sup>)  
 $C$  = valuntakerroin  
 $i$  = sateen intensiteetti (l/s\*ha)  
 $A$  = valuma-alueen pinta-ala (ha)  
 $t$  = sateen kesto (s)

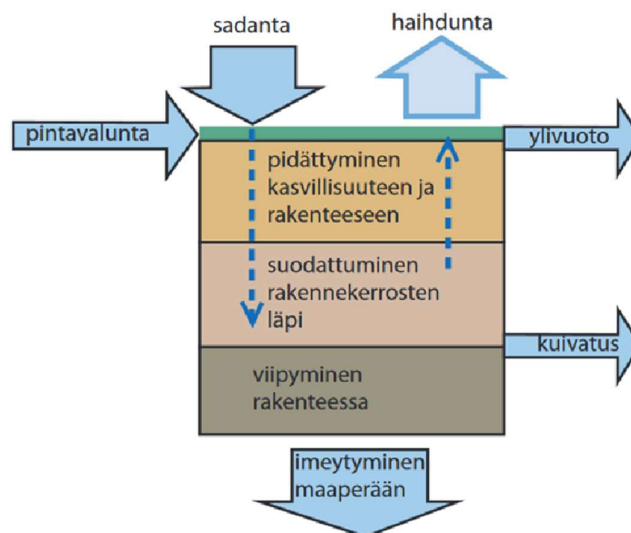
$$Q = C * i * A \quad (2)$$

Missä  $Q$  = huleveden virtaama (m<sup>3</sup>/s)

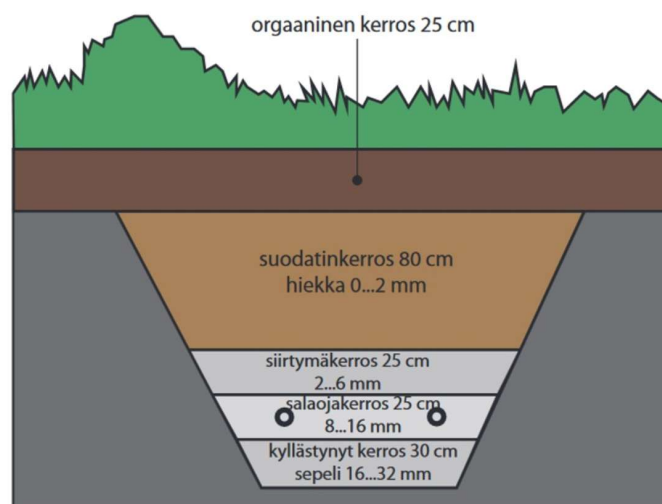
## 2.6 Biosuodatus

### 2.6.1 Biosuodatuksen rakenne

Biosuodattaminen on hulevesiä suodattava, imeyttävä ja viivyttävä rakenne. Hulevedet suodatetaan rakennekerrosten läpi maaperään imeytettäväksi tai salaojitukseen pois johdatettavaksi. Mikäli maaperä ei sovellu vesien imeyttämiseen, voidaan biosuodatus rakentaa hulevesiä puhdistavaksi ja viivyttäväksi järjestelmäksi salaojitusten avulla. Tällöin rakennekerrokset sisältävät kate- ja suodatuskerroksen lisäksi myös siirtymä- ja kuivatuskerroksen. Puhdistetut vedet voidaan ohjata joko suoraan vastaanottavaan vesistöön, tai hulevesiverkostoon. (Komulainen 2012, 26.) Biosuodatuksen toimintaperiaate on esitetty kuvassa 3 ja yleiskuva suodatinrakenteista kuvassa 4.



KUVA 3 Biosuodatusrakenteen toimintaperiaate (Hulevesirakenteet. RT 103006, 13).



KUVA 4 Esimerkki biosuodatuksen rakennekerroksista (Hulevesirakenteet. RT 103006, 16).

Biosuodatus poikkeaa muista imeytysjärjestelmistä sen vaihtelevan kasvillisuus- ja katekerroksen takia. Kasvillisuuden tehtävänä on sitoa hulevesien sisältämiä ravinteita, sekä raskasmetalleja ja kasvattaa vesien haihduntaa. Kasvien juuret ylläpitävät myös pintakerrosten vedenläpäisevyyttä ja huokoisuutta kasvattaen samalla suojaa eroosiota vastaan. Biosuodatuksen maanpäälliset lammikoitumissyvytykset ovat yleensä matalia vaihdellen 150-400 mm. (Komulainen 2012, 26;59)

Suomen ympäristökeskuksen (2016) mukaan biosuodatuksen parhaaksi suodatinmateriaaliksi on osoittautunut hiekka tai silttinen hiekka, joka tarjoaa hyvän suodatusominaisuuden lisäksi myös hyvän kasvualustan kasveille. Hiekasta on myös todettu irtoavan vain vähän hienoaainesta.

Kuivatuskerroksen ollessa karkeaa maalajia, tulee kuivatuskerroksen ja suodatinkerroksen väliin rakentaa siirtymäkerros, jottei suodatinkerros sekoittuisi kuivatuskerroksen kanssa ja salaojat tukkeutuisi. Siirtymäkerroksella korvataan suodatinkankaan käyttö, joka aiheuttaisi helposti rakenteen tukkeutumisen (Saarelainen 2019). Siirtymäkerroksen paksuus vaihtelee tavallisesti 10 - 250 mm välillä

ja raekooksi valitaan välimuoto suodatus- ja kuivatuskerroksen väliltä (Komulainen 2012, 28;60). Kuivatuskerroksen minimisyvyys määräytyy salaojaputken halkaisijan ja ympäristäytön summasta. Salaojan ympäristäytön minimipaksuus on InfraRYL:n (2010, 142) mukaan 200 mm.

## 2.6.2 Biosuodatuksen haitta-aineiden poisto

Suomen ympäristökeskuksen mukaan biosuodatuksen puhdistusteho perustuu useisiin eri mekanismeihin. Biosuodatuksen tehokkain puhdistusmekanismi on kiintoaineiden hyvä pidätyskyky, kiintoaineen sedimentoitua suodatinmateriaaliin ja suodattamalla maa-aineksen huokostilavuuteen. (Suomen ympäristökeskus 2016, 20.) Suurin osa huleveden haitta-aineista onkin sitoutunut huleveden kuljettamaan kiintoaineeseen (Kuntaliitto 2012, 21). Eri kasvillisuudet ja kasvualustat eivät vaikuta kiintoaineen pidätyskykyyn, vaan pidätyskyky on suhteessa suodatinmateriaalin rakeisuuteen. Mitä hienompirakeista suodatinmateriaali on, sitä parempi on sen kiintoaineen pidätyskyky. (Lehikoinen 2015, 20.) Taulukossa 4 on esitetty biosuodatuksen eri haitta-aineiden pidätysmekanismeja ja taulukossa 5 eri aineiden kuormitusvähenemiä.

TAULUKKO 4 Biosuodatuksen erilaisia haitta-aineiden pidätysmekanismeja (Suomen ympäristökeskus 2016, 20).

Pidättymismekanismi	Poistuvat haitta-aineet
Sedimentaatio ja imeytyminen	Kiintoaine, kelluva karie, roskat, kiintoaineeseen kiinnittynyt fosfori, osa maaperässä olleista patogeeneistä
Adsorptio maapartikkeleihin	Liuenneet metallit, liuennut fosfori
Kasvillisuuden ravinteiden otto	Ravinteet (fosfori ja typpi)
Mikrobiologiset prosessit	Orgaaniset aineet, patogeenit
Auringonvalolle altistuminen ja kuivuus	Patogeenit

TAULUKKO 5 Todettuja haitta-aineiden reduktioita biosuodatuksessa (Suomen ympäristökeskus 2016, 21).

Aine	Tyypillinen pitoisuus hulevesissä, mg/l	Kuormitusvähenemä biosuodatuksessa, %
Kiintoaine	15–350	90–99 %
Biologinen hapenkulutus	1,5–22,0	80–90 %
Kokonaiskupari	0,01–0,28	60–90 %
Kokonaissinkki	0,03–0,35	85–95 %
Öljyt ja rasvat	0,4–20,0	95–99 %
Partikkelimainen fosfori	0,1–2,2	95–99 %
Liukoinen fosfori	0,05–1,5	10–30 %
Liukoinen typpi	0,1–3,7	–40–40 %
Partikkelimainen typpi *	0,5–3,5	25–50 %

\* käsittää partikkelimaisen orgaanisen typen

Partikkelimainen fosfori pidättyy kiintoaineen mukana hyvin suodatinmateriaaliin, mutta liukoinen fosfori ei pidäty kovin hyvin. (Suomen ympäristökeskus 2016, 21) Typen poistoon vaikuttavat varsinkin kasvillisuuden monimuotoisuus, kasvualusta ja istutustiheys (Lehikoinen 2015, 21). Tehokas typen poisto vaatii sopivan kasvillisuuden ja 3-4 tunnin viipymän. Hapellisissa olosuhteissa, esimerkiksi sateiden välillä, biosuodatuksessa tapahtuu myös nitrifikaatiota, jossa ammoniumtyppi muuttuu nitriittitypeksi ja nitraattitypeksi. Mikäli biosuodatuksessa ei tapahdu denitrifikaatiota, voi seuraavien sateiden huuhtoumassa näkyä kohonneita nitraattiarvoja. Denitrifikaatiota voi tapahtua vain hapettomissa olosuhteissa, jolloin typen yhdisteet haihtuvat ilmaan typpikaasuna. Denitrifikaatiota voidaan edistää rakentamalla biosuodatuksen alimmaksi kerrokseksi vedellä kyllästynyt kerros yhdessä hiilen kanssa. Tällaisessa kyllästyneessä kerroksessa vallitsee denitrifikaatiolle otolliset hapettomat olosuhteet. (Suomen ympäristökeskus 2016, 21-23.)

### 2.6.3 Biosuodatuksen talviaikainen toiminta

Biosuodatusalueen talviaikainen toiminta on tärkeää, koska hulevesivirtaukset voivat olla voimakkaita varsinkin sulamisen aikaan. Sulamisvesien kiintoainepitoisuudet ovat usein voimakkaita, jolloin talviaikana lumeen varastoituneet kiintoaineet lähtevät kerralla liikkeelle sulamisvesien mukana. (Kasvio, Ulvi, Koskiahio & Jormola 2016, 22.) Rakennekerrokset rakennetaan materiaaleista, jotka omaavat hyvän hydraulisen vedenjohtavuuden. Salaojituksen tehtävänä on johdattaa suodattunut vesi pois, jottei rakennekerrokset myöskään vettyisi pidemmäksi aikaa. (Lehikoinen 2015, 14-16.) Näistä syistä rakennekerrokset eivät muodosta läpäisemätöntä routakerrosta, vaan huokoisen rakenteen jossa vesi voi virrata myös talviaikaan. Suodatinkerroksenhuokoisuus ja hydraulinen johtavuus voi talvella jopa kasvaa. Osittain jäinen rakenne voi muodostaa myös veden virtausta kasvattavia kanavoita rakennekerrosten läpi. (Komulainen 2012, 34-35.)

Hydraulisen johtavuuden kasvaminen aiheuttaa hulevesien lyhyempiä viipymiä, jolloin puhdistustulos heikkenee. Talviaikana kasvien puuttuminen vähentää myös hulevesien ravinteiden sidontaa. Biosuodatuksen on kuitenkin todettu leikkaavaan hyvin virtaamahuippuja myös talviaikaan. Laadullinen toiminta perustuu talvisin lähinnä partikkelimaisten ja niihin sitoutuneiden haitta-aineiden poistoon.

Painanteen alueelta ei ole tarvetta poistaa talvella satavia lumia, mutta sinne ei saa myöskään kasaata ympäröivän alueen lumia. Painanteeseen satavat lumet sulavat keväällä omaa vauhtiaan, mutta ylimääräinen lumi saattaa estää biosuodatuksen valmiutta ottaa vastaan valuma-alueelta tulevia sulamisvesiä. (Komulainen 2012, 45)

### 2.6.4 Kunnossapito

Biosuodatuksen kunto tulee tarkistaa vuosittain, jolloin salaojituksiin ja maanpinnalle kertyneet sedimentit ja roskat poistetaan. Kasvillisuudesta pidetään huolta niittämällä, sekä poistamalla kuollutta kasvustoa. Kasveja ei tule lannoittaa, jottei kasvateta biosuodatuksen ravinnepitoisuuksia. Tämä tu-



lee huomioida myös kasvivalinnoissa valitsemalla kasveja, jotka eivät tarvitse ylimääräistä lannoittamista. Suodatusalueella käytetty kasvillisuus on sitonut hulevesien raskasmetalleja ja ravinteita, joten niitetty ja kuollut kasvillisuus tulee kuljettaa pois alueelta. (Komulainen 2012, 44;96.)

Kunnossapito on tärkeää varsinkin viivytyspainanteen toimivuuden varmistamiseksi ja biosuodatuksen tukkeutumisen estämiseksi, mutta myös esteettisin syin. Kasvukerroksen tukkeutunut päällyskerros on tarvittaessa vaihdettava 2,5-5 cm syvyydeltä. (Lehikoinen 2015, 23.) Biosuodatuksen kuntoa on tarkkailtava myös eroosion, painumien, sekä ilkvallan varalta. Korkeus asemat ja suoruudet ylivuotokynnyksille, kaivoille, sekä putkille on tarkastettava. Alla esitetyssä taulukossa on kuvattu eri vuodenaikoina tehtäviä kunnostustoimenpiteitä. (Komulainen 2012, 44;46)

TAULUKKO 6 Biosuodatusalueella tehtävät kunnostustoimenpiteet vuodenajoittain (Lehikoinen 2015, 24).

	Kevät	Kesä	Syksy	Talvi
Leikkuu, harvennus	vaadittu		vaadittu	
Niitto	usein vaadittu	vaadittu	vaadittu	
Kitkentä	vaadittu	vaadittu	vaadittu	
Kastelu	vaadittu tarvittaessa	vaadittu tarvittaessa	vaadittu tarvittaessa	
Tuholaisten torjunta	vaadittu tarvittaessa	vaadittu tarvittaessa	vaadittu tarvittaessa	
Kasvien uusiminen	vaadittu	vaadittu	vaadittu	
Vesipeittohoito	vaadittu	vaadittu	vaadittu	vaadittu
Roskien keräys	vaadittu	vaadittu	vaadittu	vaadittu
Multaus	vaadittu	vaadittu	vaadittu	
Lumen poisto				vaadittu
Jäänpoisto				vaadittu

■ vaadittu  
 ■ usein vaadittu  
 ■ vaadittu tarvittaessa

### 3 TYÖN SUORITUS

#### 3.1 Suunnitteluprosessin vaiheet

Tämä työ toteutettiin viidessä eri vaiheessa. Vaiheet olivat

1. hulevesiteoriaan tutustuminen
2. lähtötietoihin perehtyminen
3. valuma-alueääritys ja sadevesimitoitus
4. hulevesien käsittelytavan valinta
5. Rakennussuunnitelman laatiminen.

Ensimmäisessä vaiheessa perehdyttiin teoriassa hulevesien hallintaan, lainsäädäntöön, sadevesi mitoitukseen ja erilaisiin hulevesien hallintatapoihin. Tämä vaihe loi pohjan kohteen hulevesimitoitukselle sekä auttoi ymmärtämään eri hallintakeinojen toimivuutta hulevesien käsittelyssä. Tämän vaiheen pohjalta koottiin työn teoriaosuus joka on esitetty luvussa 2.

Toisessa vaiheessa hankittiin työn lähtötiedot. Vaiheessa tutustuttiin SALLI-projektiin, suunnittelualueeseen ja työhön liittyviin muihin suunnitelmiin, kuten katu- ja verkostosuunnitelmiin. Lähtötietoja työlle antoivat myös maastokäynti sekä erilaiset kartta-aineistot ja maastomallit. Työn lähtötiedot on kerrottu luvussa 4.

Kolmannessa vaiheessa tutustuttiin tarkemmin kohteen ympäristöön hulevesimitoituksen osalta. Kohteelle määritettiin hulevesiä muodostava valuma-alue luvun 4 lähtötietojen perusteella. Valuma-alueen mukaan tehtiin sadevesimitoitus kappaleen 2.5 mukaisesti. Sadevesimitoitus oli työn kannalta oleellinen osuus jonka perusteella saatiin lähtötiedot ja vaatimukset toteutettavalle hulevesien käsittelyalueelle. Kolmannen vaiheen valuma-alueääritys on esitetty kappaleessa 5.1 ja sadevesimitoitus kappaleessa 5.2.

Neljännessä vaiheessa arvioitiin sadevesimitoituksen tuloksia ja kohteeseen sopivien erilaisten hulevesien käsittelytapojen toteutusmahdollisuuksia. Tässä vaiheessa pidettiin kokouksia tilaajan kanssa sekä haastateltiin hulevesiasiantuntijoita. Tilaajan toiveiden ja syntyneiden ideoiden perusteella toteutettiin ensimmäinen luonnos biosuodatusalueesta, jonka katsottiin olevan hyvä lähtökohta rakennussuunnitelmien laatimiselle. Toteutustavan valinnasta on kerrottu kappaleessa 5.3.

Viimeisessä vaiheessa laadittiin hulevesien käsittelyalueen rakennussuunnitelma. Tässä vaiheessa biosuodatusalueen luonnos suunniteltiin kohteeseen toteuttamiskelpoiseksi ratkaisuksi kustannukset ja muu ympäröivä infrarakenne huomioiden. Tämän vaiheen tuloksena laadittiin Autodeskin Civil3D-ohjelmistolla asemapiirustus, pituusleikkaus sekä poikkileikkaukset. Opinnäytetyötä varten biosuodatusaluetta havainnollistavat kuvat laadittiin Autodeskin InfraWorks-ohjelmistolla. Rakennussuunnittelusta kerrotaan kappaleessa 5.4.

### 3.2 Aineisto

Teoriaosuudessa tutkittiin hulevesien syntyä, hulevesien hallintaan sekä biosuodatuksen toimintaa. Teoriaosuudessa tutustuttiin erilaisiin hulevesien hallintaan ja biosuodatuksen liittyviin lähdemateriaaleihin, joista tärkeimmäksi muodostuivat:

- Hulevesiopas (Kuntaliitto 2012)
- Hulevesien biosuodatuksen soveltuvuus Suomen ilmasto-oloihin (Komulainen 2012)
- Kadun vastavalmistuneiden huleveden biosuodatusalueiden toimivuus Vantaalla (Lehikoinen 2015)
- Kosteikkojen ja biosuodatusalueiden toimivuus hulevesien käsittelyssä (Suomen ympäristökeskus 2016)
- Lainsäädäntö (Finlex.fi)

Teoriaosuuden jälkeen työssä perehdyttiin suureen määrään projektista saataviin lähtötietoihin, kuten pohjakarttoihin, asema- ja yleiskaavoihin, maankäyttösuunnitelmiin, maaperätutkimuksiin, ilmapäätelmiin, sekä maaperämalleihin. Suunnittelussa tuli huomioida myös alueelle tehdyt muut suunnitelmat, jotka oli löydettävissä niin piirustuksina, kuin dwg-tiedostoina. Suunnittelua tehdessä seurattiin myös InfraRYL:n asettamia yleisiä laatuvaatimuksia. Suunnitteluvaiheen aikana sain ohjausta Juha-Pekka Saarelaiselta, jonka omakohtainen kokemus biosuodatuksen rakentamisesta ja toiminnasta tuki suunnitelmien etenemistä.

### 3.3 Rajaukset

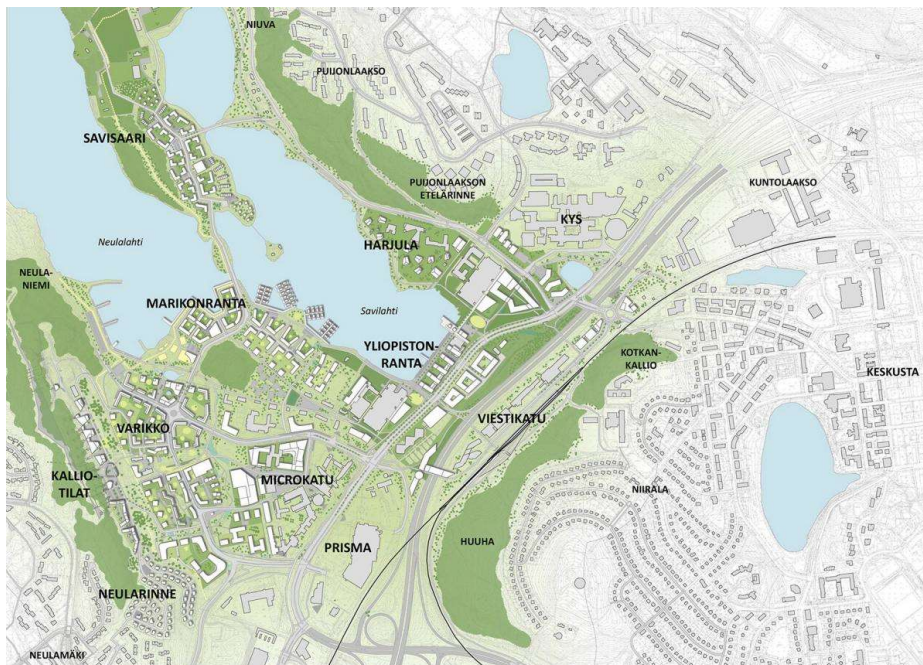
Teoriaosuus koostettiin hulevesien yleisistä perusteista; mitä hulevesi on, kuinka sitä tulisi hallita ja kuinka niiden määrä mitoitetaan. Osuuteen lisättiin myös tietoa erilaisista hulevesien hallintamenetelmistä, joiden tarkoituksena oli toimia johdantona biosuodatuksen valitsemiselle tämän työn hulevesien käsittelytavaksi. Hallintamenetelmien pääpaino pidettiin kuitenkin biosuodatuksessa; sen rakenteessa ja toimivuudessa.

Opinnäytetyön tarkoituksena on toteuttaa rakennussuunnitelmat toteutettavasta biosuodatusalueesta. Opinnäytetyössä esitetään työn keskeisimmät tulokset, sekä tilaajan hyväksymät rakennussuunnitelma piirustukset. Biosuodatukselle olennainen kasvillisuus suunnitellaan opinnäytetyön ulkopuolella kohteeseen tehtävässä maisemasuunnitelmassa. Rakennussuunnitelmiin kuuluva työselostus, sekä määrä- ja kustannusarvio tarkentuvat myös työn ulkopuolella.

Opinnäytetyön aikana tehtiin erilaisia sadevesimitoituksia ja SWMM-malleja joilla pyrittiin ennustamaan Varikon alueen hulevesiverkoston ja käsittelyalueen toimivuutta eri mitoitussateilla. Varikon alueen alustavien sadevesimallinnusten jälkeen SWMM-mallien päivittämiseksi ei kuitenkaan katsottu olevan tarvetta ja biosuodatusta koskevat yksityiskohtaisemmat mallinnukset rajattiin pois opinnäytetyöstä.

#### 4 LÄHTÖTIEDOT

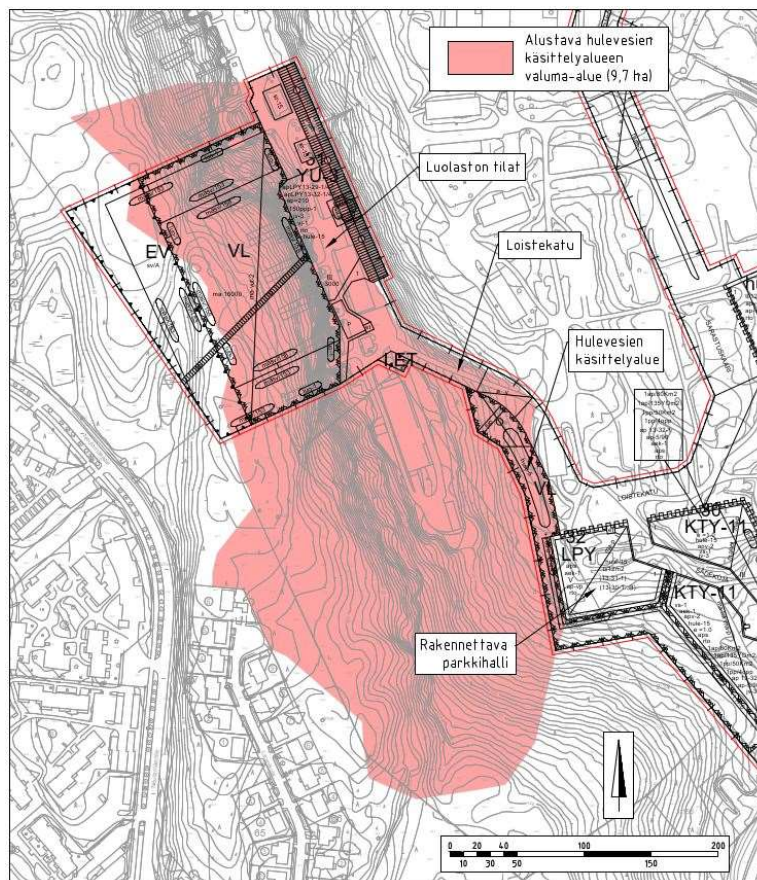
Tämä työ on osa Kuopion kaupungin SALLI-hanketta ja sijoittuu maantieteellisesti hankkeen läntiselle Varikoksi kutsulle alueelle. Kuvassa 5 on esitetty SALLI-hankkeen laajuus kokonaisuudessaan. Opinnäytetyössä kerrottavat korkeusluvut ovat esitettynä N2000 korkeusjärjestelmässä. Suunnittelu on toteutettu ETRS-GK27 tasokoordinaatistossa.



KUVA 5 Varikon alue sijoittuu SALLI-hankkeen läntiseen osaan (Savilahti.com).

Varikon alueella on aiemmin sijainnut Puolustusvoimien asevarikko, jonka jäljeltä löytyy muun muassa vanhat luolasto tilat. Kuopion kaupunki on ostanut alueen itselleen vuonna 2014. Varikon alue muodostuu kahdesta kaavoitusalueesta; Vanhan varikon itäosasta, jonka kaavoitus on valmistunut vuonna 2019 sekä Vanhan varikon yritysalueesta jonka kaavoitustyöt ovat edelleen käynnissä. Osayleiskaava ja Vanhan varikon asemakaava on esitetty liitteissä 1 ja 2. Kaavoitetut alueet sisältävät muun muassa paljon uusia työpaikka-alueita, kaksi parkkihallia, puisto- ja virkistysalueita sekä uudet tilat Kuopion ammattioppilaitos Sakky:lle.

Lähtökohtana tälle työlle on asemakaavaan merkitty hulevesien käsittelyalue, joka sijoittuu jyrkähkön rinteiden itäiseen reunaan. Valuma-alueetarkastelun perusteella, työn suunnittelualue painottuu Varikon alueen läntiseen reunaan kuvan 6 mukaisesti.



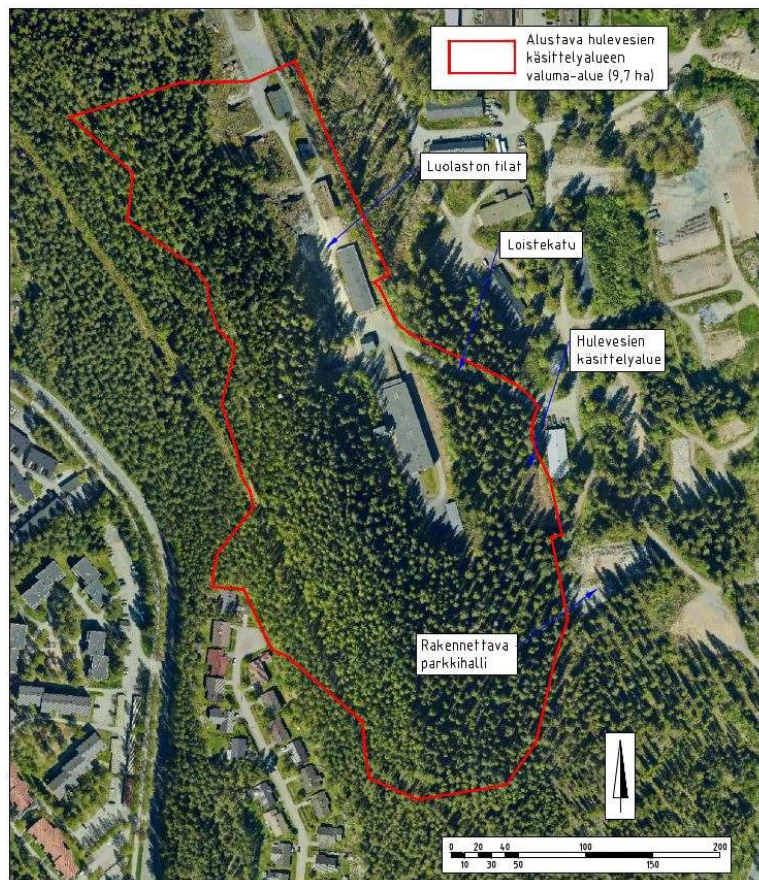
KUVA 6 Hulevesien käsittelyalueen alustava valuma-alue tarkastelu.

Suunnittelualue on väljästi rakennettua ja suurimmaksi osaksi jyrkkärinteistä metsäaluetta. Suunnittelualue ei sisällä hulevesien rakennussuunnitelmaan vaikuttavia tärkeitä pohjavesialueita, merkittäviä luontoarvoja tai pilaantuneita maa-alueita.

### Maankäytön muutos

Uuden kaavoituksen myötä Varikon alue kokee tulevaisuudessa merkittävämpiä muutoksia tiiviimmän rakentamisen myötä (kuva 7). Alueella sijainneista rakennuksista suurin osa on nykyisin purettu, lukuun ottamatta luolaston edustalla sijaitsevaa kahta sr-15 suojelumerkinnällä osoitettua varastorakennusta, joita kaavamääräysten mukaan ei tule purkaa kulttuurihistoria arvonsäilyttämiseksi.



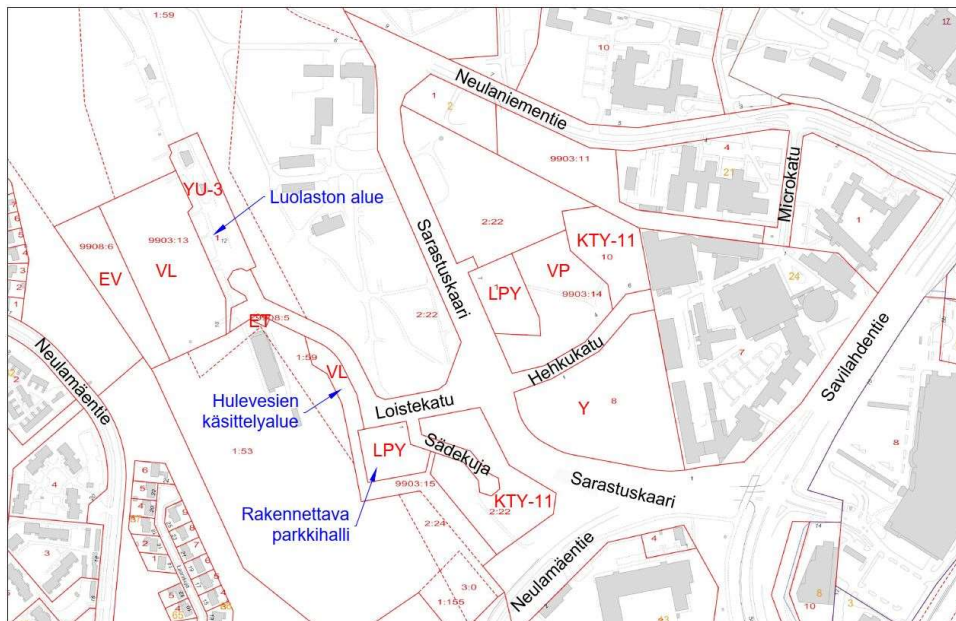


KUVA 7 Valuma-alue on suurimmaksi osaksi luonnontilaista metsärinnettä (ilmakuvan lähde Kuopion karttapalvelu 2020).

Varikon alue on rajautunut karkeasti pohjoispuolella sijaitsevaan Neulaniementiehen ja eteläpuolella sijaitsevaan Neulamäentiehen (kuva 8). Rakentamisen myötä Neulamäentie ja Neulaniementie kokevat suuria muutoksia, varsinkin Varikon alueen läpi suunnitellun Sarastuskaari nimisen kokoojakadun osalta, joka tulee yhdistämään kyseiset tiet. Sarastuskaareen keskivaiheelle sijoittuvaan kiertoliittymään liittyvät suunnitellut Hehkukatu ja Loistekatu nimiset tonttikadut. Tämän työn kannalta tärkeimmäksi kaduksi muodostui kiertoliittymästä länteen päin erkaantuva Loistekatu, jonka varteen hulevesien käsittelyalue suunniteltiin. Loistekatu päättyy Puolustusvoimien vanhan luolaston edustalle ja ennen hulevesien käsittelyaluetta Loistekadusta erkaantuu Sädekuja niminen tonttikatu. Sädekujan varrelle kaavoitetut korttelit ovat asemakaavan mukaan toimitilarakennusten, yleisten rakennusten ja tutkimusrakennusten korttelialuetta (KTY). Sädekujalla hulevesien käsittelyaluetta lähimpänä oleva kortteli on kaavoitettu parkkihallia varten (LPY).

Asemakaavoitettu alue (liite 2 ja kuva 8) sisältää myös YU-3, VL ja EV korttelit. YU-3 kortteli (0,84 ha) on kaavamerkintöjen mukaan urheilutoimintaa palvelevien rakennusten korttelialue, jolle saa sijoittaa myös viihde- ja työtiloja sekä niihin liittyviä oheistiloja. Korttelille on alustavasti suunnitteilla urheilu- ja tapahtumakeskus uusiokäyttönä Puolustusvoimien vanhalla luolastolle (Kuopion kaupunki 2017). Korttelille on annettu kaavamääräys hule-15, jonka mukaan tontilla tulee varautua imeyttämään tai viivyttämään hulevesiä. Lisämainintana on myös, että rakennuslupa-asiakirjoihin tulee si-

sältyä hulevesien hallintasuunnitelma. YU-3 -kortteli sijaitsee Loistekadun päädyssä, noin 200 m käsittelyalueesta luoteeseen. VL eli lähivirkistysalue, sekä EV eli suojaviheralue ovat luolaston yläpuolista rinnealuetta. Loistekadun pohjoispuoli on asemakaavoittamatonta aluetta, joka osayleiskaavan mukaan tulee olemaan osittain virkistys-, kerrostalo- ja työpaikka-aluetta.



KUVA 8 Varikon alueen sijoittuminen Neulaniementien ja Neulamäentien väliin (muokattu lähteestä Kuopion karttapalvelu 2020).

### Varikon alueen hulevedet

Varikon alueen hulevedet on suunniteltu ohjattavaksi avo-ojia ja hulevesiverkostoa pitkin Hehkukadun varrelle sijoittuvaan luonnontilaiseen uomaan (kuva 9). Uomasta vedet ohjautuvat puistoalueella sijaitsevalle kosteikolle, joka säilytettiin Varikon alueen suunnittelussa nykytilaisena. Kosteikolta vedet purkautuvat nykyistä uomaa pitkin Neulaniementien hulevesiverkostoon, josta vedet päätyvät lopulta Neulalahteen.

### Purkuvesistö

Varikon alueen hulevedet puretaan Kallaveteen kuuluvaan Neulalahden eteläosaan (kuva 9). Neulalahden ja sen itäpuoleisen Savilahden kuntoa on tutkittu sen jälkeen, kun heräsi huoli lahtien sedimentissä esiintyvän raskasmetallien mahdollisesta sekoittumisesta vesimassaan. Raskasmetallit ovat peräisin räjähteistä, joita Suomessa hävitettiin vesistöihin upottamalla 1980-luvulle saakka. 1990-luvulta lähtien Neulalahden ja Savilahden alueelta on nostettu yli puoli miljoonaa räjähdettä. Raskasmetallien pelättiin vapautuvan sedimentistä ammusraivausten ja vesirakentamisen takia. Kuopion kaupunki, Pohjois-Savon ELY-keskus ja Puolustusvoimat tilasivat haitta-aineisiin liittyvän riskinarvioinnin Sitowise Oy:ltä vuonna 2018.

Savilahden vedenlaatu on arvioitu heikoksi ja vesistöä rasittaa osittainen hapettomuus. Savilahden kuntoa heikentää muun muassa huono veden vaihtuvuus. Vuonna 2017 tehdyn Savilahden tila-arvion mukaan vesistöä rehevöittävät ravinteet tulevat vesistöön hulevesien välityksellä. Savilahteen

verraten Neulalahden vedenlaatu on arvioitu melko hyväksi, joskin ravinteet ja klorofyllit osoittavat lievää rehevyyttä. Raskasmetallien suhteen molempien lahden sedimentistä on löytynyt merkittäviä määriä lyijyä sekä elohopeaa. Nämä pitoisuudet ovat olleet korkeimmillaan syvänteissä toisinkuin rantasedimenttien osalta, missä haitta-ainepitoisuudet eivät ole olleet merkittäviä. (Itkonen ja Vesterinen 2019, 14) Karttakuva purkuvesistöstä on esitetty kuvassa 9.

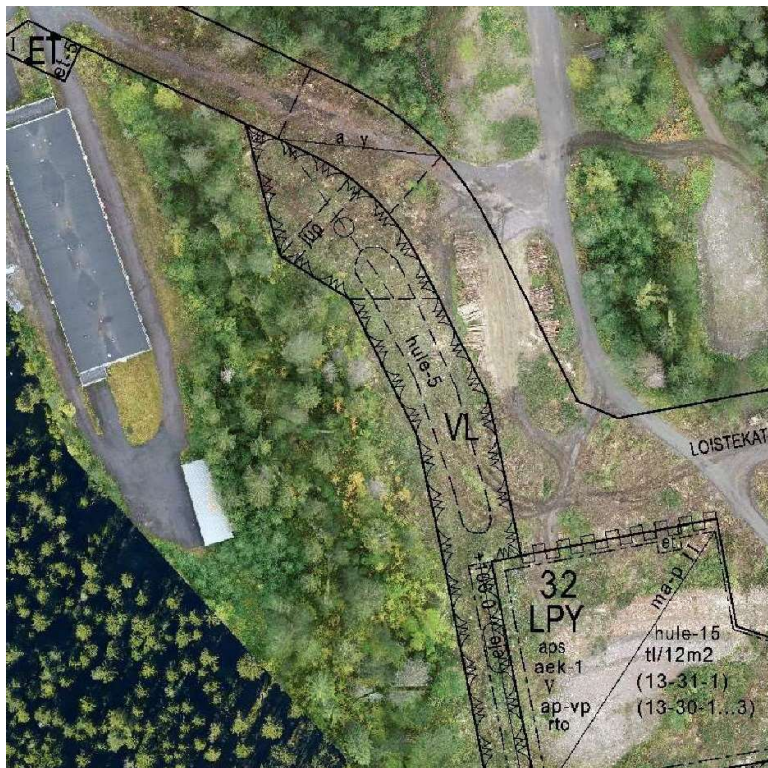


KUVA 9 Karttakuva hulevesien reitityksestä purkuvesistöön (muokattu lähteestä Kuopion karttapalvelu 2020).

#### 4.1 Hulevesien käsittelyalue

Tässä työssä suunniteltava hulevesien käsittelyalue on asemakaavaan hule-5 merkinnällä varustettu lähivirkistysalue (kuva 10). Asemakaavassa hule-5 merkintä on täsmennetty tarkoittamaan aluetta, joka on varattu hulevesien käsittelyä varten ja alueelle saa sijoittaa yhdyskuntateknisiä laitteita tai kosteikkopuiston sadevesihuoltoa varten.





KUVA 10 Ilmakuva hulevesien käsittelylle varatusta kaava-alueesta (ilmakuvan lähde Kuopion kartta-palvelu 2020).

Virkistysalue rajautuu itäpuolelle rakennettavaan Loistekatuun, eteläpuolella rakennettavaan parkki-halliin (LPY-alue), länsipuolella luonnontilaiseen metsärinteeseen ja pohjoispuolella Loistekatuun ja sen alittavaan kuntopolkuun. Käsittelyalue sijoittuu jyrkähkön ja suurimmaksi osaksi metsäisen rin-teen itäreunaan, josta maanpinta muuttuu huomattavasti tasaisemmaksi itään päin mentäessä. Osayleiskaavan mukaan myös viereinen rinnealue tulee säilymään suurimmalta osin luonnonmukai-sena ulkoilu- ja virkistysalueena. Maanpinnan korkeus hule-5 merkityllä virkistysalueella vaihtelee tasoilla +104,8 - 109,3.

Tämän työn alkaessa Varikon alueen suunnitelmat olivat edennyttä jo pitkälle ja myös rakentaminen oli osittain alkanut. Kohteesta oli saatavilla paljon erilaisia kartta-aineistoja, maaperätutkimuksia ja maastomalleja, jotka antoivat lähtötiedot hulevesien valuma-alueen rajaukselle sekä työn rakennus-suunnittelulle. Loistekatu ja muu kunnallistekninen verkosto oli suunniteltu lähes valmiiksi ja huleve-sien käsittelyalue oli hahmoteltu alustavasti Loistekadun suuntaisesti kulkevana ojavainanteena. Loistekatu oli suunniteltu rakennettavaksi käsittelyalueen kohdalla suurimmaksi osaksi pengertä-mällä ja 3,6 % pituuskaltevuudella. Käsittelyalueen länsipuolelle suunniteltiin alustava kaava-aluee-seen merkitty kuntopolku, joka alittaa Loistekadun alikulkusillan kautta. Kuntopolkua jatketaan myö- hemmin Neularinteen pientaloaluetta kohti etelän suuntaan.

Painanteen pohjoispäähän oli tuotu kaksi tulovirtaamaputkea, jotka purkavat hulevedet Loistekadun hulevesiverkostosta. Käsittelyalueen eteläpäätyyn oli varattu kaksi purkuputkea peruspurkuvirtaamaa ja ylivuotovirtaamaa varten. Alustavan painanteen tarkoituksena oli ottaa vastaa Loistekadun verkostosta tulevat hulevedet ja purkaa ne takaisin Loistekadun verkostoon viivytyksen jälkeen.

Pohjoispuolella Loistekadun alittava kuntopolku asetti korkeusaseman puolesta rajan painanteen lähdölle. Suurin painanteelle purkava hulevesiviemäri (ulkohalkaisija 560 mm) oli kuljettava kuntopolun ali ennen painannetta, koska alikulkusillan päällä rakennekerrosten paksuus ei riittänyt kyseiselle hulevesiviemäriille. Eteläpäädyssä rajoittavana tekijänä oli tuleva maksimi vedenpinta, jonka oli pyytävä tarpeeksi Loistekadun asfalttipinnan alapuolella. Eteläpuolelle sijoittuvalle parkkihallin taksaukselle ei ollut tiedossa korkeusasemaa, mutta tämä tuli huomioida suunnittelun edetessä.

Kohteeseen tehtiin kaksi maastokäyntiä elo-syyskuussa 2019. Syyskuulle ajoittuneella maastokäynnillä hulevesien käsittelyalueesta oli laadittu jo ensimmäiset luonnokset ja suunnittelun sijoittuminen maastoon oli helpommin hahmotettavissa. Hahmottamista helpotti myös alueelta kaadetut puut, jotka kaadettiin virkistysalueen läntiseen kaavarajaan asti. Alla oleva kuva (kuva 11) on otettu syyskuun maastokäynniltä.

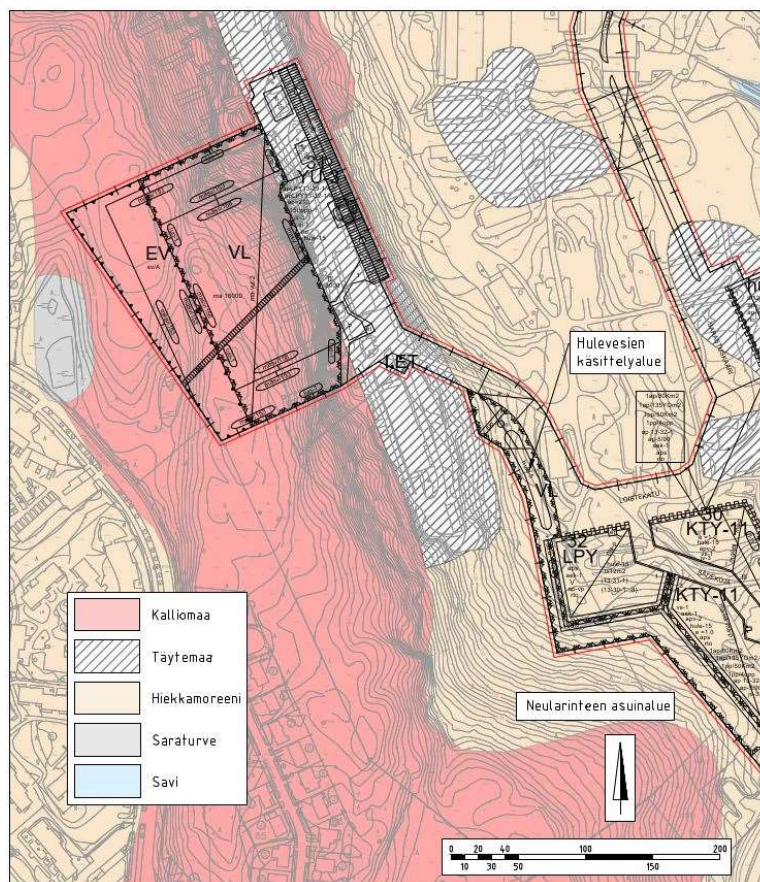


KUVA 11 Kuva kohteen maastokäynniltä syyskuussa 2019. Kuva on otettu Loistekadulta länteen päin, noin hulevesien käsittelyalueen keskivaiheelta. (Räsänen 2019)

#### 4.2 Kohteen maaperä

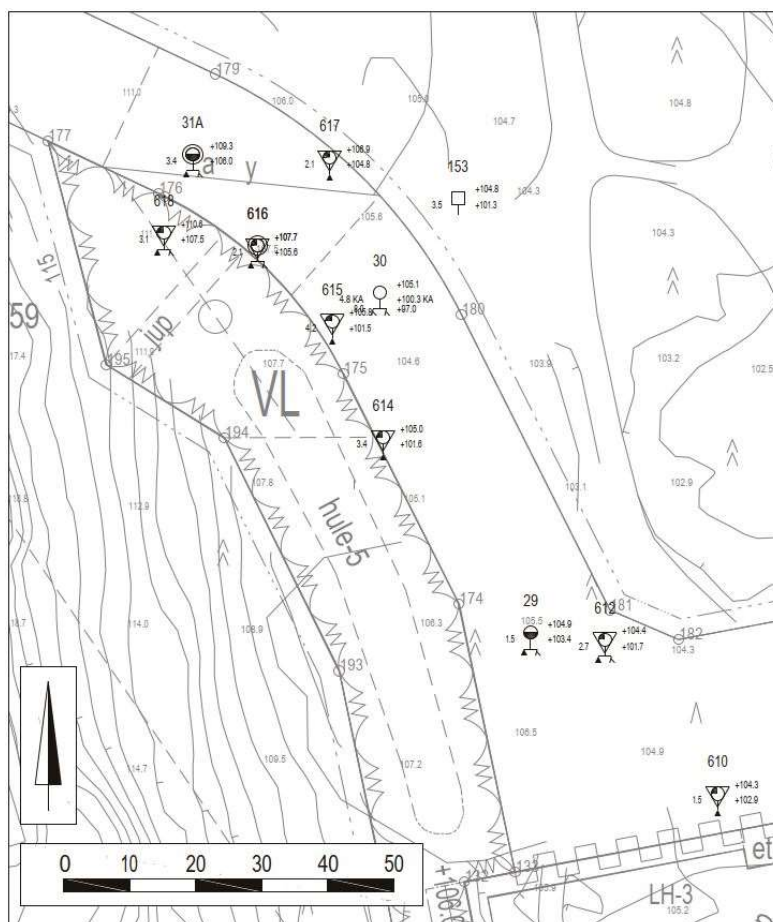
Rinteen osalta maaperä on GTK:n Maankamara karttapalvelun mukaan kalliomaata, joka koostuu avokalliosta tai alle metrin maakerroksen peittämästä kalliosta (kuva 12). Muutoin alue on kuvattu hiekkamoreeni valtaiseksi, lukuun ottamatta luolaston edustan täyttömaita. SALLI hankkeen aikana on tehty lukuisia maaperän ominaisuuksia selventäviä pohjatutkimuksia. Hulevesien käsittelyalueen läheisyydessä tutkimukset painottuivat lähinnä virkistysalueen pohjois ja itä puolelle Loistekadun suunnittelua palveleviksi, eikä niitä oltu tehty suoraan hulevesien käsittelyalueelle.





KUVA 12 Kohteen maaperä GTK:n Maankamara karttapalvelun mukaan (muokattu lähteestä Maankamara 2020).

30 metrin säteellä hulevesien käsittelyalueen pohjoispäätä nähdessä oli tehty viisi puristinheijarikairausta, yksi painokairaus, yksi koekuoppa sekä yksi porakairaus (kuva 13). Painokairaus, sekä kaksi puristinheijarikairausta oli päättynyt kiveen, lohkareseen tai kallioon tasoille +105,61 - 107,53. Loput kolme puristinheijarikairausta päättyivät kiveen tai lohkareseen tasoille +101,53 - 104,76. Porakairaus oli tehty Loistekadun keskelle ja pisteessä oli määritetty ainut kalliovarmennus tasolle +100,26. Koekuoppa oli kaivettu 30 metriä pohjoispäädystä koilliseen Loistekadun toiselle puolelle ja kaivantoon oli havaittu tulevan vettä tasolla +101,3. Maaperä käsittelyalueen pohjoisessa päässä on tulosten perusteella hiekkamoreenia, sekä soraista hiekkamoreenia ja alueella oli löytynyt paikon suuriakin kiviä. 30 metrin säteellä hulevesien käsittelyalueen eteläpäätyyn nähdessä oli tehty kaksi puristinheijarikairausta, sekä yksi painokairaus. Yksi puristinheijarikairaus oli päättynyt kiveen tai lohkareseen tasolle +102,88. Muut kairaukset päättyivät kiveen, lohkareseen tai kallioon tasoille +101,66 ja +103,36. Maanpinnan muotojen mukaan hulevesien purkukohta näytti muodostuvan käsittelyalueen eteläisempään päähän.



KUVA 13 Lähimpien kairausten sijainnit hulevesien käsittelyalueeseen nähden.

## 5 TYÖN ETENEMINEN JA TULOKSET

### 5.1 Valuma-alueen määrittäminen

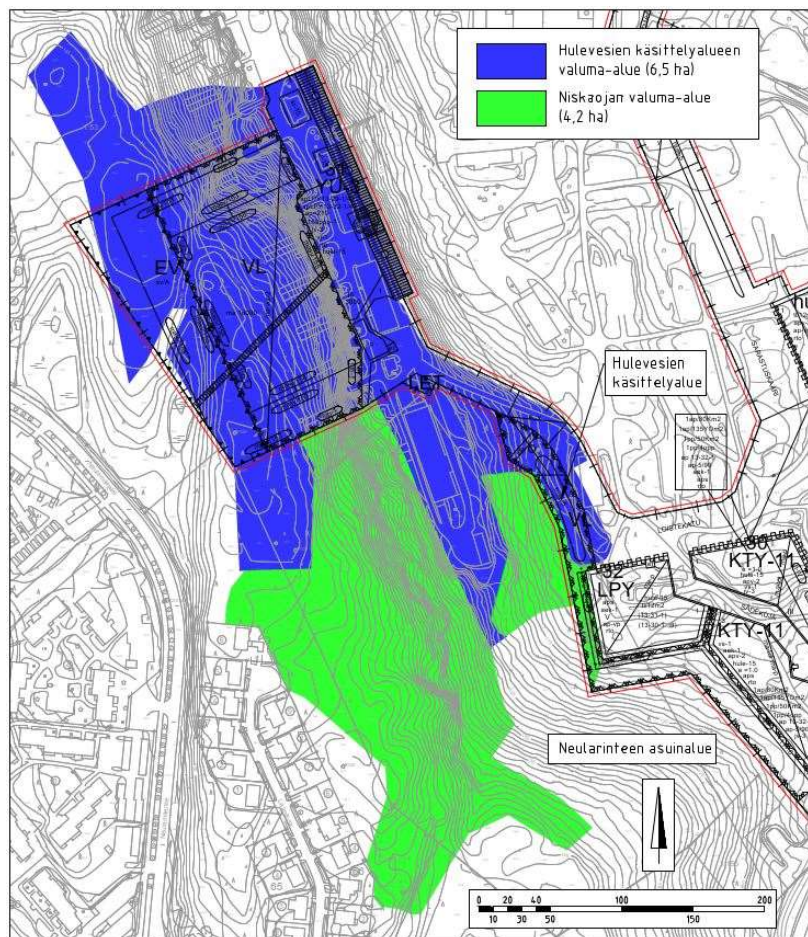
Käsittelyalueelle rajattiin ensimmäisenä valuma-alue maastotietojen, asemakaavan, osayleiskaavan, ilmakuvioiden, sekä maankäytön yleissuunnitelman perusteella. Valuma-alueesta vain osa on kaavoitettua aluetta, joten sadevesimitoituksessa tuli huomioida myös tulevaisuuden rakentamisen sijoittuminen osaksi valuma-alueita. Osayleiskaava on esitetty liitteessä 1 ja asemakaavakartta liitteessä 2.

Hule-5 alue sijoittuu jyrkähkön rinteen itäiseen alaosaan, joten valuma-alue muodostui pääsääntöisesti rinteen alueelle sijoittuvista kortteleista, virkistysalueista sekä luonnontilaisesta metsärinteestä. Valuma-alueen itäinen reuna rajautui Loistekatuun.

Valuma-alueesta suurin osa on kaavoittamatonta aluetta, jolle on maankäyttösuunnitelman ja osayleiskaavan mukaan tulossa myös 2,3 hehtaaria asuinalueita. Luolastoisten yläpuolelle on osayleiskaavassa merkitty pientalo- ja kerrostalovaltaiset asuinalueet. Tilaajan antaman ohjeistuksen mukaan asuinalueiden hulevedet tulevat ohjaamaan tulevaisuudessa nykyiselle suunnittelualueelle, joten ne huomioitiin osaksi valuma-alueita. Valuma-alueeseen sisältyy myös osayleiskaavaan merkitty työpaikka-alue (0,6 hehtaaria), joka sijoittuu käsittelyalueen länsipuolelle.

Osayleiskaavaan ja maankäyttösuunnitelmaan on merkitty toinen suurempi pientalovaltainen asuinalue (4,3 hehtaaria) hulevesikäsittelyalueen eteläpuolelle. Nämä Neularinteen asuinalueen vedet ohjattiin alustavasti reititettäväksi toiselle käsittelyalueelle. Toinen erikseen suunniteltava hulevesien käsittelyalue sijaitsee nykyisen Neulamäentien varressa. Käsittelyalueet ovat toisistaan noin 250 metrin etäisyydellä.

Valuma-alueeksi muodostui kokonaisuudessaan 10,7 hehtaarin kokoinen alue, josta kaavoitettua on yhteensä 41 % sen kokonaispinta-alasta. Myöhemmässä suunnitteluvaiheessa osa rinteeltä muodostuvista puhtaista, luonnontilaisista vesistä päätettiin ohjata kuitenkin niskaojan avulla käsittelyalueen ohi. Puhtailla vesillä ei tahdottu kuormittaa hulevesien käsittelyä, jolloin käsittelyn kapasiteetti pysyy pienempänä. Luonnontilaiset vedet voidaan myös viivyttaa erikseen niskaojassa. Täten valuma-alueeksi muodostui yhteensä vain 6,5 hehtaarin kokoinen alue kuvan 14 mukaisesti.



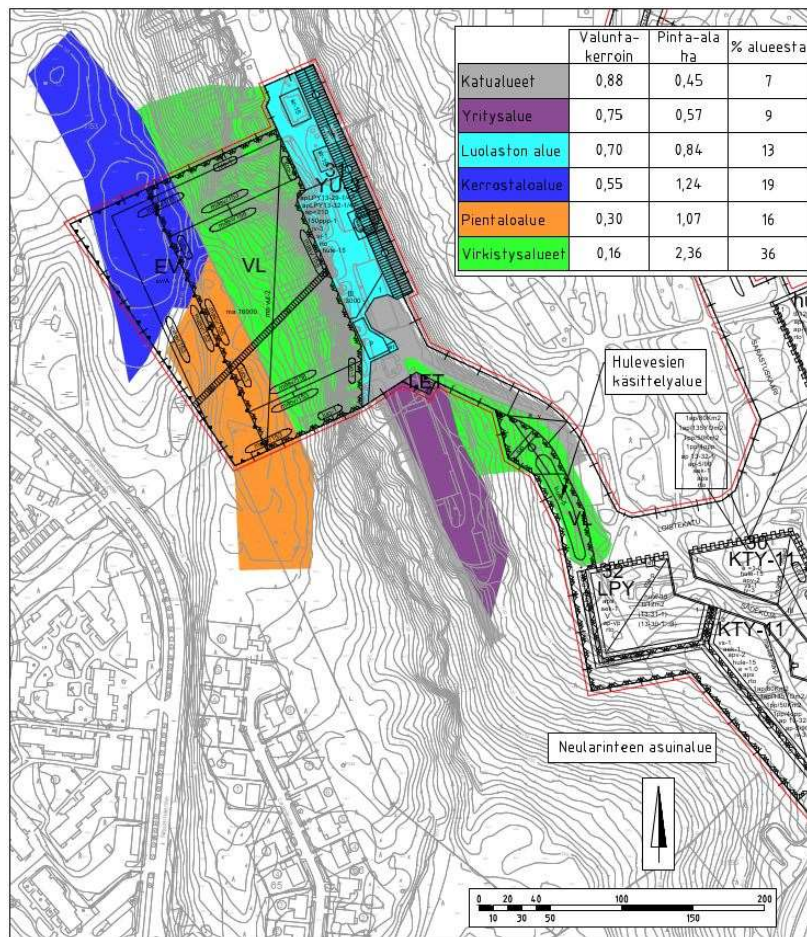
KUVA 14 Hulevesien valuma-alue, josta eritelty biosuodatukselle ja niskaojalle muodostuvat hulevedet.

## 5.2 Mitoitussateen arviointi

Varikon suunnittelualueelle tehtiin aikaisemmin laajempi mitoitussateen arviointi erilaisten pintojen perusteella. Katto- ja vesialueita lukuun ottamatta muut pinnat oletettiin enemmän tai vähemmän vettä läpäiseviksi. Vedenläpäisykyvylle annettiin pinnan mukaisesti TIA -arvo, joka kuvastaa pinnalta eteenpäin jatkavan veden prosentuaalista osuutta. Lisäksi pinnoille annettiin arvo painannesäilynnälle, joka kuvastaa pinnan epätasaisuutta ja huokostilavuutta, johon osa vesisateesta varastoituu.

Koska valuma-alue ulottuu suurimmaksi osaksi suunnittelualueen ulkopuolelle kaavoittamattomalle alueelle, tilaajan toiveesta sadevesimitoitusta yksinkertaistettiin rationaaliseen menetelmään. Kaavoittamattomalla alueella tulevien pintojen määrän ja laadun arviointi on vaikeampaa, joten niiden arviointi on helpompi tehdä tilastollista tietoa käyttäen. Rationaalisessa mitoituksessa erilaisille maankäyttötyypeille arvioitiin oma keskimääräinen valuntakerroin maankäyttötavan mukaan. Valuntakertoimet määräytyi eri lähteistä löytyneiden kertoimien mukaan ja niitä suhteutettiin tähän kohteeseen. Valuntakertoimissa huomioitiin muun muassa pintojen kaltevuuden ja oletetun rakennustehokkuuden vaikutus. Kuvassa 15 on esitetty valuma-alueen jako eri maankäyttötyyppien mukaan sekä alueille määritetyt valuntakertoimet.





KUVA 15 Biosuodatuksen valuma-alue jaettiin eri maankäyttötapojen mukaan.

Kuopion kaupungin suunnitteluohjeen mukaan viivytysjärjestelmät tulee mitoittaa sateen intensiteetillä  $190 \text{ l/s*ha}$  (Kuopion kaupunki 2019). Arvo vastaavat viiden vuoden välein toistuvaa 10 minuutin kestoista mitoitussadetta, jossa on otettu huomioon ilmastomuutosvaikutus. Sateen intensiteetti on rankkuudeltaan suurempi kuin Kuntaliiton Hulevesioppaassa mainittu, mutta sateen kesto on valuma-alueeseen nähden pienempi. Viivytysjärjestelmän mitoituksessa tarkasteltiin samanaikaisesti myös Hulevesioppaan mukaista mitoitussadetta. Sateen kestoksi valittiin 15 minuuttia ja intensiteetiksi ilmastomuutos huomioiden viiden välein toistuva  $146 \text{ l/s*ha}$  sade.

Määrälliseen hallintaan perustuvat viivytysrakenteet mitoitetaan yleensä rankkasateille, jotka toistuvat esimerkiksi viiden vuoden välein. Tarvittava viivytystilavuus on tällöin suurempi, kuin laadulliseen hallintaan tarkoitetut hulevesijärjestelmät, jotka mitoitetaan käsittelemään 80 % vuosittaisesta sademäärästä. Koska kohteen hulevesijärjestelmällä haluttiin toteuttaa niin määrällistä kuin laadullistakin hallintaa, tehtiin sadevesimitoitus määrällisen hallinnan mukaan.

Sadevesimitoituksessa ei otettu huomioon korttelikohtaisia viivytyksiä. Alueen asemakaavoitetuille kortteleille ei ole annettu tarkkaa määrystä sille, kuinka paljon muodostuvista hulevesistä on käsiteltävä ja viivytettävä kortteleilla. Suunniteltava käsittelyalue mitoitetaan niin, että asemakaavoitetujen ja osayleiskaavan merkittyjen kortteleiden hulevedet voidaan käsitellä tarvittaessa kunnan alueella.

Valuma-alue tarkastelun sekä mitoitussateiden perusteella saatiin taulukon 7 mukaiset tulokset. Tuloksista voidaan huomata että viivytystarpeen tilavuus on suurempi käytettäessä Hulevesioppaan mukaista mitoitussadetta, kun taas hulevesivirtaama on pienempi.

TAULUKKO 7 Sadevesimitoituksen tulokset.

	Kuopion kaupunki		Hulevesioppas	
	190 l/s*ha, 10 min		146 l/s*ha, 15min	
Maankäyttö	l/s	m3	l/s	m3
Katualueet	75	45	58	52
Yritysalue	81	49	62	56
Luolaston alue	112	67	86	77
Kerrostaloalue	130	78	100	90
Pientaloalue	61	37	47	42
Virkistysalueet	72	43	55	50
<b>Yhteensä</b>	<b>530 l/s</b>	<b>318 m3</b>	<b>407 l/s</b>	<b>366 m3</b>

### 5.3 Toteutustavan valinta

Valuma-aluekartoituksen ja sadevesimitoituksen jälkeen alkoi hulevesien käsittelytavan suunnittelu. Ensisijainen tavoite oli saada määrällisesti käsiteltyä laskennallisesti saatu viivytystarve. Hulevesijärjestelmän tuli olla sellainen, jolla saadaan tehokkaasti leikattua virtaamahuippuja ja tasata virtaus lähelle luonnontilaista virtausta. Tilaajan toiveena oli myös se, ettei virkistysalueelle muodostettaisi pysyvää vesipintaa. Jotta hulevesillä ei kuormitettaisi purkuvesistön jo entuudestaan heikentynyttä tilaa, haluttiin viivytyksen lisäksi pohtia mahdollisuuksia laadulliselle hallinnalle.

Alueelle pohdittiin aluksi hulevesien imeyttämistä edistäviä rakenteita, jossa hulevesien käsittelyalueelle saataisiin tehtyä väliaikaiset viivytystilavuudet ennen imeytystä maaperään. Aiemmin tehdyistä tutkimuksista ei saatu täyttä varmuutta sille, onko käsittelyalueen kohdalla kalliopinta ja onko pohjavesi huomattavasti korkeammalla. Hulevesien käsittelyalueen sijoituessa jyrkän rinteen kupeeseen on mahdollista, että käsittelyalueen kohdalla voisi ilmetä rakentamista hankaloittava kalliokieleke.

Maaperän katsottiin olevan pääosin hiekkamoreenista koostuvia maalajeja ja alueelta oli löytynyt paikoin myös savimaita. Täten arvioitiin, ettei pohjamaan vedenläpäisevyys olisi sopiva yksinomaan imeytysjärjestelmälle. Samalla alueelle päätettiin laatia pohjatutkimusohjelma maalajien sekä kallio- ja pohjavedenpinnan määrittämiseksi.

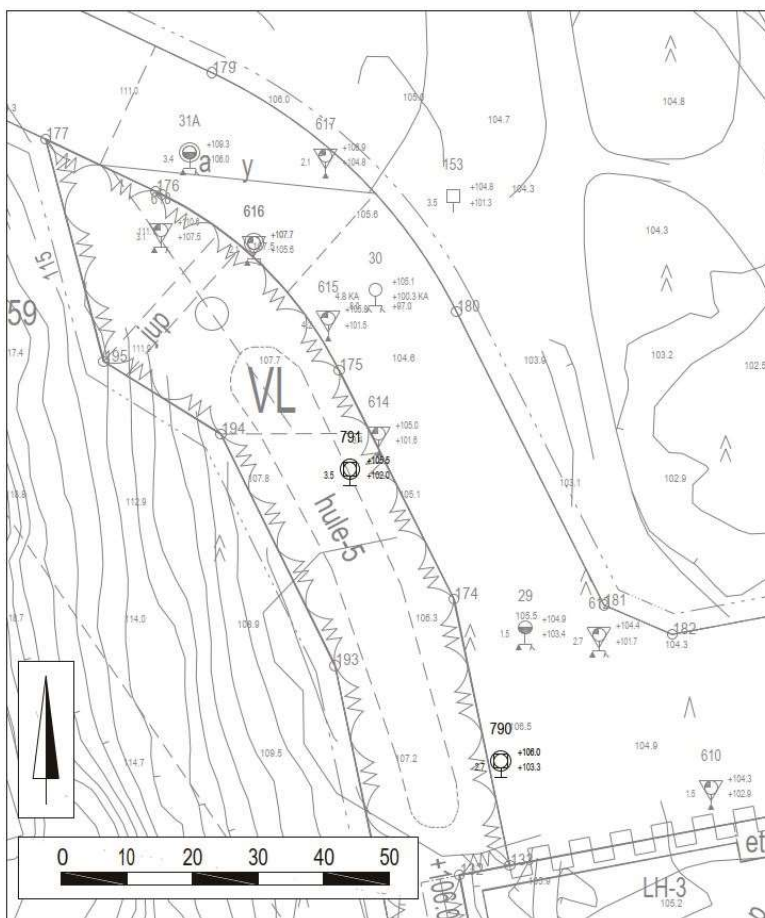
Vesien purkuvirtaama päädyttiin rajoittamaan suodatusjärjestelmällä, jossa suodattunut vesi ohjataan salaojien kautta hulevesiverkostoon. Kohteen alustava tarkastelu osoitti että tila riittää muodostamaan riittävän suuren viivytysaltaan, jossa mitoitusvesimäärä saadaan pidätettyä suodatusta varten. Suodatusjärjestelmään otettiin mukaan kasvien hyödyntäminen, jolla saadaan tehostettua laadullista toimivuutta, ylläpitäen samalla pintakerroksen vedenläpäisykykyä. Hulevesien käsittelyta-



vaksi ehdotettiin biosuodatusta, jolle Kuopion kaupunki antoi hyväksynnän. Biosuodatuksen valitsemista toteutustavaksi edesauttoi myös se, että sen katsottiin tuovan myös Kuopion kaupungille uudenlaista kokemusta vaihtoehtoisesta hulevesien käsittelystä.

### 5.3.1 Koekuopat

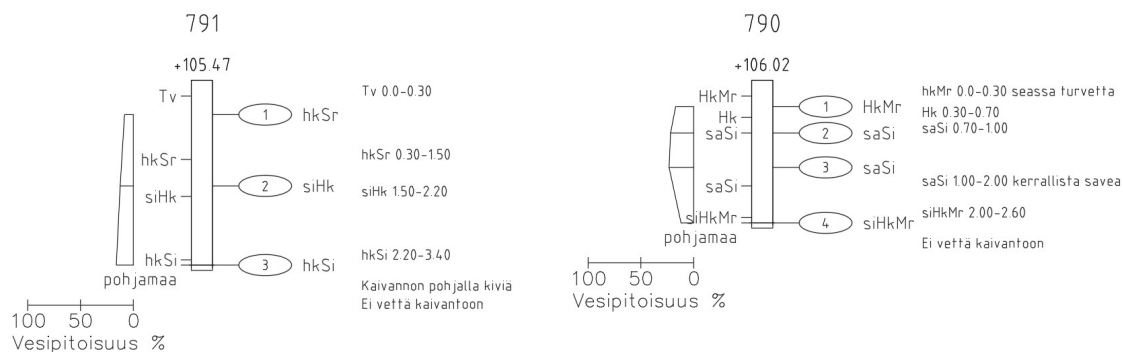
Hulevesien käsittelyalueelle laadittiin pohjatutkimusohjelma kahdelle uudelle koekuopalle, jotka sijoittuisivat suodatusrakenteiden kohdalle (kuva 16). Koekuoppien tarkoituksena oli selvittää maaperän maalajikerrostumat, mahdollisen kalliopinnan korkeus, sekä mahdollinen pohjaveden esiintyminen. Kalliopinnan olemassaolo aiheuttaisi ylimääräisiä kustannuksia. Pohjaveden esiintyminen lähellä maanpintaa rajoittaisi hulevesijärjestelmän kaivantojen, rakennekerrosten ja salaojituksien toteuttamista.



KUVA 16 Pohjatutkimusohjelman mukaisten koekuoppien sijoittuminen alueelle.

Pohjoisempi koekuoppa kaivettiin kohtaan, josta mahdolliset suodatus- tai imeytysrakenteet oletettiin alkavan. Kuopalla oli syvyyttä 3,50 metriä ja sen pohja oli tasolla +101,97. Päälimmäinen 0,3 metrin paksuinen kerros oli turvemaata, jonka alla alkoi 1,2 metrin paksuinen hiekkainen sorakerros. Tämän kerroksen alla oli siltistä hiekkaa 0,7 metrin paksuisena kerroksena. Kaivannon pohjalla oli vielä 1,3 metrin paksuinen kerros hiekaista silttiä ja aivan pohjalla kiviä. Kaivannon pohjalle ei muodostunut vettä.

Eteläisempi koekuoppa oli 2,70 metriä syvä ja se kaivettiin 50 metriä kauemmaksi kohtaan, johon oletettiin muodostuvat painanteen syvin kohta. Päällimmäinen 0,3 metrin kerros oli hiekkamoreenia, jonka seasta löytyi myös turvetta. Hiekkamoreeni kerroksen alla oli hiekkaa 0,4 metrin kerroksena. Hiekan alta löytyi 1,3 metriä savista silttiä ja kerrallista savea. Kaivannon pohjalla oli vielä 0,7 metriä silttistä hiekkamoreenia. Myöskään tähän kaivantoon ei muodostunut vettä. Alla olevassa kuvassa (kuva 17) on esitetty koekuoppien mukaiset diagrammit.



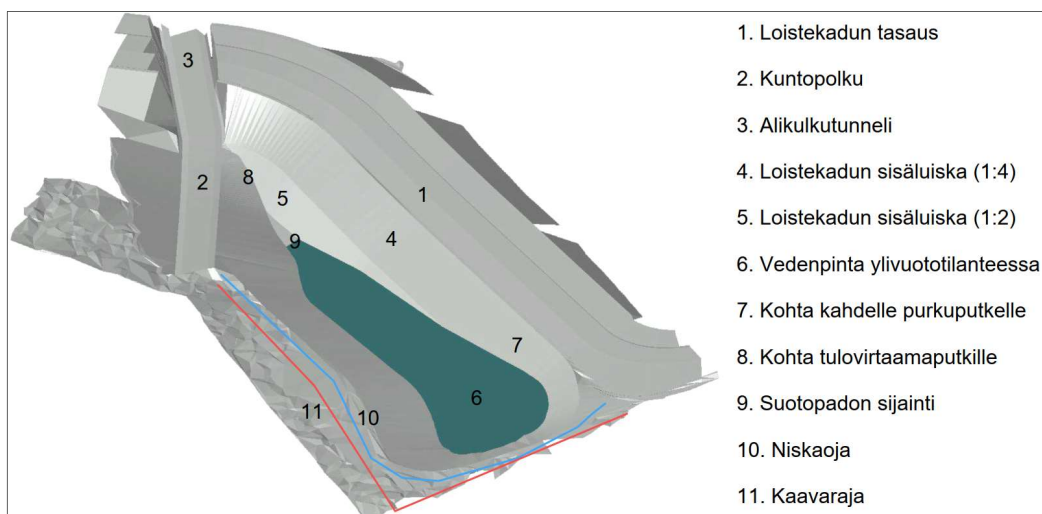
Kuva 17 Koekuoppien perusteella laaditut diagrammit.

#### 5.4 Biosuodatuksen rakennussuunnittelu

Biosuodatus sai suunnitteluvaiheen aikana useampia erilaisia malleja. Seuraavissa kappaleissa kerrotaan rakennussuunnitelmien etenemisestä ja siitä, miten lopullisiin rakennussuunnitelmiin päädyttiin. Biosuodatukselta tehtiin ensimmäisenä karkea luonnos, joka esitettiin tilaajalle. Tilaaajan kommenttien ja toiveiden pohjalta, sekä suunnittelun aikana kohdattujen ongelmien ja vaihtoehtoisten toteutustapojen seurauksena syntyi tässä työssä esitettävä rakennussuunnitelma.

##### 5.4.1 Biosuodatuksen ensimmäinen luonnos ja tilaajan kommentit

Rakennussuunnittelu alkoi ensimmäisestä kokeilullisesta biosuodatuksen mallista (kuva 18), joka koostui yhdestä suuresta altaasta. Mallilla tehtiin ensimmäiset laskelmat siitä, paljonko painanne aiheuttaisi leikkausmassoja ja kuinka suuri vesimäärä siinä saataisiin maanpäällisesti viivytettyä. Ensimmäisellä mallilla lähdettiin sovittamaan myös hulevesiputkien ja salaojituksien korkeusasemaa Loistekadun hulevesiverkostoon sopivaksi. Luonnoksesta valmistettiin tilaajalle havainnekuvat, pituusleikkaus sekä poikkileikkaukset.



KUVA 18 Kuvakaappaus painanteen ensimmäistä mallia esittävästä PDF-dokumentista.

Altaan pohja oli 75 metriä pitkä ja sillä oli leveyttä keskiarvoisesti kahdeksan metriä. Altaan alkupäähän tulevien tulovirtaama putkien jälkeen pohja laskeutui 6% kaltevuudella 10 metrin matkan. Pohjan nopealla ja jyrkällä laskeutumisella oli tarkoitus muodostaa vastaavasti pidempi ja loivempi tasanne suodatusrakenteita varten altaan loppupäähän saakka. Altaan pohja laski 60 metrin matkan yhden prosentin pituuskaltevuudella ja muodosti syvimmän kohdan viisi metriä ennen päätyluiskan alkamista rakennettavaa parkkihallia kohden.

Biosuodatuksen kohdalla, Loistekadun sisäluiskan kaltevuudeksi oli suunniteltu 1:4 (kahdeksan metrin matkan), joka lopuksi tippui 1:2 kaltevuudella muodostaen hulevesien käsittelyalueen itäisen reunan. 1:2 kaltevuus haluttiin säästää biosuodatuksen alkupäähän, jotta Loistekadun sisäluiskan ja kuntopolun väliin saataisiin jätettyä tilaa tulovirtaamaputkille. Biosuodatuksen alueella haluttiin muutoin suosia mahdollisimman loivia seinämän kaltevuuksia, joilla saataisiin hillitymmän näköinen avoin alue. Luiskakaltevuuksien ollessa korkeintaan 1:3 mahdollistetaan myös koneellinen niitto (Kuntaliitto 2012, 158). Länsipuolinen seinämä suunniteltiin aluksi 1:3 kaltevuudella, jotta suodatuskentän pinta-alaa saataisiin levennettyä länteen päin. Lähtötietojen mukaiset purkuputket säilytettiin Loistekadun sisäluiskaan sijoitettuna.

Biosuodatuksen länsireunalle suunniteltiin niskaoja ohjaamaan rinteeltä tuleva luonnontilainen virtaaman painanteen ohi. Luonnontilainen virtaama voidaan luokitella puhtaaksi vedeksi, koska se ei ole kulkenut rakennettuja pintoja pitkin. Veden ohjaamisella biosuodatuksen ohi pienennetään painanteen tilavuuden tarvetta, sekä tehostetaan suodatuksen toimintaa vähentämällä ylivuotoon menevän veden osuutta.

Alueen alkupäähän hulevesien esikäsittelyksi pohdittiin vaihtoehtoja pienen laskeutusaltaan tai suotopadon rakentamista. Vaihtoehtoista suotopato katsottiin sopivan kapeahkoon alkupäähän laskeutusallasta paremmin muodostamatta samalla pysyvää vesipintaa. Suotopadon tarkoituksena olisi

hidastaa saapuvaa virtausta, jolloin huleveden sisältämä kiintoaine ehtisi laskeutumaan ja pidättymään suotopadon rakenteisiin. Suotopadon sisälle pohdittiin myös suodatuskankaan asentamista, mutta sen käytöstä luovuttiin tukkeutumisvaaran takia.

Rakennekerroksiksi valittiin alustavasti Rakennustiedon periaatekuvan mukaiset rakennekerrokset (kappale 2.6.1, kuva 4), jotka koostui 250 mm kasvukerroksesta, 800 mm suodatinkerroksesta, 250 mm siirtymärakenteesta, 250 mm salaojakerroksesta, sekä 300 mm typen denitrifikaatiota tehostavasta kyllästyneestä kerroksesta.

Tälle mallille tehtiin useita korjaus toimenpiteitä, joiden tarkoituksena oli vähentää leikkausmassoja huomioiden samalla vaikutus maanpäälliseen viivytystilavuuteen ja suodatuspinta-alaan. Näihin vaikutettiin lähinnä seinämän kaltevuuksia, pohjan korkeusasemaa ja pohjan muotoa muotoillen. Loppujenlopuksi luonnoksessa suodatusalueen pinta-alaksi tuli 480 m<sup>2</sup> ja viivytystilavuudeksi ylivuotoon nähden 347 m<sup>3</sup>.

### **Tilaajan kommentit**

Tilaaja toivoi että biosuodatuksen ulkonäköä muutettaisiin vähemmän kaivetun näköiseksi. Tavoitteena oli samalla pienentää kustannuksia muodostavia leikkausmassoja, nostamalla biosuodatuksen tasausta ylemmäksi. Tilaajan toiveena oli myös, että alustavasti suunniteltuja rakennekerroksia kevennettäisiin ja kokonaiskerrospaksuutena tavoiteltaisiin yhtä metriä.

#### **5.4.2 Lopulliseen rakennussuunnitelmaan päätyminen**

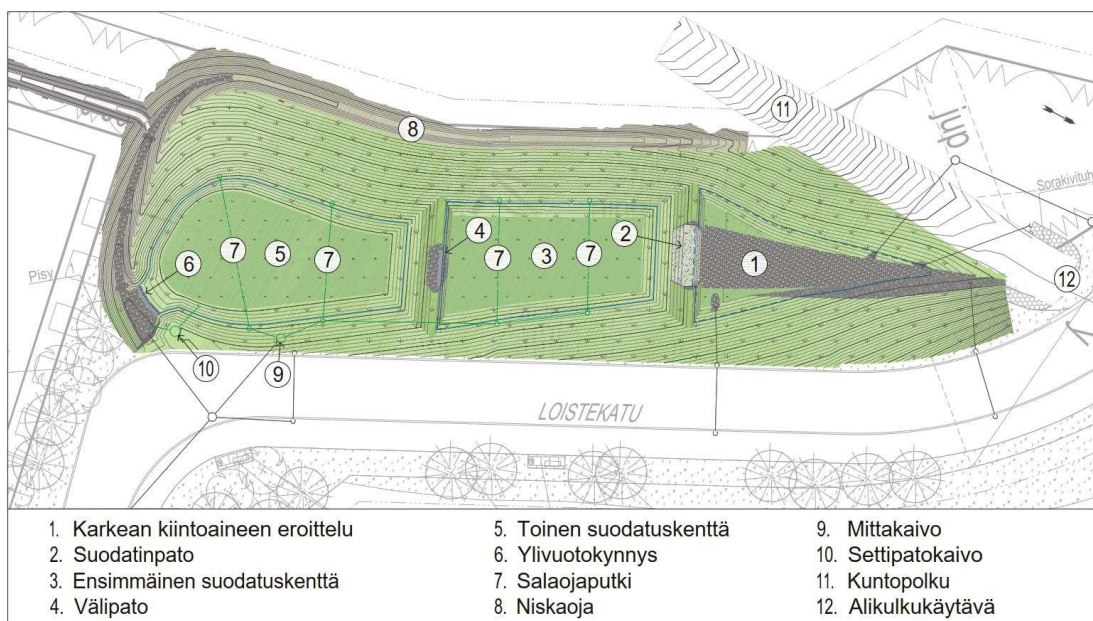
Aluksi biosuodatuksen tasausta ei voitu nostaa kolmesta syystä

1. Ylivuototilanteessa vedenpinta nousisi liian lähelle Loistekadun ajorataa alueen eteläpäädyssä.
2. Painanteessa seisova vesi voisi kastella Loistekadun rakennekerroksia.
3. Ylivuotoputken nostaminen aiheuttaisi riskin sen vaurioitumiselle esimerkiksi aura-auton tönnäisemänä.

Loistekadun rakennekerrosten kastumisen estämiseksi otettiin huomioon esimerkiksi HDPE -kalvon käyttäminen. HDPE -kalvoa edullisemmaksi vaihtoehdoksi mietittiin myös alueelta saatavan saven hyödyntäminen, jolla voitaisiin vuorata Loistekadun sisäluiska tarvittavalta osin.

Ongelmien ratkaisemiseksi päädyttiin suunnitteluratkaisuun, jossa koko alue rakennettaisiin kolmessa eri tasossa olevaan loivaan kenttään; hulevesien esikäsittelyyn, sekä ensimmäiseen ja toiseen suodatuskenttään (kuva 19, kts. pituusleikkaus liite 5). Kenttien väliin rakennettaisiin jyrkemmät eroosiosuojatut luiskat. Hulevesien esikäsittely muodosti ensimmäisen tasanteen ja sen pituuskaltevuutta loivennettiin, jolloin leikkausmassoja saatiin karsittua huomattavasti pois. Loistekadun sisäluiskaan sijoitettu ylivuotoputki vaihdettiin viimeisen suodatuskentän päähän rakennettavaksi ylivuotokynnykseksi. Tällöin viimeistä suodatuskenttää eli painanteen eteläisempää päätyä voitiin hieman

nostaa korkeammalle vähentäen leikkausmassoja. Ensimmäisen suodatuskentän korkeustaso suunniteltiin viereisten kenttien puoleenväliin. Näin ensimmäiselle suodatuskentälle tuleva ja suodatuskentältä lähtevä luiska pysyisivät saman kokoisina.



KUVA 19 Havainnekuva suunnitelman viimeisestä mallista sekä olennaisimpien toimintojen sijoittamisesta painanteelle.

Muutos teki alueesta myös hillitymmän näköisen, eikä niinkään kaivetun uoman kaltaisen (kuva 20). Poikkileikkauksia tutkimalla voitiin myös todeta, ettei Loistekadun rakennekerrosten kastumiselle ollut enää riskiä. Biosuodatusalueen alimmasta kyllästyneestä kerroksesta päätettiin luopua, jotta tiilaajan toivoma kokonaiskerrospaksuus saataisiin jaettua biosuodatukselle välttämättömien rakennekerrosten kanssa sopivaksi.



Kuva 20 Havainnekuva porrastetusta biosuodatuksesta.

Uusi porrastettu malli biosuodatusalueesta johti lopullisen rakennussuunnitelman syntymiseen. Biosuodatuksen rakentaminen vaiheistettiin kahteen eri vaiheeseen, johtuen Varikon alueen rakentamisen aikaisista huomattavasti likaisemmista hulevesistä ja niiden käsittelystä biosuodatuksen alueella. Ensimmäinen vaihe kuvaa tilannetta, jossa painanne on rakennettu alustavaan muotoon ilman suodatuskenttiä ja eroosiosuojattu murskeella. Toinen vaihe kuvastaa biosuodatuksen lopullista tilannetta, jossa painanteelle rakennetaan jälkikäteen salaojitus sekä suodatuskentät. Rakentamisen vaiheistamisesta on kerrottu lisää kappaleessa 5.4.4.

Kuopion kaupungille luovutettiin kommentoitavaksi esikopiot asemapiirustuksista, pituusleikkauksesta, sekä poikkileikkauksista. Asemapiirustukset laadittiin rakentamisen ensimmäiselle ja toiselle vaiheelle. Kuopion kaupungin hyväksymät rakennussuunnitelman suunnitelmapiirustukset on esitetty seuraavissa liitteissä:

- Liite 3, asemapiirustus (rakentamisen ensimmäinen vaihe)
- Liite 4, asemapiirustus (rakentamisen toinen vaihe)
- Liite 5, pituusleikkaus
- Liite 6, poikkileikkaukset

### **Vesisyvyys ja suodatuspinta-ala**

Tässä työssä lähdettiin tavoittelemaan kahden altaan osalta 300-400 mm lammikoitumissyvyyttä, jolla saataisiin muodostettua alueeseen sopiva suodatus pinta-ala. Korkeamman lammikoitumissyvyyden eduksi katsottiin siitä seuraava korkeampi hydrostaattinen paine, joka edesauttaisi veden imeytymisessä rakennekerrokseen. Matalampi lammikoitumissyvyys kasvattaisi tarvittavan suodatuspinta-alan määrää. Suurempi pinta-ala kasvattaisi kustannuksia rakennekerrosten ja maaleikkausten osalta, mutta toisaalta pienentäisi suodatuskerrokseen kohdistuvaa kuormaa jakamalla huleveden suuremmalle alueelle.

Suodatusalueiden syvin kohta suunniteltiin molempiin altaisiin altaan keskelle, jota kohti altaan pohja kallistuu vain kolmen promillen pituuskaltevuudella. Ensimmäisen suodatusaltaan osalta keskiarvoiseksi syvyydeksi tuli 31 cm ja maksimi vedensyvyudeksi 38 cm. Toisen suodatusaltaan kohdalla keskiarvoinen syvyys on 36 cm, maksimi syvyyden ollessa 45 cm. Toinen allas puretaan kuitenkin settipatokaivon kautta, jolloin altaan syvyyttä voidaan säädellä. Settipatokaivon rajoittaessa maksimi lammikoitumissyvyyden esimerkiksi 40 cm korkuiseksi, tulee keskiarvoiseksi syvyydeksi 33 cm.

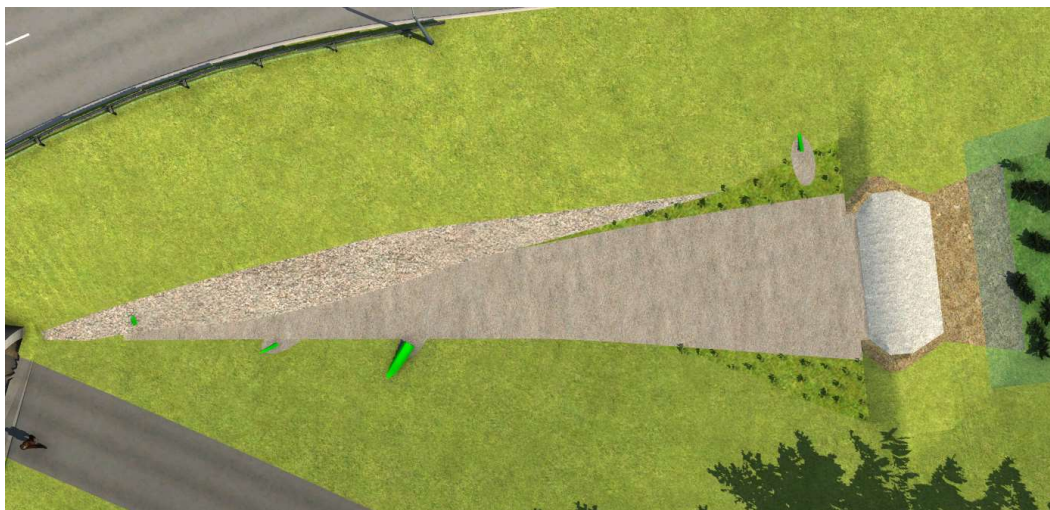
### **Karkeamman kiintoaineen poisto**

Painanteen pituudesta ensimmäinen kolmannes käytetään hulevesien karkeampien kiintoainesten poistoon, jolla pienennetään suodatuskenttien tukkeutumisriskiä. Tälle osiolla painannetta suunniteltiin loiva ja 300 mm paksuinen sepelipohja (rakeisuudeltaan 32-64 mm), jonka tarkoituksena on hidastaa saapuvaa hulevesivirtaamaa ja laskeuttaa kiintoainesta sepeliin. Sepelipohjan jälkeen hulevedet suotautuvat matalan suotopadon lävitse. Suotopadon ja sepelipohjan avulla karkean kiintoaineen erotus saadaan tehtyä ilman pysyvän vesipinnan muodostumista. Kuvissa 21 ja 22 on havainnollistettu suunniteltua hulevesien esikäsittelyä.





KUVA 21 Havainnekuva esittää hulevesien esikäsittelyä biosuodatuksen ensimmäisellä tasanteella.

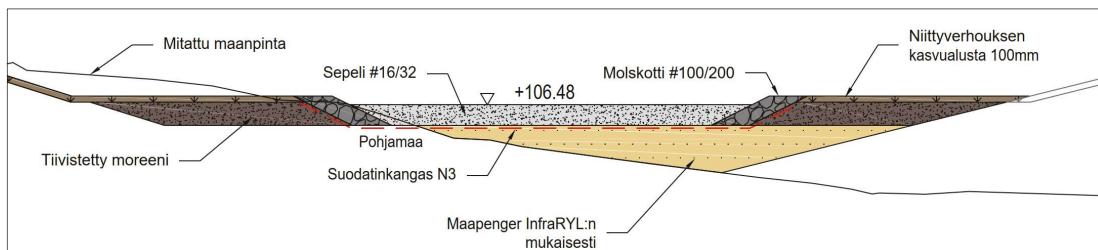


KUVA 22 Havainnekuva hulevesien esikäsittelystä ylhäältäpäin.

Kohteeseen ei haluttu muodostaa pysyvää vesipintaa sekä tilaajan toiveiden perusteella että turvallisuuskäsitteet huomioon ottaen. Painanteen alkupää on lähimpänä kevyenliikenteen väylää, jossa kuntopolku ohittaa painanteen jyrkähkössä laskussa alikulkukäytävään. Pysyvä vesipinta voisi aiheuttaa hukkumisvaaran, jos kuntopolulta esimerkiksi pyöräilijä tai hiihtäjä ajautuisi painanteeseen. Ajautuminen painanteeseen voitaisiin estää reunakaiteella, mutta painanteen loivien luiskien ja pienien korkeuserojen takia reunakaiteelle ei katsottu olevan tarvetta.

Sepelipohjan jälkeen kiintoaineen poistoa tehostaa rakeisuudeltaan pienemmästä sepelistä (16 - 32 mm) valmistettu suotopato, jonka läpi hulevesi virtaa ennen ensimmäistä suodatusallasta. Suotopadon tarkoituksena on sepelipohjan tavoin hidastaa huleveden virtausta, jolloin kiintoaine sitoutuu suotopadon materiaaliin. Suotopato on hyvin vettä läpäisevä, joten se ei muodosta pysyvää vesipintaa. Suotopadosta suunniteltiin vain 35 cm korkea, jotta rankkasateella vesi pääsee tarvittaessa virtaamaan sen yli aiheuttamatta tulvimista painanteen alkupäähän. Sepelistä valmistettu suotopato rakennetaan moreenista tiivistetyn padon keskelle. Moreenista tiivistetty pato rakennetaan suotopa-

toa vähintään 15 cm korkeammaksi, jolloin ylivuotovirtaama ohjautuu suotopadon yli eroosiosuojatulle luiskalle. Luiskan eroosiosuojaus rakennetaan InfraRYL (2010, 434) mukaisesti 100 - 200 mm molskotista vähintään 300 mm paksuisena kerroksena. Suotopato tarjoaa mahdollisuuden myös biohiilen käytölle, jolloin painanteelle virtaavat vedet virtaisivat myös sepelin keskelle asennetun biohiili-kerroksen läpi. Kuvassa 23 on esitetty poikkileikkaus suotopadosta ja kuvassa 24 havainnekuva.



Kuva 23 Kuvakaappaus suotopadon poikkileikkauksesta.

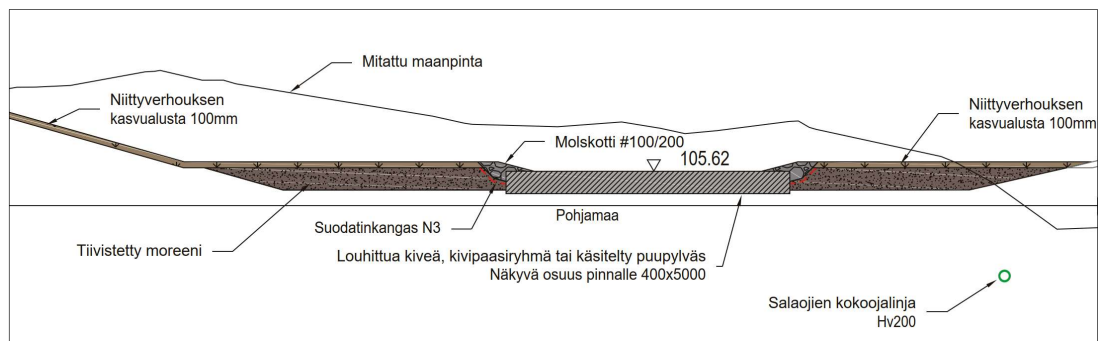


KUVA 24 Havainnekuva sepelipohjan jälkeisestä suotopadosta.

### Ylivuotokynnykset

Suodatusalueiden väliin rakennettava välipato (kuvat 25 ja 26) valmistetaan tiivistetystä moreenista, jonka keskelle rakennetaan ylivuotokynnys. Ylivuotokynnyksen tehtävänä on määrittää vedenpinnantaso ensimmäiselle suodatusaltaalle korkeudelle +105,62 ja purkaa ylivuotavat hulevedet seuraavalle suodatusaltaalle.



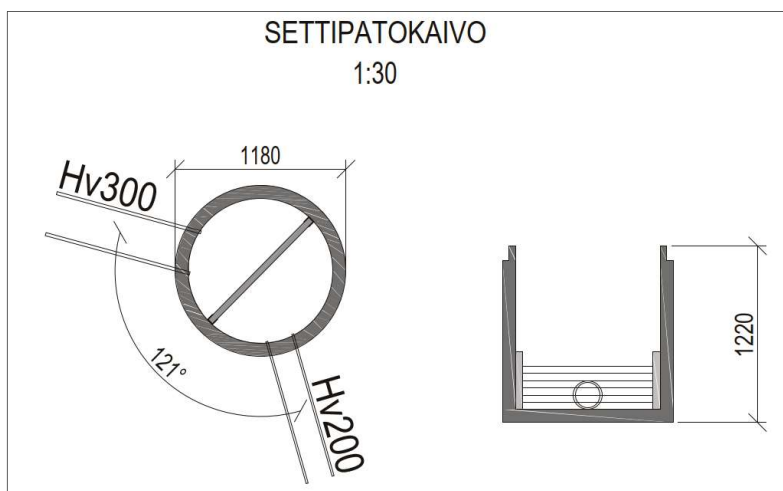


Kuva 25 Kuvakaappaus suodatusalueet toisistaan erottavan välipadon poikkileikkauksesta.

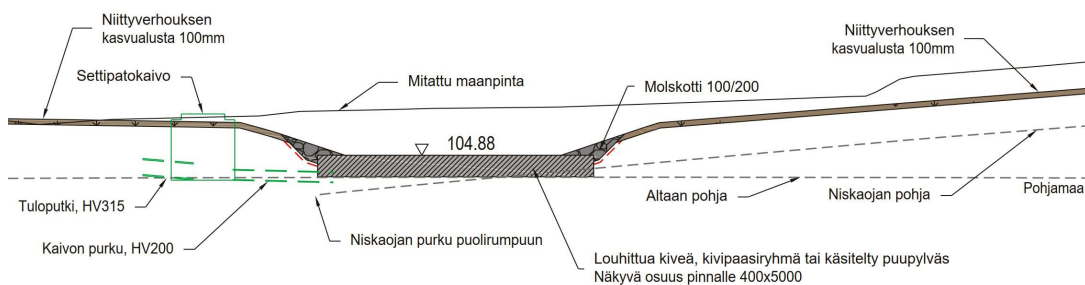


KUVA 26 Havainnekuva välipadosta.

Toinen ylivuotokynnys rakennetaan toisen suodatusalueen pätyyn tasolle +104,88, jonka kautta tulvatilanteen vedet ohjataan painannetta kiertävään niskaojaan. Välipadon ja painanteen päädyn ylivuotokynnys suunniteltiin rakennettavan vettä läpäisemättömästä louhitusta kivistä, kivipaasi ryhmästä tai puusta. Myös ylivuotokynnysten luiskiin suunniteltiin eroosiosuojaus 100 - 200 mm kokoisesta molskotista. Ylivuotokynnysten viereen suunniteltiin settipatokaivo, jonka tyyppikuva on esitetty kuvassa 27. Settipatokaivon patolevyjä lisäämällä ja poistamalla voidaan säätää altaan lammitusominaisuuksia. Kuvassa 28 esitetty poikkileikkaus sekä kuvassa 29 havainnekuva toisen altaan ylivuotokynnuksesta.



Kuva 27 Settipatokaivon tyyppikuva betonista rakennettavalle vaihtoehdolle.



Kuva 28 Poikkileikkaus toisen suodatuskentän ylivuotokynnyksestä.



KUVA 29 Tulvatilanteissa hulevedet ohjataan ylivuotokynnyksen kautta painannetta kiertävään niskaojaan. Settipatokaivon sijainti on esitetty kuvassa vasemmalla betonikantena.



### **Siirtymäkerros**

Rakennekerrosten väliin ei tahdottu lisätä suodatinkangasta erottamaan rakennekerroksia toisistaan, koska sen katsottiin muodostavan riskin suodatuksen nopealle tukkeutumiselle. Salaojakerroksen tapaan suodatinkangas on lisättävä vain kohtiin, jossa rakennekerrokset erotetaan ympäröivästä pohjamaasta. Varsinainen suodatinkerros erotettiin salaojakerroksesta siirtymäkerroksella. Siirtymäkerroksen tehtävänä on toimia välikerroksena suodatus- ja salaojakerroksen välillä, jottei suodatusmateriaali pääsisi valumaan kuivatuskerrokseen. Jotta siirtymäkerros toimisi hyvänä välikerroksena, on sen materiaalin raekoko jakauma oltava suodatin- ja salaojamateriaalin raekokojakauman välistä. Alapuolisen salaojamateriaalin ollessa 8 - 16 mm sepeliä ja yläpuolisen suodatinkerrosmateriaalin ollessa noin 0-2 mm hiekkaa, valittiin siirtymäkerroksen raekooksi 2 - 8 mm. Kiviainesmateriaalia 2 - 8 mm on saatavana esimerkiksi turvahiekan nimellä ja se soveltuu suodatusrakenteeseen hyvin hienoineettomuuden ansiosta. Toimivuuden kannalta kerrospaksuudeksi arvioitiin riittävän 200 mm.

### **Suodatinkerros**

Suodatinkerroksen materiaaliksi valittiin hiekka sen hyvän vedenjohtavuuden ja suodatusominaisuuksien ansiosta. Hiekka toimii myös osana kasvualustaa, jolloin hiekan päällistä kasvukerrosta voitaisiin pitää hieman ohuempana kerroksena. Suodatinkerroksen paksuus oli 400 mm ja kasvualustan paksuus 200 mm. Suodatinkerroksen tukkeutumisriskiä rajoitettiin antamalla rajoitteita hiekan sisältämälle hienoineksen määrälle. Mitä enemmän hiekka sisältäisi hienoineesta, sitä helpommin suodatuskerrokseen alkaisi muodostumaan tukkeutumista. Hiekan raekoko sekä hienoineksen määrä vaikuttavat myös hiekan hydrauliseen johtavuuteen ja sitä myötä alaiden tyhjenemisnopeuteen. Veden suodatusnopeus ei saisi olla liian nopea, jotta kemialliset ja fysikaaliset puhdistusvaikutukset ehtisivät tapahtumaan. Liian hidas vedenjohtavuus taas heikentäisi biosuodatuksen mikrobitoimintaa ja kasvattaisi ylivuotoon menevien hulevesien osuuksia. Sopivaksi tyhjenemisaajaksi asetettiin yksi vuorokausi, jolla taattaisiin vielä mikrobitoiminnalle tarpeeksi hapelliset olosuhteet. Tällöin hiekan hydraulisen johtavuuden laskennalliseksi arvoksi tässä kohteessa saadaan 5-8 cm/h.

Hiekkavaihtoehdot jaettiin rakeisuudeltaan 0 - 2 mm luonnonhiekkiaan, sekä vastaavaan tarkkuusseulottuun hiekkiaan, josta hiekan nolla-aines, eli raekooltaan kaikkein hienoin osa on seulottu pois. Hiekan valinnalle ei ollut saatavissa yksiselitteistä mitoitusohjetta, jolla huleveden viipymä voitaisiin arvioida sopivaksi esimerkiksi hiekan rakeisuuden mukaan. Hiekan hydraulisen johtavuuden arvioitiin käytettiin erilaisia tunnettuja kaavoja, jotka perustuivat esimerkiksi hiekan tehokkaaseen raekokoon. Kaavat antoivat hydrauliselle johtavuudelle jo itsessään hyvin erilaisia tuloksia, eikä niiden katsottu huomioivan veden johtavuuteen käytännössä vaikuttavia tekijöitä kyseisessä kohteessa. Hiekan fyysisten ominaisuuksien lisäksi alaiden tyhjenemiseen arveltiin vaikuttavan esimerkiksi pintakerroksen tiivistyminen, suodatinkerroksen paksuus, kasvualustan laatu, kasvien juurten kasvu, vuodenaika ja ajansaatossa tapahtuva pintakerrosten tukkeutuminen.

Mitoitusohjeiden puuttuessa hiekan valintaan pyydettiin neuvoa suodatushiekoista kokemuksen omaavalta Juha-Pekka Saarelaiselta. Saarelaisen mukaan suodatushiekkana tulisi lähtökohtaisesti käyttää nolla-aineetonta seulottua hiekkaa, jolla taattaisiin biosuodatuksen pidempi toiminta-aika. Tarkkuusseulottua hiekkaa olisi saatavana eri toimittajilta erilaisina rakeisuuksina, esimerkiksi 0,5

mm raekoosta ylöspäin. Saarelaisen kokemuseräisen tiedon mukaan biosuodatuksen suodatinkerroksessa ei tulisi käyttää raekooltaan pienempää hiekkaa kuin 0,5 - 1,4 mm. Saarelainen totesi, ettei hiekan laskennallisesti mitoitettujen hydraulisten nopeudet useimmiten toimi käytännössä ja hydrauliseen johtavuuteen voi vaikuttaa raekoon lisäksi myös eri toimittajilta saatava hiekan laatu. Saarelaisen mukaan myös luonnonhiekalla voitaisiin saada aikaiseksi hyviä puhdistustuloksia, mutta niiden sisältämän hienoaineksen määrä on ennalta-arvaamatonta. (Saarelainen 2019.) Tässä työssä tilaajan toiveena oli käyttää luonnonhiekkaa, jonka tilaaja hankkii itse.

Saarelaiselta saadun neuvon mukaan suodatinkerrokseen otettiin hiekan lisäksi mukaan myös biohiilen käyttö, jolla voitaisiin monipuolistaa puhdistusvaikutuksia muun muassa katualueelta tulevia hulevesiä kohtaan. Biohiiltä suunniteltiin käytettävän noin 10 - 15 % suodatinkerroksen tilavuudesta. Hiekan tavoin myös biohiilen kanssa tulee ottaa huomioon nolla-aineettomuus, käyttäen raekokona esimerkiksi 1 - 4 mm hiiltä. (Saarelainen 2019).

#### 5.4.4 Biosuodatuksen kasvillisuus

Hulevesienkäsittelyalueen maisemointisuunnittelu ja biosuodatuksessa käytettävien kasvien valinta jätettiin opinnäytetyön ulkopuolelle AFRYN maisemointisuunnittelijan suunniteltavaksi, mutta tässä työssä annettiin perusteet kasvien valinnalle. Maisemointisuunnittelun aikana valitaan käytettävä kosteikkokasvillisuus ja arvioidaan kasvualustan koostumusta sekä 200 mm kerrospaksuuden riittävyyttä. Kosteikkokasvillisuuden tiedostettiin tarvitsevan normaalisti jopa kaksinkertaisen kasvualustan, mutta alapuolinen hiekkakerros voisi kaventaa kasvualustan tarvittavaa paksuutta. Huleveden ravinnesidonnan sekä kasvien menestymisen parantamiseksi suunniteltiin kasvukerrokseen sijoitettavan biohiiltä noin 5 %-til. Biohiilen tarkoituksena on estää myös maanpinnan tiivistymistä parantaen samalla hulevesien imeytymistä. Kosteikkokasvillisuuden osalta kirjattiin ylös seuraavia kohtia, mitkä vaikuttavat kasvilajien valintaan:

- Suodatusalueen kasvillisuudessa tulee huomioida kasvien menestyminen kuivina ajanjaksoina, kuin taas tilanteissa, jossa suodatusaltaat ovat hetkellisesti veden täyttämiä.
- Kasvien valinnassa suositetaan paksujuurisia kasveja, jotka ylläpitävät suodatinhiekan vedenläpäisevyyskykyä.
- Pitkäjuuristen kasvien sijoittamisessa tulee huomioida salaojaputkien sijainti, jottei kasvavat juuret tukkisi salaojaputkia.
- Suositetaan kasvilajeja, joiden haitta-ainesidonta tai veden haihdutuskyky tiedetään hyväksi.
- Monipuolista haitta-ainesidontaa tehostetaan monipuolisilla kasvilajivalinnoilla.
- Eri korkuisilla kasveilla tehostetaan hulevesien haihtumista sekä luodaan varjoalueita niitä tarvitseville kasveille.
- Jotta huleveden ravinnekuormat eivät nousisi, valitaan kasveja jotka eivät tarvitse erillistä lannoittamista.

#### 5.4.5 Rakentamisen vaiheistaminen

Varikon alueen rakentamisen aikana syntyy hulevesiä, jotka sisältävät suojaamattomasta maapinnasta ja maa-ainekasoista peräisin olevia kiintoaineita. Kuopion kaupungin rakennusjärjestyksen (2019, 25 §) mukaan työmaalta ei saa laskea runsaasti kiintoainetta tai lietettä sisältäviä hulevesiä suoraan vesistöön, hulevesiviemäriverkostoon tai ojaan. Paljon kiintoainesta sisältäviä hulevesiä ei voida johtaa myöskään suoraan suodatuskentille, jottei suodatusrakenteet tukkeutuisi välittömästi.

Jotta painanteessa voitaisiin käsitellä alueella tapahtuvan rakentamisen aikaisia hulevesiä, vaiheistettiin rakentaminen kahteen vaiheeseen. Ensimmäisessä vaiheessa painanne muotoillaan lähelle lopullista muotoaan, mutta ilman suodatuskerrosten kaivamista ja salaojituksia. Painanteen pohjalle asennetaan suodatinkangas, jonka päälle Loistekadun jakavan kerroksen materiaalia (0 - 90 mm kalliomurske) vähintään 200 mm kerros. Murskeen tarkoituksena on estää uomaerosion syntyminen eroosioherkälle painanteen pohjalle ja estää hienoaineksen huuhtoutuminen pohjamaasta hulevesien mukaan. Ensimmäisessä vaiheessa suotopato rakennetaan karkeammasta 32/64 sepelistä. Loistekadun reunaan asennetaan valmiiksi salaojaputket yhdistyvä kokoojalinja, sekä mittakaivo. Salaojien ja kokoojalinjan väliin tulevat umpinaiset PE110 yhdysputket asennetaan myös valmiiksi ja tulpataan.

Toisessa vaiheessa eroosiosuojauksessa käytetty kalliomurske ja siihen kertynyt liete poistetaan kokonaisuudessaan. Suodatuskerroksia varten kaivetaan 1:1 kaltevuudella kaivanto ja salaojitukset kytketään ensimmäisessä vaiheessa asennettuihin hulevesiputkiin yhteiden avulla. Suodatusalueen rakennekerrokset erotetaan pohjamaasta suodatinkankaalla. Ylivuotopatojen luiskista vaihdetaan kalliomurske 100 - 200 mm molskottiin. Ensimmäisen tasanteen pohjalle levitetään kalliomurskeen tilalle sepelikerros karkean kiintoaineen erottamista varten ja likaantunut suotopato uusitaan kokonaisuudessaan hienommalla 16 - 32 mm sepelillä.

## 6 JOHTOPÄÄTÖKSET

Opinnäytetyössä toteutettiin biosuodatusalueen rakennussuunnitelma Savilahden Varikon alueen hulevesien hallintaan. Biosuodatusalue suunniteltiin keskitettynä hulevesien hallintamenetelmänä ja oli ensimmäinen Kuopion kaupungille suunniteltu biosuodatusalue.

Biosuodatusalueen toimivuutta voidaan jatkossa tarkastella hulevesien laadullisen ja määrällisen toimivuuden kannalta. Määrällisen hallinnan osalta biosuodatusalue leikkaa tehokkaasti rankkasateiden tai lumien sulamisesta aiheutuvia virtaamahuippuja. Laadullisen hallinnan kannalta tulokset on saatavissa vasta myöhemmin toisen vaiheen rakentamisen jälkeen, kun hulevesien laatu on tasoittunut edustamaan valmista rakennettua aluetta ja biosuodatusalueelta purkavasta vedestä tarkkaillaan vedenlaatua. Jotta tätä laadullista toimivuutta voitaisiin tulevaisuudessa seurata, lisättiin suunnitelmiin mittauskaivo johonka suodattuneet vedet voidaan ohjata. Rakennussuunnittelussa tehtyjen valintojen lisäksi biosuodatuksen toimivuuteen vaikuttaa myös niiden yksilöllinen haitta-ainekuorma, käytettävä kasvillisuus sekä huolto. Erilaisten toteutustapojen kautta saadaan tärkeää tietoa biosuodatuksen toimivuudesta, sen soveltuvuuksista erilaisiin ympäristöihin ja ylipäänsä hulevesien luonnonmukaisesta hallinnasta.

Tavoite biosuodatuksen toimivuuden pitkäikäisyydelle ohjasi suunnittelussa tehtäviä valintoja. Suodatinmateriaalin lisäksi suunnittelussa kiinnitettiin huomiota esimerkiksi hulevesien esikäsittelyyn, suodatusalueen huoltamiseen ja talviaikaiseen toimintaan. Hulevedet on esikäsitteltävä ennen suodatuskentille johtamista ja usein tämä tehdään laskeutusaltaan avulla. Kohteeseen ei kuitenkaan haluttu pysyvää vesipintaa ja tila laskeutusaltaan muodostamiselle oli pienehkö. Esikäsittelyksi valittiin karkeasta sepelistä valmistettava kenttä yhdessä suotopadon kanssa. Ratkaisun katsottiin olevan tehokas tapa laskeuttamaan ja suodattamaan karkeampi kiintoaines hulevesistä. Sepelikentällä jouduttiin tekemään kuitenkin tietoinen valinta siitä, että tulevaisuudessa sen huolto kertyneen lietteen osalta on laskeutusallasta vaikeampaa. Tehokas hulevesien esikäsittely pidentää silti suodatuskenttien elinikää ja vähentää suodatuskenttien huollon tarvetta. Biosuodatusalueen huoltoon on kuitenkin tulevaisuudessa kiinnitettävä huomiota esimerkiksi siivoamalla pintakerroksia, sekä tarkastamalla patojen ja salaojituksien toimivuutta. Kertynyttä lietettä tulee tarkkailla myös patojen molskottiverhouksissa, putkistoissa sekä kaivoissa. Huoltotoimenpiteillä varmistetaan biosuodatuksen pidempi toiminta-aika ja sopivuus osana viihtyisää kaupunkiympäristöä. Talviaikainen toiminta varmistettiin laajalla salaojakerroksella ja useammalla salaojaputkella. Talvisin biosuodatusalueelle ei saa kasata auraslumia, mutta biosuodatusalueelle satavia lumia ei tarvitse poistaa, jolloin kertynyt lumipeite antaa suojaa putkistojen jäätymistä vastaan.

Suurehkon biosuodatusalueen suunnitellulle antoi haasteita selkeiden mitoitusohjeiden puuttuminen, sekä tasapainon löytäminen hulevesien hallinnan ja kustannusten välillä. Lisäksi työn aikana oli haasteellista löytää sopiva suodatinhiekkä. Luonnonhiekan osalta haasteena on hiekan epätasainen raekokojakauma ja laatu. Luonnonhiekkaa tasalaatuisempi tarkkuusseulottuhiekkä on huomattavasti kalliimpaa ja hintoja lisäävät myös pidemmät toimitusmatkat. Hiekan hydraulisen nopeuden arvioimi-



selle käytettiin erilaisia laskutoimituksia, jotka antoivat toisistaan eriäviä tuloksia. Tässä työssä hiekan sopivaksi hydrauliseksi johtavuudeksi laskettiin 5 - 8 cm/h, joka vastaa Lehikoisen (2015) diplomityössä esitettyjä hydraulisen johtavuuden minimi- ja maksimiarvoja (1,3 - 10 cm/h). Vedenläpäisevyyttä heikentävänä ja kasvattavana tekijänä on huomioitava myös ajansaatossa suodatusalueilla tapahtuvat muutokset. Vedenläpäisyä voi heikentää esimerkiksi suodatuskerroksen tukkeutuminen tai rakennekerrosten tiivistyminen. Vedenläpäisevyyttä voi toisaalta kasvattaa kasvillisuuden muutokset, juurten kasvu ja kasvien uusiutuminen.

Suunnitteluvaiheessa huomioitiin myös biosuodatusalueen pinnan korkeuden säädettävyyden tulevaisuudessa. Ylivuotokynnys suunniteltiin rakennettavan sellaisesta materiaalista, jonka korkeutta voidaan tarvittaessa säätää pienellä työmäärällä. Korkeuden säätö voi tulla tarpeeseen tilanteessa, jossa suodatuksen viipymä kasvaa liian pitkäkestoiseksi. Tulevaisuudessa myös viivytystarpeeseen voi tulla muutoksia valuma-alueen maankäytön tarkentuessa. Settipatokaivo otettiin suunnitelmiin mukaan biosuodatuksen ollessa vielä yhdessä tasossa, jolloin settipatokaivolla saatiin säädettyä koko alueen lammikoitumissyvyyttä. Kahden altaan tapauksessa settipatokaivolla voidaan säätää vain viimeisen suodatusalueen vedenpinnan tasoa. Settipato haluttiin kuitenkin jättää mukaan toteutukseen. Maankäytön tarkentuessa ja viivytystarpeen mahdollisesti kasvaessa voidaan hulevesiä ohjata painanteelle enemmän. Tällöin on kuitenkin huomioitava suodatuksen osalta viivytyksajan pidentyminen ja purkuvirtaama on oltava kaksi vaiheinen. Toisen altaan kohdalla tätä tilannetta voidaan säätää settipatokaivon avulla.

Suunnittelun aikana määritettiin biosuodatusalueen toteutuskustannukset. Suurimmat kustannukset muodostuivat suodatusalueiden rakennekerrosten rakentamisesta ja maaleikkauksista. Suunnitteluvaiheen aikana tehtiin kustannuksia vähentäviä päätöksiä muun muassa kyllästyneen kerroksen osalta. Tilaajan toiveesta rakennekerrosten maksimikerrospaksuudeksi asetettiin yksi metri. Tästä syystä kyllästynyt kerros karsittiin kokonaan pois. Suodatinkerrokseen suunniteltiin aluksi myös biohiilen hyödyntäminen 10 - 15 til-% seoksena yhdessä hiekan kanssa, mutta tilaajan toiveesta biohiilen käytöstä luovuttiin.

Rakentaminen lisää läpäisemättömien pintojen osuutta kasvattaen samalla hulevesien pintavaluntaa ja haitta-aine huuhtoumaa. Biosuodatusalueella voidaan hallita hulevesiä määrällisesti ja laadullisesti ennen johtamista purkuvesistöön. Keskitettyjen hulevesiratkaisujen kannalta on tärkeää että kaavoitusvaiheessa huomioidaan riittävä tilantarve hulevesien maanpäälliselle käsittelylle. Maanpäälliset hulevesijärjestelmät tarjoavat myös tilan viihtyisälle ympäristörakentamiselle vastapainona rakentamisesta johtuvalle alkuperäiselle kasvillisuuden vähenemiselle. Kasvillisuusvalinnoilla voidaan luoda esteettinen ja miellyttävä kaupunkiympäristö.



## LÄHTEET

Carbons.fi [verkkoaineisto]. [Viitattu 2019-12-04]. Saatavissa: <https://carbons.fi/biohiili/>  
Polku: Carbons.fi. Biohiili.

ESPOON KAUPUNKI 2011. Espoon hulevesiohjelma. [Viitattu 2019-12-14]. Saatavissa:  
<https://www.espoo.fi/download/noname/%7B2729712E-144E-4B7E-A11B-6FD34F0E14E4%7D/92498>

THE FEDERAL INTERAGENCY STREAM RESTORATION WORKING GROUP 2001. Stream Corridor Restoration: Principles, Processes and Practices. [Viitattu 2019-12-28]. Saatavissa:  
[https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE\\_DOCUMENTS/stelprdb1044574.pdf](https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/stelprdb1044574.pdf)

Finlex.fi [verkkoaineisti] [Viitattu 2019-12-14]. Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/>

InfraRYL 2010. Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset, Osa 1 Väylät ja alueet. Helsinki: Raken-  
nustieto Oy

ITKONEN, Arto ja VESTERINEN Minna 2019. Sedimentin haitta-ainepitoisuuksien riskinarviointi. Sito-  
wise. [Viitattu 2019-10-02]. Saatavissa: [https://www.kuopio.fi/documents/7369547/7610270/Neula-lahti\\_riskinarvio.pdf/9037a65a-fa9a-4986-aa43-14d1b6e0756a](https://www.kuopio.fi/documents/7369547/7610270/Neula-lahti_riskinarvio.pdf/9037a65a-fa9a-4986-aa43-14d1b6e0756a)

KASVIO, Pinja, ULVI, Teemu, KOSKIAHO, Jari ja JORMOLA, Jukka 2016. Kosteikkojen ja biosuoda-  
tusalueiden toimivuus hulevesien käsittelyssä - HULE-hankkeen loppuraportti. Suomen ympäristö-  
keskus. [Viitattu 2019-12-19]. Saatavissa: <http://hdl.handle.net/10138/160201>

KOMULAINEN, Elina 2012. Hulevesien biosuodatuksen soveltuvuus Suomen ilmasto-oloihin. Aalto-  
yliopisto. Yhdyskunta- ja ympäristötekniikka. Diplomityö. [Viitattu 2019-10-12].

Kuopio.fi [verkkoaineisto]. [Viitattu 2019-12-05]. Saatavissa: <https://www.kuopio.fi/fi/savilahti1>  
Polku: Kuopio.fi. Asuminen ja ympäristö. Asuminen. Asuntorakentaminen. Savilahti.

KUOPIO KARTTAPALVELU 2020. Saatavissa: <https://kartta.kuopio.fi/>

KUOPIO KAUPUNKI 2017. SAVILAHDEN KALLIOTILAT - liikunta- ja tapahtumakeskus HANKESUUN-  
NITELMA. [Viitattu 2019-12-05]. Saatavissa: [http://www.savilahti.com/sites/www.savilahti.fi/files/PDF/savilahden\\_liikunta\\_ja\\_tapahtumakeskus\\_hankesuunnitelma.pdf](http://www.savilahti.com/sites/www.savilahti.fi/files/PDF/savilahden_liikunta_ja_tapahtumakeskus_hankesuunnitelma.pdf)

KUOPIO KAUPUNKI 2019. Kuopion kaupungin rakennusjärjestys. [Viitattu 2019-11-21]. Saatavissa:  
[https://www.kuopio.fi/documents/7369547/7627117/Kuopion+kaupungin+rakennusjarjes-tys\\_01012019.pdf/00677221-862b-49d1-935a-587e597a540a](https://www.kuopio.fi/documents/7369547/7627117/Kuopion+kaupungin+rakennusjarjes-tys_01012019.pdf/00677221-862b-49d1-935a-587e597a540a)

LEHIKOINEN, Elina 2015. Kadun vastavalmistuneiden huleveden biosuodatusalueiden toimivuus Vantaalla. Aalto-yliopisto. Yhdyskunta- ja ympäristötekniikka. Diplomityö. [Viitattu 2019-10-12]. Saatavissa: <http://urn.fi/URN:NBN:fi:aalto-201506303477>

LEHMANN, Johannes ja JOSEPH, Stephen. 2009. Biochar for Environmental Management. Lontoo: Earthscan Publications Ltd.

MAANKAMARA 2020. Saatavissa: <https://gtkdata.gtk.fi/maankamara/>

MAANKÄYTTÖ- JA RAKENNUSLAKI. L 1999/132. Finlex. Lainsäädäntö. [Viitattu 2019-12-14]. Saatavissa. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2014/20140682>

NIEMI, Jasmin 2018. Biohiilen käyttö suodattimissa. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Kemiantekniikan koulutusohjelma. Kandidaatintyö. [Viitattu 2019-12-02]. Saatavissa: [https://lut-pub.lut.fi/bitstream/handle/10024/158474/kandidaatinty%C3%B6\\_Niemi\\_Jasmin.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://lut-pub.lut.fi/bitstream/handle/10024/158474/kandidaatinty%C3%B6_Niemi_Jasmin.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

RAKENNUSTIETOSÄÄTIÖ 2016. Rakennustyömaan hulevesien hallinta. Tilaajan ohje. RT 89-11230 [2019-12-17]. Saatavissa: <https://www.rakennustietokauppa.fi/rt-89-11230-rakennustyomaan-hulevesien-hallinta.-tilaajan-ohje/105168/dp>

RÄSÄNEN, Arttu 2019. Maastokäynnin valokuva [digikuva]. Sijainti: Kuopio: tekijän omat kokoelmat.

RÄSÄNEN, Arttu 2020. Biohiili [digikuva]. Sijainti: Jyväskylä: tekijän omat kokoelmat.

SAARELAINEN Juha-Pekka 2019-10-01/2019-11-06. Sipti Infra Oy. Hulevesiasiantuntija [sähköposti-haastattelu]

Savilahti.com [verkkoaineisti] [2019-12-05]. Saatavissa: <http://www.savilahti.com/maankayton-yleissuunnitelma>

Polku: Savilahti.com. Suunnittelu & rakentaminen. Maankäytön yleissuunnitelma.

SUOMEN KUNTALIITTO RY 2012. Hulevesiopas [verkkoaineisto]. [Viitattu 2019-11-02]. Saatavissa: [https://shop.kuntaliitto.fi/product\\_details.php?p=2714](https://shop.kuntaliitto.fi/product_details.php?p=2714)

SUOMEN KUNTALIITTO RY 2017. Hulevesioppaan päivitettyt luvut lainsäädännön muutosten osalta. 2017 [verkkoaineisto]. [Viitattu 2019-12-15]. Saatavissa: [https://shop.kuntaliitto.fi/product\\_details.php?p=3345](https://shop.kuntaliitto.fi/product_details.php?p=3345)

VAKKILAINEN, Pertti s. a. Hydrologinen kierto [opetusmoniste]. Aalto-yliopisto. Saatavissa: [https://mycourses.aalto.fi/pluginfile.php/736213/mod\\_folder/content/0/1%20Lukumateriaali%20-%20Hydrologinen%20kierto.pdf?forcedownload=1](https://mycourses.aalto.fi/pluginfile.php/736213/mod_folder/content/0/1%20Lukumateriaali%20-%20Hydrologinen%20kierto.pdf?forcedownload=1)

YMPARISTO.FI 2016. Hulevesiä koskeva lainsäädäntö. [verkkojulkaisu]. Ympäristöhallinnon yhteinen verkkopalvelu. [Viitattu 2019-12-11]. Saatavissa: <https://www.ymparisto.fi/download/no-name/%7B12D4C74F-BF3B-4608-B03E-44FECE09EE28%7D/116211>

Ymparisto.fi [verkkoaineisto]. [Viitattu 2019-11-22]. Saatavissa: [https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Vesiensuojelu/Yhdyskunnat\\_ja\\_hajaasutus/Hulevesien\\_hallinnan\\_kehittaminen](https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Vesiensuojelu/Yhdyskunnat_ja_hajaasutus/Hulevesien_hallinnan_kehittaminen)  
Polku: Ymparisto.fi. Vesi. Vesien suojelu. Yhdyskunnat ja haja-asutus. Hulevesien hallinnan kehittäminen.

## LIITTEET

LIITE 1 Ote osayleiskaavasta

LIITE 2 Ote asemakaavasta

LIITE 3 Asemapiirustus, rakentamisen ensimmäinen vaihe

LIITE 4 Asemapiirustus, rakentamisen toinen vaihe

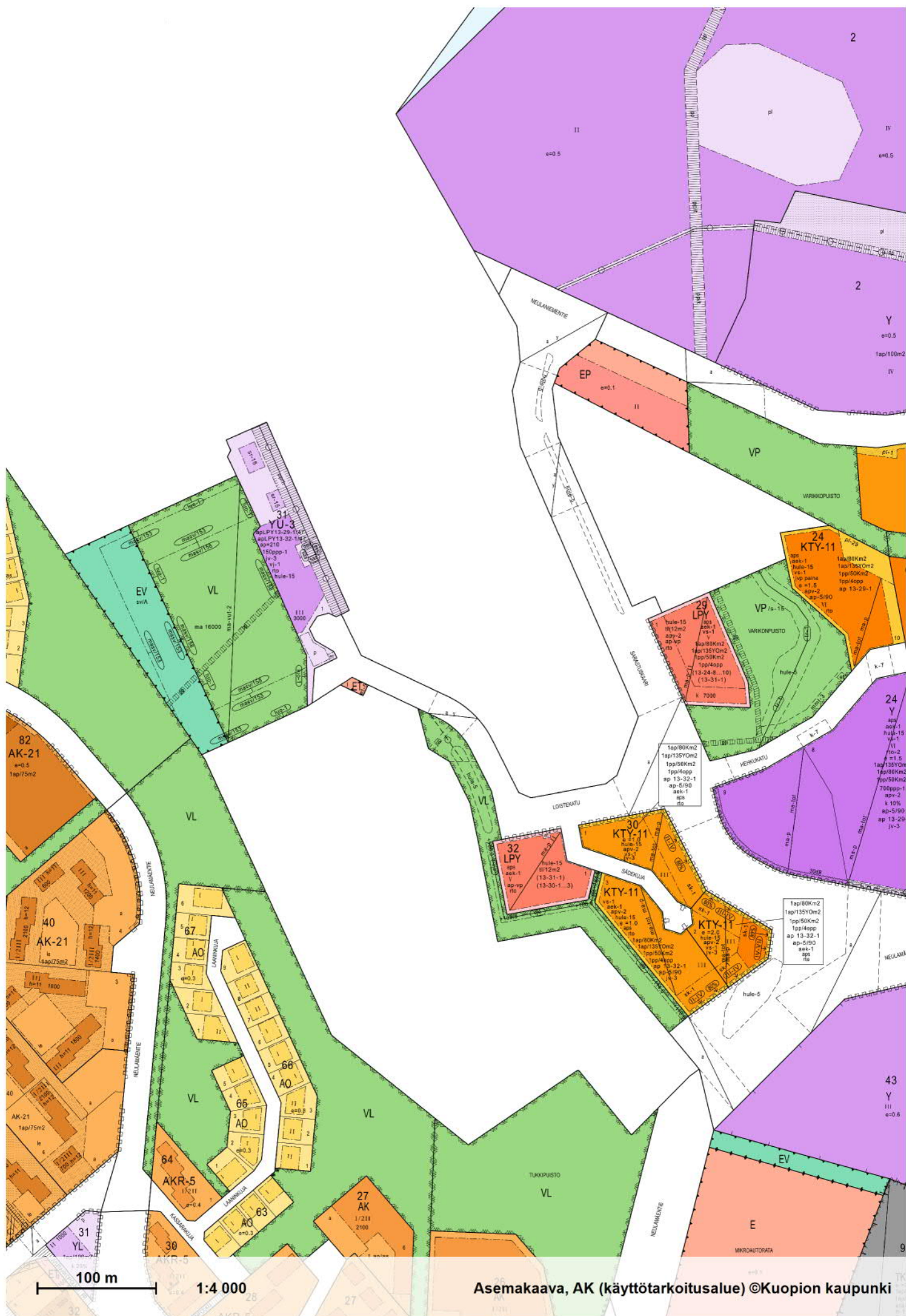
LIITE 5 Pituusleikkaus

LIITE 6 Poikkileikkaukset

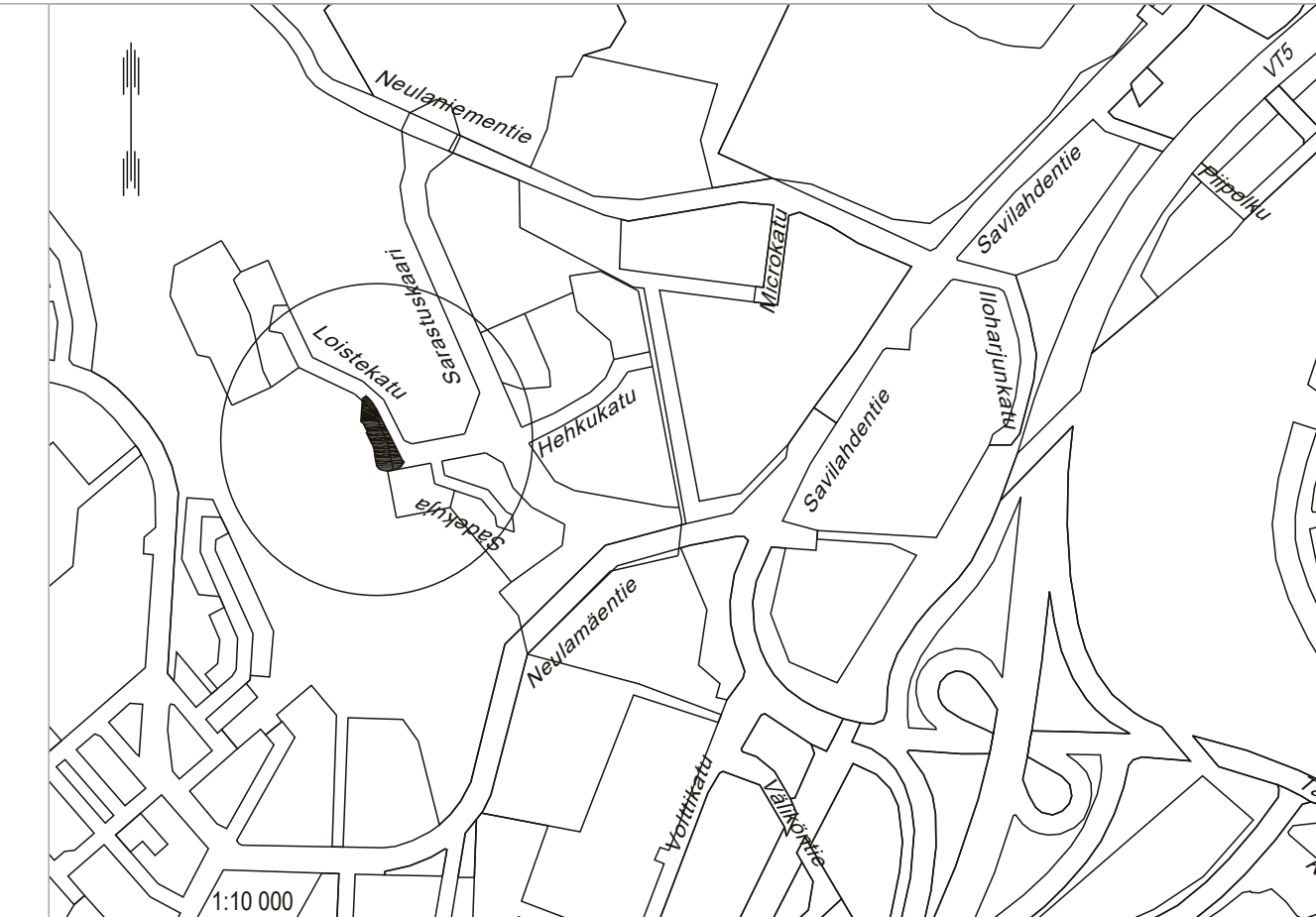
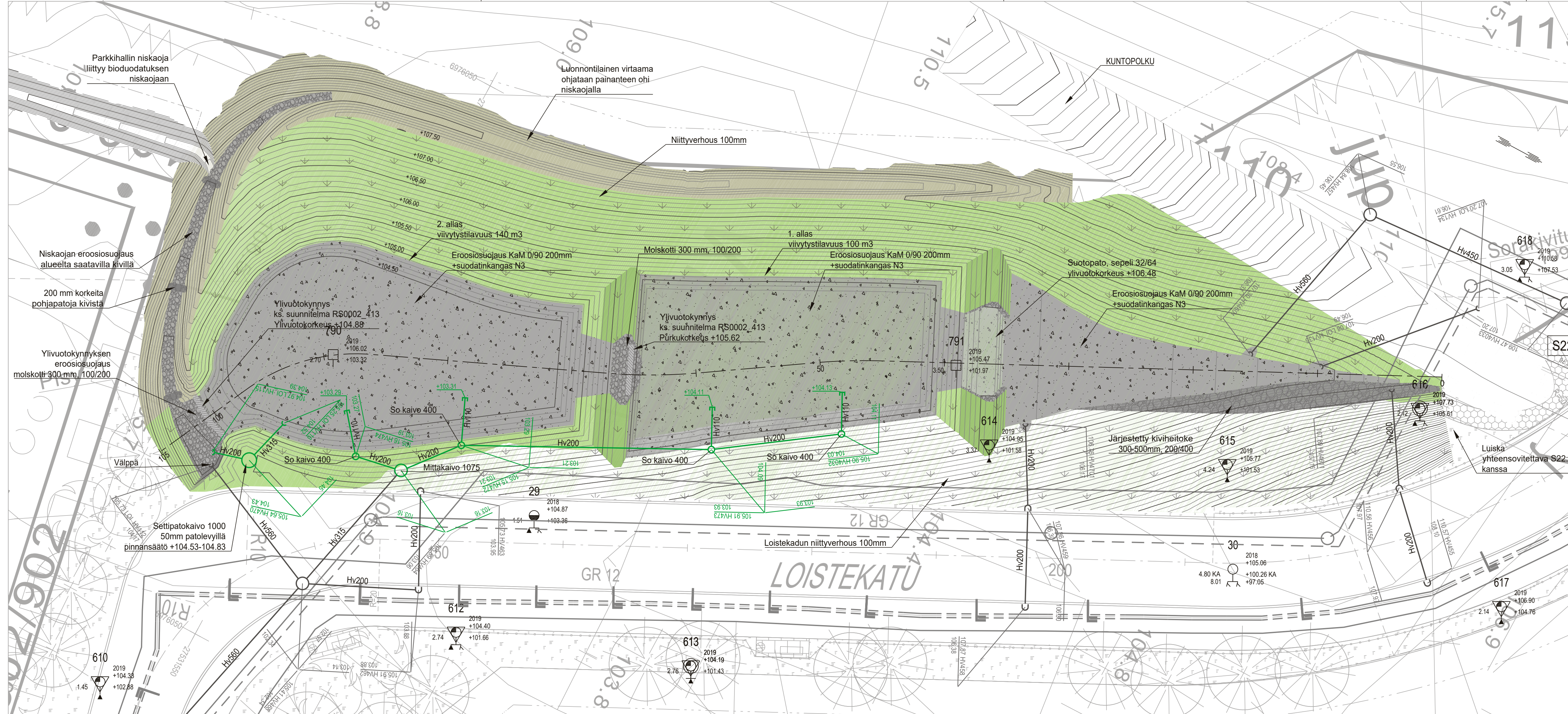








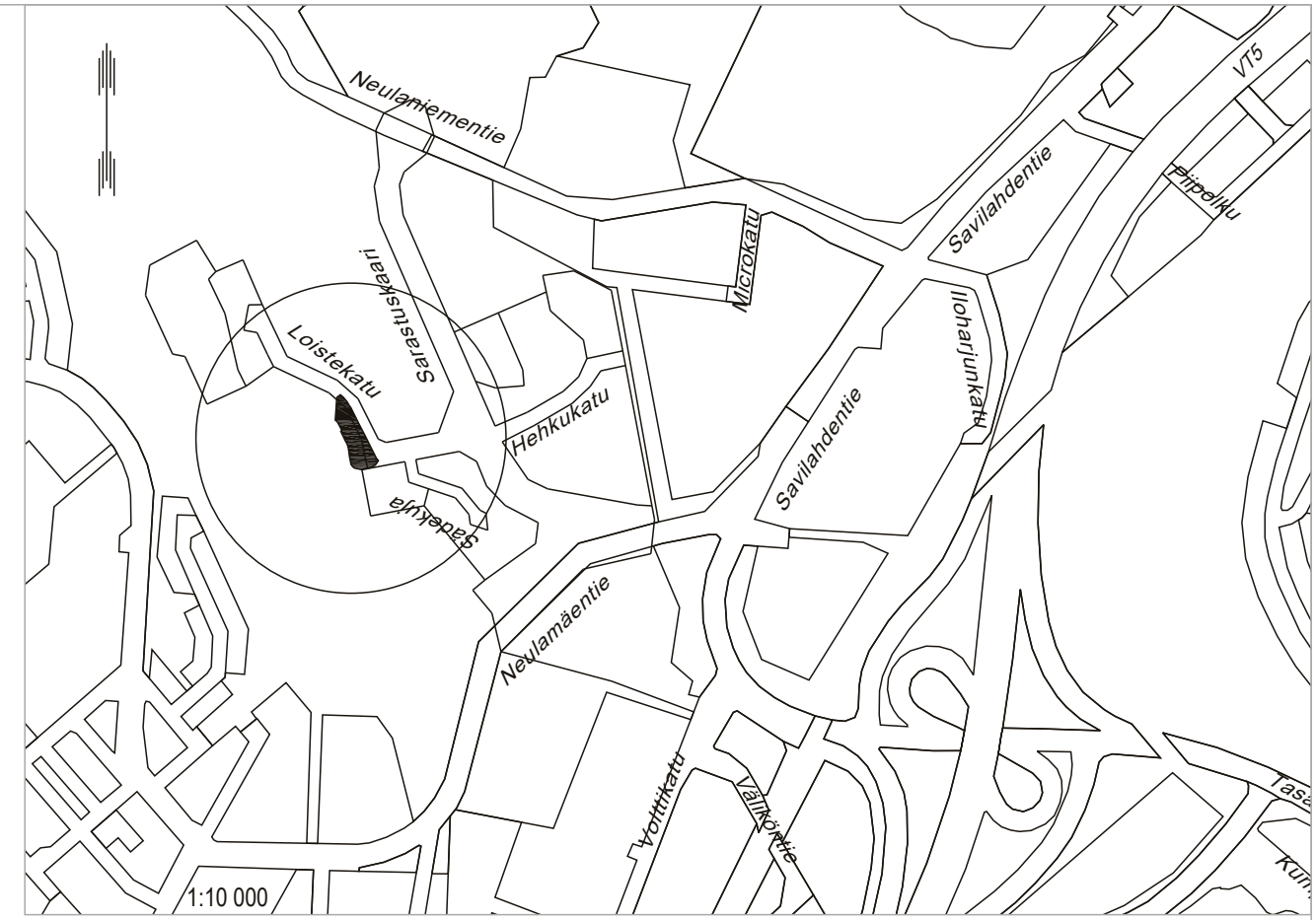
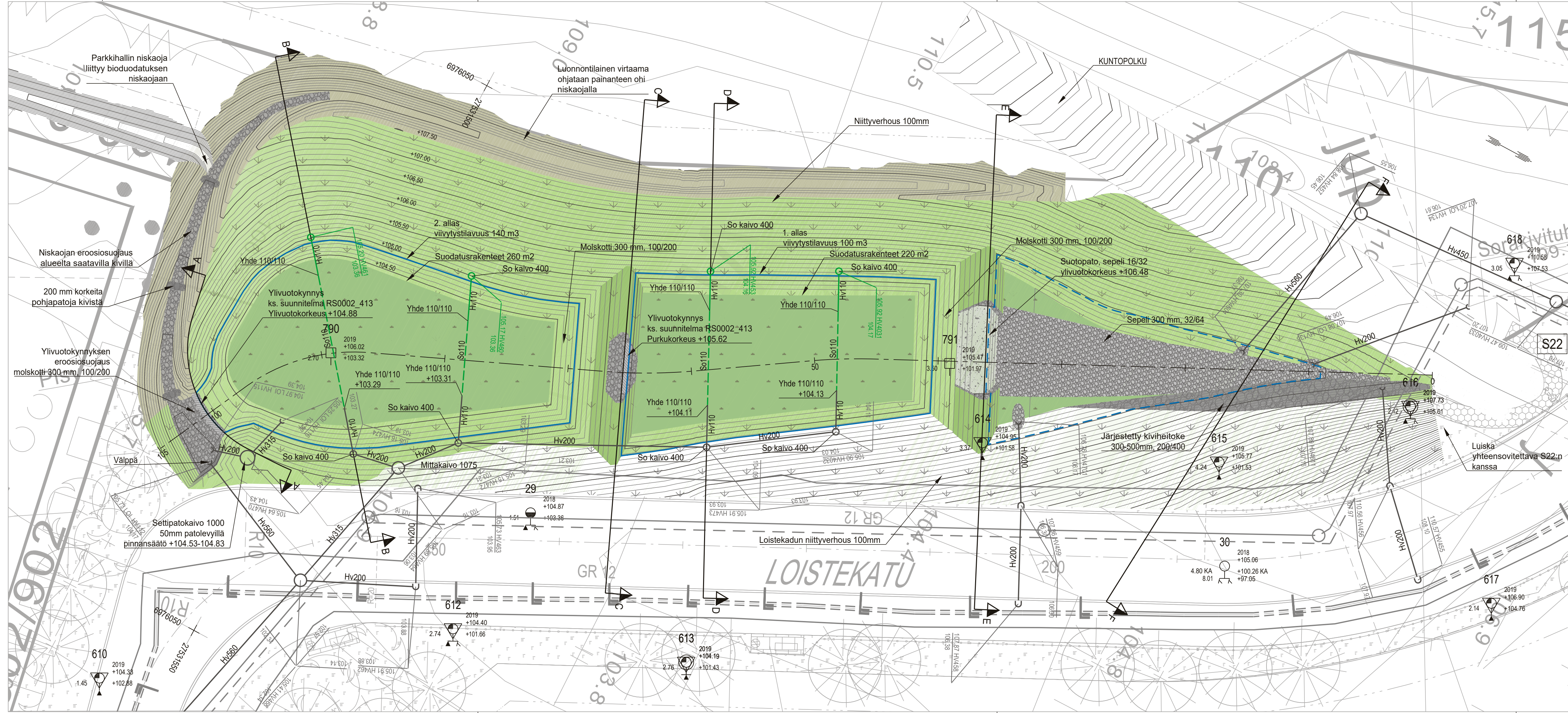




KORKEUSJÄRJESTELMÄ N2000  
KOORDINAATTIJÄRJESTELMÄ ETRS-GK27

C			
B			
A			
	MUUTOS/TÄYDENNYS	PÄIVÄYS	NIMI
Kohde		Piirustuksen sisältö	Mittakaava
NEULAMÄKI 26		ASEMAPIIRUSTUS	1:200
LOISTEKATU		1. VAIHE	
BIOSUODATUS		Piirustustyyppi	
		RAKENNUSSUUNNITELMA	
<b>KUOPIO</b> KAUPUNKISUUNNITTELUPALVELUT, KUNNALLISTEKNINEN SUUNNITTELU PL 1097 (SUOKATU 42), 70111 KUOPIO (017)182 111, www.kuopio.fi		Päiväys	09.12.2019
		Hyv.	A.RÄSÄNEN
		As.määrä	437/2018
		Projektitunnus	0002
		Suunn./Tark.	J.ESKELINEN
Piir.		Piir. nro	410
			
		Suunn. tark.	T.PULKKINEN
		Suunn.	A.RÄSÄNEN
		Suunn. aikainen turvallisuuskoordinaattori	K.KORHONEN
		Kons.tsto	PÖYRY_FINLAND_O
		Kons.tsto	PÖYRY_FINLAND_O
		Kons.tsto	PÖYRY_FINLAND_O





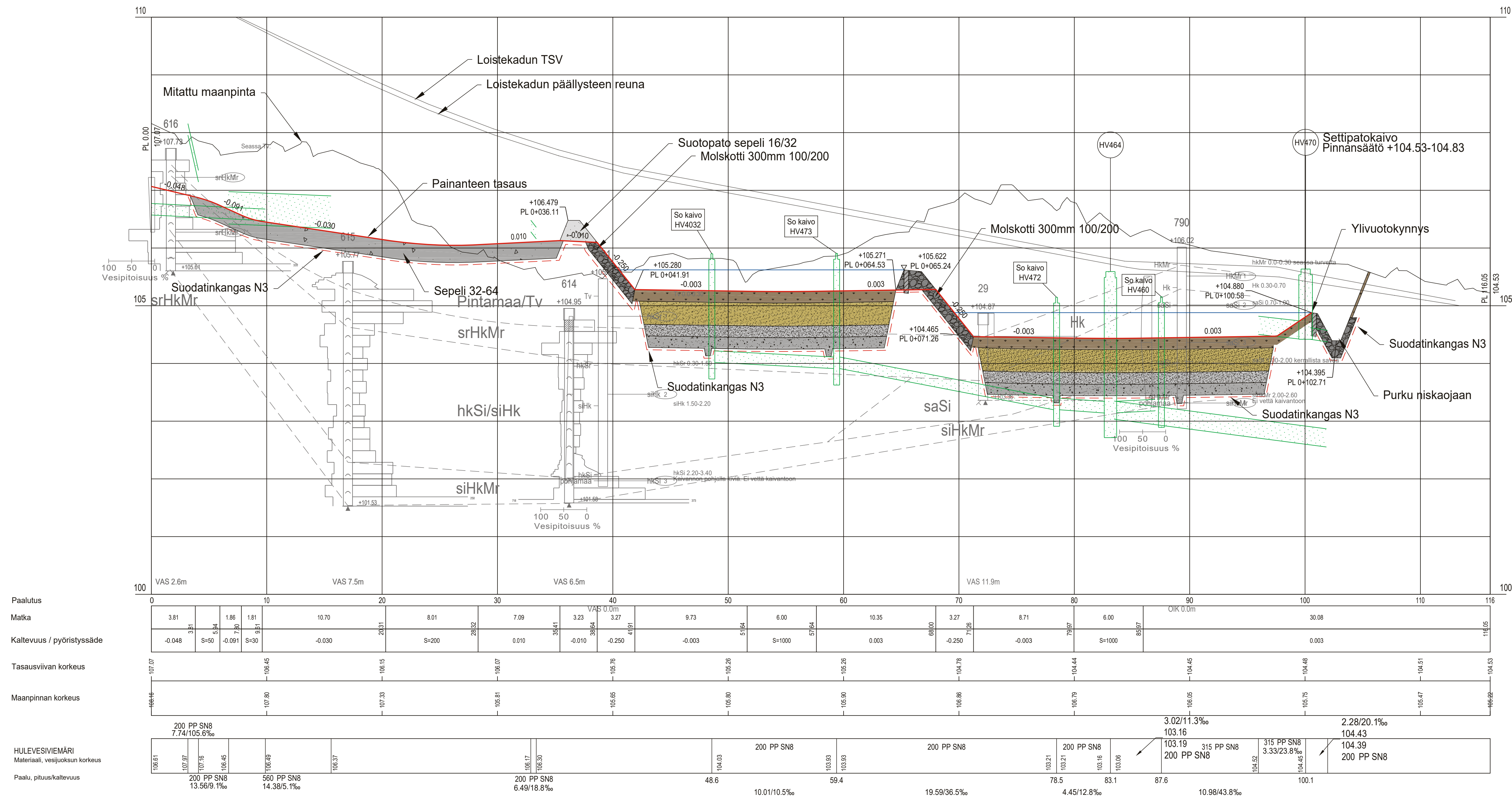
KORKEUSJÄRJESTELMÄ N2000  
KOORDINAATTIJÄRJESTELMÄ ETRS-GK27

C			
B			
A			
MUUTOS/TÄYDENNYS		PÄIVÄYS	NIMI
Kohde		Piirustuksen sisältö	Mittakaava
NEULAMÄKI 26		ASEMAPIIRUSTUS	1:200
LOISTEKATU		2. VAIHE	
BIOSUODATUS		Piirustuslaji	
		RAKENNUSSUUNNITELMA	
Päiväys		Suunn. alue	
Hyv.		As.nro	437/2018
Asemak. tark.		Projektitno	0002
Suunn./Tark.		Piir. nro	410
Piirt.			
Suunn. tark.		Kons.tsto	
T.PULKKINEN		PÖYRY_FINLAND_OY	
Suunn.		Kons.tsto	
A.RÄSÄNEN		PÖYRY_FINLAND_OY	
Suunn. aikainen turvallisuuskoordinaattori		Kons.tsto	
K.KORHONEN		PÖYRY_FINLAND_OY	

**SALLI.**  
Savilahti ALLIANSSI



PITUUSLEIKKAUS BIOSUODATUS:  
1:200/1:40



SUODATUSALAT  
Kasvukerros 200mm  
Suodatuskerros 400mm, Hk  
Siirtymäkerros 200mm, 2/8mm  
Salaojakerros 200mm, 8/16

Rakennekerrokset yhteensä 1000 mm

Suodatuskerrokseen valitaan nolla-aineeton suodatushiekka arvioimalla toimittajalta saatavia rakeisuuskäyriä ja vedenläpäisevyyksiköiden tuloksia.

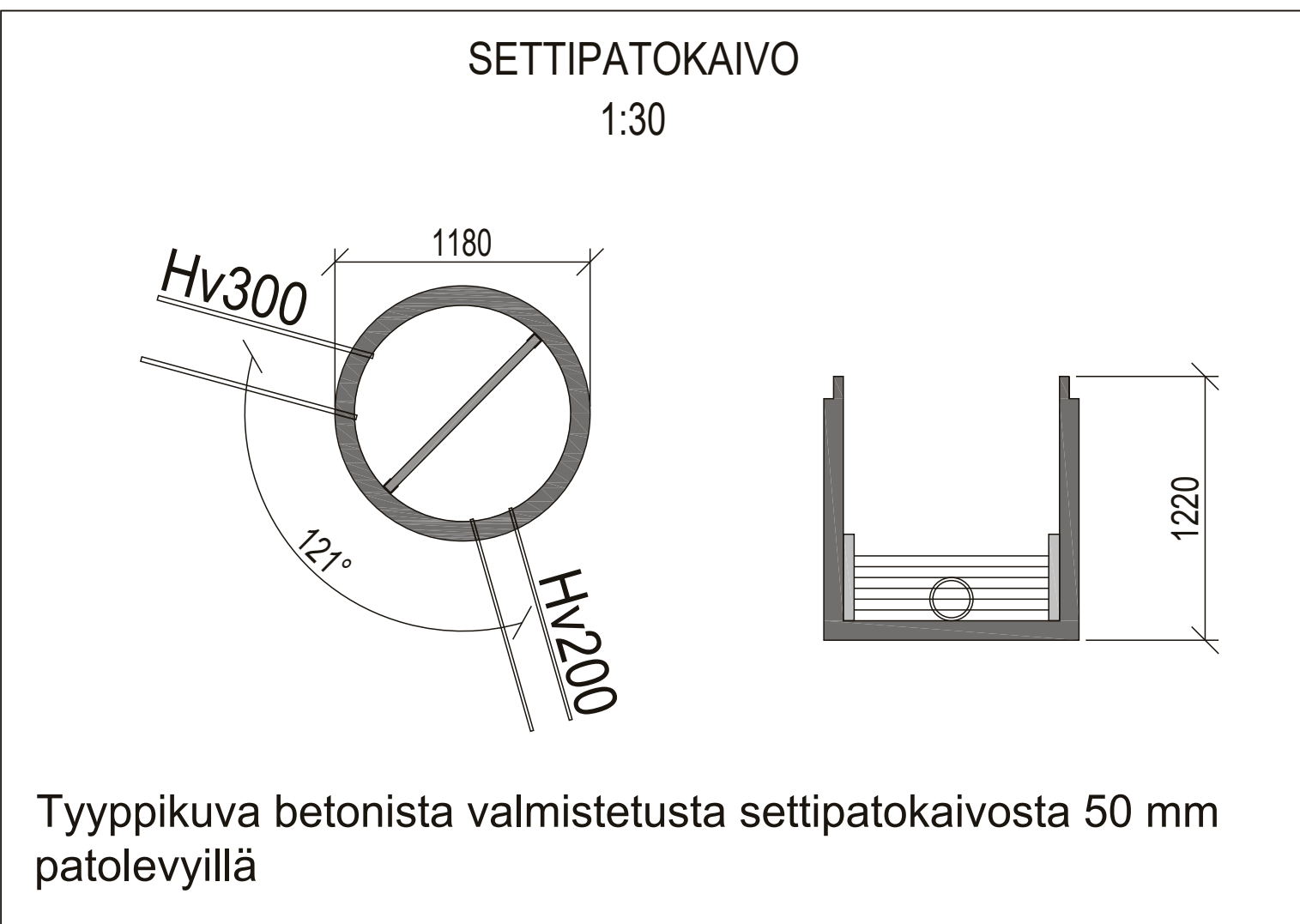
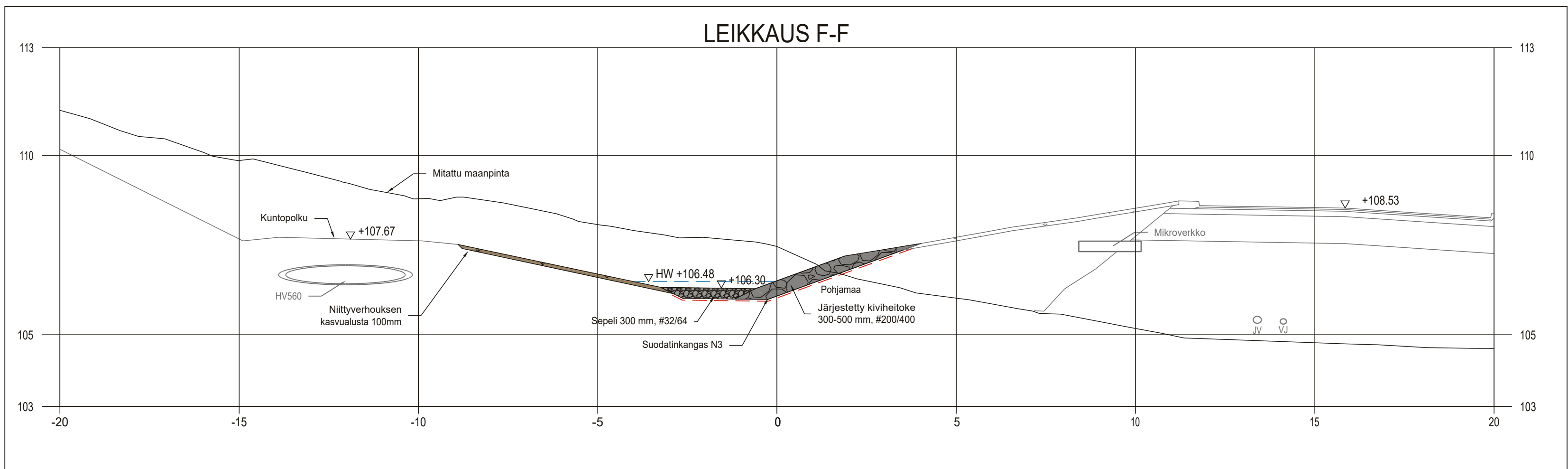
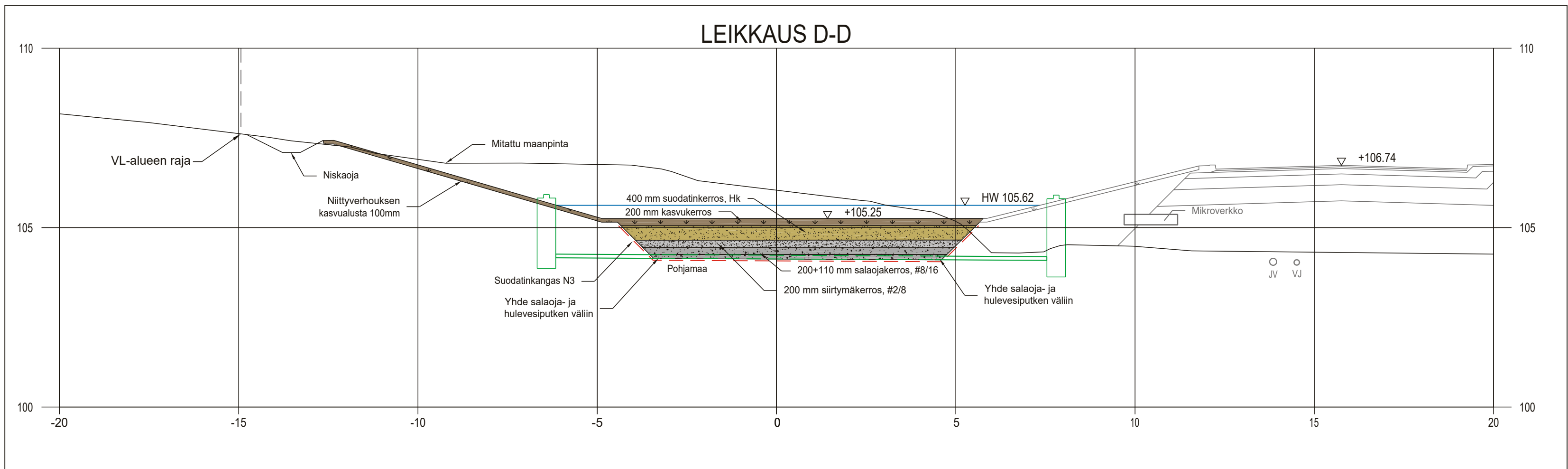
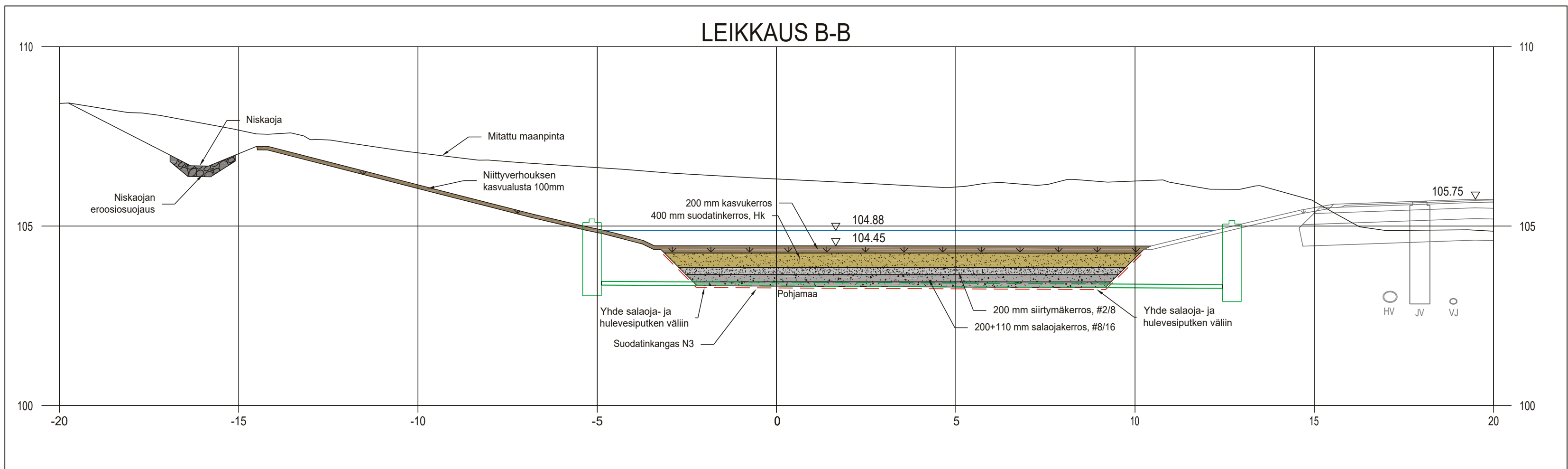
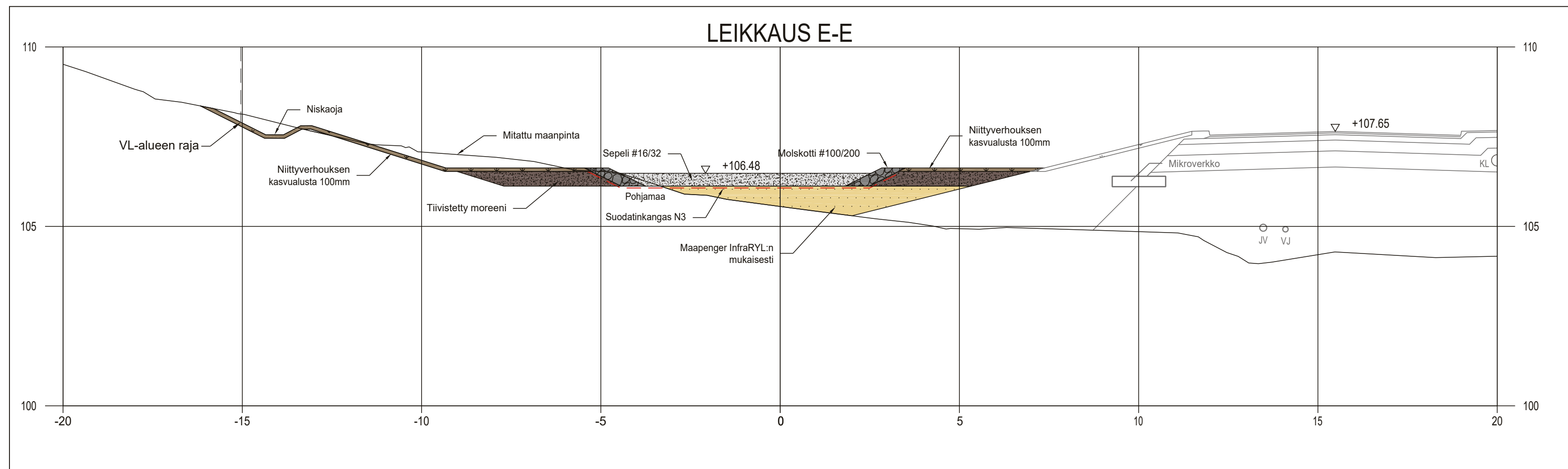
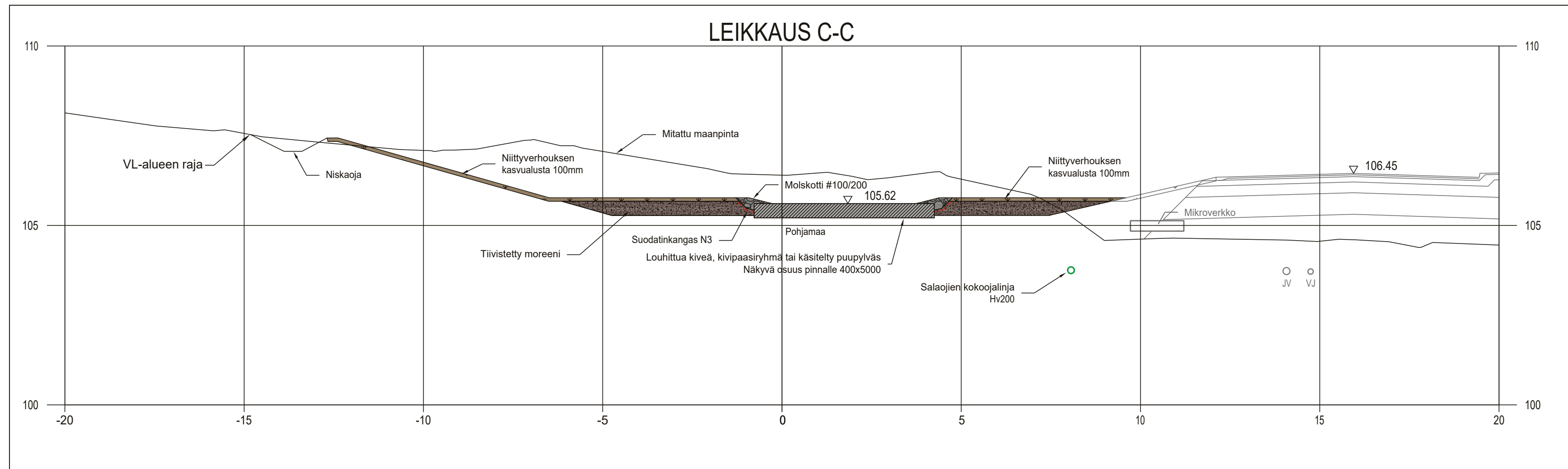
Painanteessa voidaan käsitellä rakentamistaiheen aikaisia hulevesiä.


Rakentamismääräyskokoelman 2019 mukaisesti painanteen pohjalle asennetaan suodatinkangas N3, jonka päälle vähintään 200 mm KaM 0/90 eroosiosuojaukseksi. Suotopato rakennetaan ensin 32/64 murskeesta ja uusitaan myöhemmin 16/32 murskeella.

Suodatuskerrosten rakentamisen jälkeen painanteeseen ei saa johtaa käsittelemättömiä rakentamisaikaisia hulevesiä.

KORKEUSJÄRJESTELMÄ N2000  
KOORDINAATTIJÄRJESTELMÄ ETRS-GK27

[illegible]



KORKEUSJÄRJESTELMÄ N2000 KOORDINAATTIJÄRJESTELMÄ ETRS-GK27			
C			
B			
A			
MIKOTOS/TÄYDENNYS		PÄIVÄYS	NIMI
Kohde NEULAMÄKI 26 LOISTEKATU BIOSUODATUS		Piirustuksen sisältö POIKKEILIEKKAUKSET 2. VAIHE	Mittakaava 1:100/1:100
		Piirustustajali RAKENNUSSUUNNITTELMÄ	
KUOPIO KAUPUNKISUUNNITTELUPALVELUT, KUNNALLISTEKNIKKEN SUUNNITTELU PL 1097 (SUOKATU 42), 70111 KUOPIO (017)182 111, www.kuopio.fi		Päiväys 09.12.2019 Hyl. A.RÄSÄNEN Asemak. tark. Suunn./Tark. J.ESKELINEN Pst.	Suunn. alue As.no 437/2018 Projektio 0002 Pili. nro 413
 Savilahti ALLIANSSI		Suunn. tark. T.PULKKINEN Suunn. A.RÄSÄNEN Suunn./tarkennus/koordinaattori K.KORHONEN	Korte 1330 POYRY, FINLAND_OY Korte 1330 POYRY, FINLAND_OY Korte 1330 POYRY, FINLAND_OY