

BIOHIILI BIOPIDÄTYSALUEESSA JA KANTAVASSA
KASVUALUSTASSA



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Lepaa, maisemasuunnittelun koulutusohjelma

syksy, 2017

Hanna Myllylä

Maisemasuunnittelun koulutusohjelma
Lepaa

Tekijä	Hanna Myllylä	Vuosi 2017
Työn nimi	Biohiili biopidätysalueessa ja kantavassa kasvualustassa	
Työn ohjaaja	Kirsi Mäkinen, Hämeen ammattikorkeakoulu	

TIIVISTELMÄ

Pyrolyysillä valmistettavalla biohiilellä on tehokkaampi veden- ja ravinteidenpidätyskyky sekä hitaampi hajoamisprosessi kuin tavanomaisella kasvualustalla. Biohiili tarjoaa elinympäristön mikrobeille, bakteereille ja mykorritsasielulle. Sillä on myös kyky varastoida itseensä haitta-aineita ja raskasmetalleja. Suomessa biohiilen käyttö maanparannusaineena on vielä hyvin vähäistä.

Tämä opinnäytetyö tehtiin Ramboll Finland Oy:n maisemayksikössä. Opinnäytetyön tavoitteena oli tutustua biohiileen sekä tutkia Tukholmassa rakennettujen biopidätysalueiden ja kantavien kasvualustojen rakennussuunnitelmia. Niitä soveltaen laadittiin rakennussuunnitelmat Espoon kaupungin sekä Jyväskylän kaupungin pilotihankkeiden yhteyteen hulevesien määrällisen ja laadullisen hallinnan näkökulmasta.

Jyväskylän Green Street -hankkeen osana suunniteltiin tämän opinnäytetyön puitteissa biohiilipitoinen kantava kasvualusta. Lisäksi osana suurempaa Espoon Niittykummun alueen rakennussuunnittelua suunniteltiin neljä biopidätysaluetta sekä yksi viivytyspainanne, joissa tarkoituksena on pilotoida biohiilen toimintaa hulevesien puhdistuksessa. Tässä opinnäytetyössä laadittiin myös seurantaohjeistus opinnäytetyössä suunniteltujen biohiilirakenteiden toiminnalle.

Biohiilen ominaisuuksia on tutkittu laajalti, mutta tutkimukset painottuivat laboratorio-oloihin, trooppiseen ympäristöön tai maatalouteen. Biohiilen hyötyjä ja haittoja tulisi testata lisää viherrakentamisen kentällä. Koska biohiili hajoaa erittäin hitaasti, etenkin pitkäaikaista biohiilirakenteen seurantaa tulisi tehdä.

Avainsanat biohiili, kantava kasvualusta, biopidätysalue, hulevesi

Sivut 66 sivua, joista liitteitä 5 sivua

Landscape design
 Lepaa

Author	Hanna Myllylä	Year 2017
Subject	Biochar in the bioretention field and in the structured soil	
Supervisor	Kirsi Mäkinen, Hämeen ammattikorkeakoulu	

ABSTRACT

Biochar has more efficient water and nutrient retention ability and slower decomposition process than a regular substrate. The density of the biochar offers good conditions for the microbes, bacteria and mycorrhiza fungi of the soil. Biochar has also the ability to absorb contaminants and heavy metals.

The use of biochar as a soil enrichment is still experimental in Finland. From the perspective of managing the amount and quality of stormwater the City of Espoo and the City of Jyväskylä became interested in piloting biochar in the structured soils and bioretention fields.

This thesis was made in the landscape unit of Ramboll Finland Oy. The aim of this thesis was to study the specification of the biochar and apply biochar practices used by the City of Stockholm in to the structured soil and bioretention structures of Espoo and Jyväskylä.

Another aim of this thesis was to create short directions for the follow-up study of the structural soil and bioretention structures planned in this thesis. The actual follow-up study is not included in this thesis.

The specification of biochar have been studied widely but most of them in laboratory conditions, in tropical environment or related to agriculture. The studies of biochar in the actual field of landscaping and long term field research are important to continue and increase.

Keywords biochar, structured soil, bioretention field, stormwater

Pages 66 pages including appendices 5 pages

SANASTO

Bentoniitti	Luonnon savimineraali
Bentoniittimatto	Geokomposiitti, joka on valmistettu geotekstiileistä ja bentoniittisavesta, joka kastuessaan paisuu ja muuttuu paineen alla vettä läpäisemättömäksi
Biohiili	Pyrolyysillä biomassassa valmistettu huokoinen aine
Biopidätysalue	Kasvillisuuspeitteinen hulevesiä viivyttävä painanne
Hiilinielu	Prosessi, jossa hiiltä sitoutuu maaperään, meriin ja kasvillisuuteen
Hulevesi	Sadevedet ja lumensulamisvedet
Kantava kasvualusta	Karkean kiviaineksen ja kasvualustan seos, jota käytetään esim. katupuiden kasvualustana
Kationinvaihtokapasiteetti	(Cation exchange capacity) kuvaa materiaalin kykyä sitoa itseensä positiivisesti varautuneita ravinneioneja
Maanparannusaine	Aine tai aines, jolla voidaan parantaa maan rakennetta, vähentää happamuutta ja lisätä eloperäisen aineksen määrää
Mykorritsa	Sienijuuri, kasvin juuren ja sienien välinen molempia osapuolia hyödyttävä symbioosi
Orgaaninen aines	Eloperäinen aines
PAH-yhdisteet	Polysykliset aromaattiset hiilivedyt, syntyvät epätäydellisen palamisen seurauksena fossiilisia polttoaineita poltettaessa
pH	Happamuutta kuvaava arvo, joka riippuu aineessa olevien vapaiden positiivisten vety-ionien määrästä
Pyrolyysi	Kuivatusmenetelmä, valmistusmenetelmä, jossa biomassan eloperäiset ainesosat hajotetaan vähähappisessa tilassa, 350 °C - 1000 °C lämpötilassa
Valuma-alue	Harjanteiden rajaama alue, jolle satavat sadevedet valuvat selänteiltä valuma-alueen alavimpaan kohtaan

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
1.1	Opinnäytetyön tausta ja tavoite.....	6
1.2	Opinnäytetyön rajaukset.....	6
1.3	Toteutusmenetelmät.....	8
1.4	Ramboll Finland Oy.....	8
2	BIOHIILI.....	9
2.1	Biohiilestä yleisesti.....	9
2.2	Mitä on biohiili?.....	10
2.3	Biohiilen valmistus.....	11
2.4	Terra Preta, Amazonin musta maa.....	12
2.5	Biohiilen hyödyt.....	13
3	KASVUALUSTA JA BIOHIILI.....	14
3.1	Orgaaninen aines.....	16
3.2	Saves.....	16
3.3	Kasvualustan ominaisuudet.....	16
3.3.1	Kasvualustan fysikaaliset ominaisuudet.....	17
3.3.2	Biohiilen fysikaaliset ominaisuudet ja vaikutus kasvualustaan.....	18
3.3.3	Kasvualustan kemialliset ominaisuudet.....	20
3.3.4	Biohiilen kemialliset ominaisuudet ja niiden vaikutus kasvualustaan ..	22
3.3.5	Kasvualustan biologiset ominaisuudet.....	23
3.3.6	Biohiilen biologiset ominaisuudet.....	25
3.4	Biohiilen terveellisyys ja haitat.....	25
3.5	Aiempiä tutkimuksia Suomessa.....	26
3.6	Tukholman kaupungin käytännönkokemuksia biohiilestä.....	28
4	BIOHIILI KANTAVASSA KASVUALUSTASSA.....	29
4.1	Kantavan kasvualustan peruseriaate.....	30
4.2	Tukholman esimerkki 1: Kantava kasvualusta Nybrogatanilla.....	31
4.3	Tukholman esimerkki 2: Kantava kasvualusta Valhallavägenillä.....	32
4.4	Case: Green Street, Jyväskylä.....	33
4.4.1	Hankkeen esittely ja tavoite.....	33
4.4.2	Puutarhakadun kantavan kasvualustan biohiiliratkaisu.....	35
5	BIOHIILI HULEVESIRAKENTEES SA.....	38
5.1	Biopidätys yhtenä hulevesien hallintakeinona.....	38
5.2	Biopidätysalueen perustoimintaperiaate.....	39
5.3	Tukholman esimerkki 3: Hulevesien imeytysalue Pilgatanilla.....	39
5.4	Biohiilen pilotointi biopidätysalueessa, Case: Niittykumpu.....	41
5.4.1	Hankkeen esittely ja tavoite.....	41
5.4.2	Merituulentien biopidätysalueet.....	42
5.4.3	Biopidätysalueissa käytetyt kasvilajit.....	44
5.4.4	Biopidätysalue 1.....	46
5.4.5	Biopidätysalue 2.....	48

5.4.6	Biopidätysalue 3	49
5.4.7	Biopidätysalue 4	51
5.4.8	Nurmipintainen viivytysohje.....	51
6	BIOHIILIRAKENTEEN SEURANTAOHJEISTUS	52
6.1	Kantavan kasvualustan seurantaohje	52
6.1.1	Näytteenotto	53
6.1.2	Kasvillisuuden seuraaminen.....	53
6.2	Biopidätysalueen seurantaohje	53
6.2.1	Näytteenotto	54
6.2.2	Kasvillisuuden seuraaminen.....	54
7	JOHTOPÄÄTÖKSET	55
	LÄHTEET.....	57

Liitteet

Liite 1	Merituulentie biopidätysalue 1
Liite 2	Merituulentie biopidätysalue 2
Liite 3	Merituulentie biopidätysalue 3
Liite 4	Merituulentie biopidätysalue 4
Liite 5	Merituulentie viivytysohje 5

1 JOHDANTO

1.1 Opinnäytetyön tausta ja tavoite

Hulevesien hallinta, hiilidioksidipäästöt, ravinnepäästöt ja vesistöjen rehevöityminen sekä rakennetun ympäristön ääriolosuhteet kasvillisuudelle ovat haasteita, joihin on alettu etsiä ratkaisua biohiilen huokoisesta rakenteesta ja muista sen ominaisuuksista. Biohiilestä on tehty useita tutkimuksia ja tutkimukset jatkuvat edelleen. Siitä on kehitetty tuotteita, joita markkinoidaan kuluttajille, päättäjille ja konsulteille. Viherrakentamisessa biohiiltä on käytetty muun muassa Tukholmassa, jossa katupuiden kasvuympäristöstä on tavoiteltu biohiilen avulla luonnollista tilaa.

Suomessa biohiilen käyttö maanparannusaineena ja viherrakentamisessa on vielä hyvin vähäistä ja koeluontoista, mutta kiinnostus biohiileen on kasvanut. Espoon kaupunki ja Jyväskylän kaupunki ovat kiinnostuneet pilotoimaan biohiilirakennetta hulevesien määrällisen ja laadullisen hallinnan näkökulmasta, mutta myös katualueen kasvillisuuden menestymis- ja ylläpitoonäkökuilista.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on tutustua biohiileen ja sen ominaisuuksiin sekä lyhyesti biohiilen valmistusprosessiin ja historiaan. Tavoitteena on yhteensovittaa Tukholman kaupungin biohiilipitoisten kantavien kasvualustojen ja hulevesiratkaisujen biohiilirakenne Suomessa perinteisellä tavalla rakennettuihin kantavien kasvualustojen ja biopidätysalueen rakenneratkaisuihin. Hyvä esimerkki perinteisestä kantavan kasvualustan rakenteesta löytyy julkaisusta *InfraRYL 2010 Osa 1 Väylät ja alueet* kohdasta 23113 *Kantavat kasvualustat*, jota on sovellettu hankekohtaisesti.

Tämän opinnäytetyön lopputuotteena ovat biohiilipitoisen kantavan kasvualustan rakennussuunnitelmat Jyväskylän kaupungin biohiilipilottia varten Jyväskylän Puutarhakadulle sekä biohiilipitoisen biopidätysalueen rakenteen rakennussuunnitelmat Espoon Merituulentielle biohiilipilottia varten.

1.2 Opinnäytetyön rajaukset

Tässä opinnäytetyössä keskitytään kantavan kasvualustan ja biopidätysalueen ratkaisuihin. Kantavan kasvualustan rakennussuunnitelmat sopivat Jyväskylän Puutarhakadun ratkaisuun, mutta ne eivät välttämättä sovellu sellaisenaan kaikkialle kantavan kasvualustan rakenteeksi.

Biohiili-luvussa kerrotaan aluksi hieman biohiilestä yleisellä tasolla. Lisäksi käydään läpi, mitä biohiili on ja mitä se ei ole, miten sitä valmistetaan,

sekä tarkastellaan vielä lyhyesti biohiilen historiaan Brasilian Amazonilla. Luvun loppuksi ja johdantona seuraavaan lukuun luetellaan, mitä hyötyjä biohiili tuo kasvualustaan ja mitä muita hyötyjä biohiilen käyttö tuo tullessaan.

Seuraavassa luvussa nimeltä *Kasvualusta ja biohiili*, käydään läpi kasvualustan määritelmä ja mitä orgaaninen aines on. Lisäksi kerrotaan kasvualustan fysikaalisia, kemiallisia ja biologisia ominaisuuksia ja peilataan niihin biohiilen ominaisuuksia. Sen jälkeen vielä avataan muutamia Suomessa tehtyjä biohiilitutkimuksia ja Tukholman kaupungin käytännön kokemuksia biohiilestä.

Biohiili kantavassa kasvualustassa -luvussa käydään läpi kantavan kasvualustan peruseräite. Sen jälkeen esitellään kaksi esimerkkiä biohiilipitoisesta kantavasta kasvualustasta Tukholmasta. Lopuksi esitellään Jyväskylän Puutarhakatu, johon biohiilipitoinen kantava kasvualusta pilotti on tarkoitus rakentaa sekä biohiilipitoinen kantavan kasvualustan rakenneratkaisu.

Biohiili biopidätysalueessa -luvussa esitellään biopidätys yhtenä hulevesien hallintakeinona ja käydään läpi biopidätysalueen toimintaperiaate. Sen jälkeen esitellään esimerkkipohde Tukholman kaupungin biohiilipitoisesta hulevesiratkaisusta. Lopuksi esitellään Espoon Merituulentie, johon biopidätysalue-pilotti on tarkoitus rakentaa sekä biopidätysalueen rakenneratkaisu.

Tästä opinnäytetyöstä on rajattu ulos viherkatot ja muuta viherrakenteet, joissa biohiiltä voitaisiin käyttää, sillä opinnäytetyöstä olisi muutoin tullut liian laaja.

Tässä opinnäytetyössä biohiilipitoisen kantavan kasvualustan sekä biopidätysalueen rakenteiden seuranta varten laaditaan seurantaohjeistus, jossa luetellaan muutama rakenteiden seurantatapa. Varsinaista seurantasuunnitelmaa tässä opinnäytetyössä ei laadita, vaan se jää jatkotyöstettäväksi. Myöskään pilottirakenteiden seurantatutkimusta ei tämän opinnäytetyön aikana tehdä.

Haasteena tässä opinnäytetyössä on hyvin laaja tutkimustieto biohiilestä. Toinen haaste on se, että joissakin lähteissä saatetaan käyttää virheellistä termiä biohiili, vaikka kyseessä ei ole virallisen sertifikaatin määritelmän täyttävä materiaali, vaan jokin muu.

Saattaa myös olla, että Jyväskylän Puutarhakadun biohiilipitoisen kantavan kasvualustan rakennussuunnitelmat eivät ehdi valmistua tämän opinnäytetyöprosessin aikana, jolloin opinnäytetyössä esitellään vain siihen asti aikaan saatu aineisto.

1.3 Toteutusmenetelmät

Biohiilen ominaisuuksiin, hyötyihin ja käyttöön tutustutaan siitä tehtyihin kansainvälisiin tutkimuksiin. Lisäksi tutustutaan Tukholman kaupungin käytännön kokemuksiin biohiilen käytöstä kantavissa kasvualustoissa ja hulevesiratkaisuissa tutkimalla dokumentoitua aineistoa, sekä tekemällä tutustumiskäynti muutamassa Tukholman kaupungin rakentamassa tai rakenteilla olevassa biohiilikohteessa. Biohiilen ominaisuuksia peilataan kasvualustan ominaisuuksiin sekä verrataan turpeen ominaisuuksiin.

Tukholman kaupungin biohiilipitoisten kantavien kasvualustojen ja hulevesiratkaisujen rakennussuunnitelmia tutkitaan ja verrataan sekä Suomessa perinteisiä kantavan kasvualustan ja biopidätysalueen ratkaisuja soveltamalla suunnitellaan biohiilipitoinen kantava kasvualustarakenne sekä biohiilipitoinen biopidätysalueenrakenne.

Jyväskylän kaupungin ja Espoon kaupungin biohiilipilottien tavoitteita selvitetään haastattelemalla lyhyellä sähköpostihaastattelulla Espoon kaupungin sekä Jyväskylän kaupungin edustajia.

1.4 Ramboll Finland Oy

Ramboll on kansainvälinen suunnittelu- ja konsultointialanyritys, joka tarjoaa infrastruktuurin, ympäristön ja rakennusten suunnitteluun, rakennuttamiseen, rakentamiseen ja ylläpitoon sekä johdon konsultointiin liittyviä asiantuntijapalveluita.

Tämä opinnäytetyö tehdään Ramboll Finland Oy:n maisemayksikölle, joka tekee kartoituksia ja selvityksiä, strategista suunnittelua, maiseman yleis- ja toteutussuunnittelua, vihervarvontaa sekä visualisointia.

Tyypillisimpiä yleis- ja toteutussuunnittelutehtäviä ovat mm. asemakaavoitustyön rinnalla tehtävät katu- ja kunnallistekniikan yleissuunnitelmat sisältäen maisemasuunnittelun, aluekeskuksiin liittyvät suunnitelmat, lukuisia katuja ja useita puistoja käsittävät nykyisten asuinalueiden täydennysrakentamis- ja katujen perusrantamishankkeet. Lähes jokaiseen projektiin liittyy lisäksi hulevesien kokonaisvaltainen hallinta sisältäen perinteisen pintojen kuivatuksen ja tulvareittien lisäksi vesien viivyttämiseen, imeyttämiseen ja puhdistukseen liittyviä rakenteita maan alla sekä maanpinnalla. (Ramboll 2017b.)

2 BIOHIILI

2.1 Biohiilestä yleisesti

Biohiiltä koskevia tutkimuksia on tehty valtavan suuri määrä. Etenkin viimeisen kymmenen vuoden aikana aiheesta on kiinnostuttu yhä enemmän. Biohiileen liittyen on perustettu useita kansainvälisiä tutkimusryhmiä ja -yhteisöjä, jotka koostuvat yliopistojen professoreista, eri alojen asiantuntijoista ja tutkijoista. Näistä mainittakoon The Biochar Journal, International Biochar Initiative IBI, European Biochar Research Network ja AgriChar Research Group of University of Helsinki. Nämä tutkimusyhteisöt ja -verkostot julkaisevat jatkuvasti uusia tutkimustuloksia verkkosivuillaan. Myös Suomessa on tutkittu biohiiltä. Näistä tutkimuksista kerrotaan kappaleessa 3.6.

Biohiili-termi on joissakin yhteyksissä sekoitettu muihin hiilen muotoihin, joten tärkeää on ymmärtää, mitä biohiili todellisuudessa on (European Biochar Foundation 2012).

Biohiili ei ole uusi materiaali. Sitä käytetään maataloudessa, maanparannusaineena, rakennusaineena, vesistöjen ja maaperän puhdistuksessa, energiantuotannossa, juoma- ja jäteveden puhdistuksessa, kosmetiikassa, maaleissa ja väriaineena, elektroniikassa, ruuanvalmistuksessa, maanparannusaineena, tekstiileissä, lääkeaineissa jne. (Schmidt & Wilson 2014.)

Suomessa biohiilen käyttö maanparannusaineena ja viherrakentamisessa on kuitenkin vielä hyvin vähäistä ja koeluentoista. Suomessa biohiiltä valmistavat ainakin Pajupojat Oy ja RPK Hiili Oy. Vuonna 2013 Biolan lanseerasi biohiiltä sisältävän kasvualustatuotteen. (Vuori & Kangas n.d.) Nykyisin tuote tunnetaan nimellä Istutusmulta. (Biolan Oy n.d.)

Maatalous, teollisuus ja energiantuotanto ovat tunnetusti johtaneet maapalloa lämmittävien kasvihuonekaasujen määrän lisääntymiseen ilmakehässä. Kasvihuonekaasuista merkittävimmät ovat hiilidioksidi ja metaani. Hiili, kuten muutkin aineet, kiertävät luontaisesti ilmakehän, maaperän ja merien välillä. Prosessia, joissa hiiltä sitoutuu, kutsutaan hiilinieluksi. Maaperään, meriin ja kasvillisuuteen on sitoutunut huomattavia määriä hiiltä. Kasveihin sitoutuu hiiltä yhteyttämisprosessissa. Ihmisen toiminnan seurauksena hiilinielut vähenevät ja ilmakehään päätyy ”ylimääräistä” hiiltä, josta ilmastonmuutos olennaisesti johtuu. (Ilmasto.org n.d.)

Biohiilen käyttöön on jo asetettu suuria yhteiskunnallisia odotuksia, koska sillä on potentiaalia sitoa hiiltä ilmakehästä ja siten vähentää ilmastonmuutoksen vaikutuksia. Biohiilen avulla voitaisiin myös tehostaa kehitysmaiden ruuantuotantoa. Biohiilen käytöstä ja sijoittamisesta maailmalla on tehty myös strategiatasoisia suunnitelmia. (Draper 2014.)

Biohiili vetää vertyä turpeelle, jonka kaivua ja käyttöä tulisi vähentää. Turve on verrattavissa uusiutumattomiin raaka-aineisiin, sillä jääkauden jälkeen turvetta on muodostunut soillemme vain keskimäärin alle 1 mm vuodessa. Lisäksi turpeennostossa vapautuu ravinteita, rautaa ja kiintoainesta, jotka kulkeutuvat vesistöihin ja nopeuttavat niiden rehevöitymistä. Biohiilestä on etsitty korvaajaa turpeelle viherrakentamisessa. (Hannonen n.d.)

2.2 Mitä on biohiili?

Eurooppalaisen biohiilisertifikaatin (European Biochar Certificate) mukaan biohiiltä valmistetaan biomassasta esimerkiksi puusta, biohajoavasta kotitalousjätteestä, puutarhajätteestä, lannasta sekä raakapuuvillatekstiileistä. Valmistusmenetelmää kutsutaan pyrolyysiksi, eli kuivatislaukseksi, jossa biomassan eloperäiset ainesosat hajotetaan vähähappisessa tilassa, 350 °C - 1000 °C lämpötilassa. Sertifikaatin mukaan biohiilellä on myös ympäristön kannalta kestävä tuotantoprosessi sekä kestävä laatu- ja käyttöominaisuudet. (European Biochar Certificate 2012, European Biochar Certificate 2013.)



Kuva 1. Biohiilipaloja raakamateriaalina paju. (Hanna Myllylä 2017)

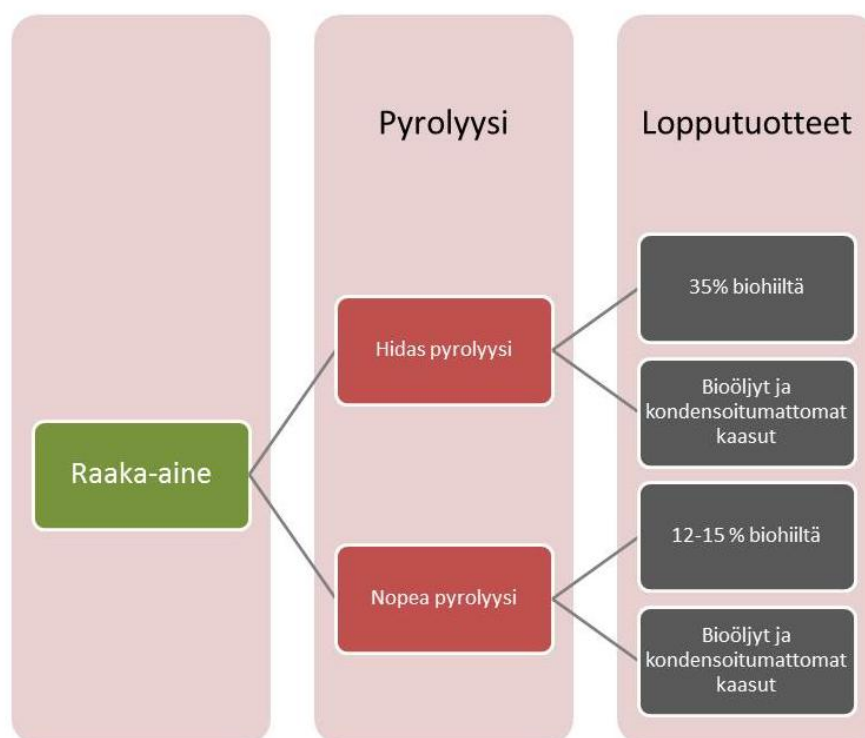
2.3 Biohiilen valmistus

Biohiiltä ei tule sekoittaa puuhiileen (grillihilli, charcoal), joka on oikeastaan vasta yksi biohiilen raaka-aineista. Puuhiilen valmistuslämpötila on matalampi kuin biohiilellä. Lisäksi biohiilen ero puuhiileen on selitetty myös sillä, että biohiiltä tuotetaan tavoitteena lisätä sitä maaperään maanparannusaineeksi, hiilinieluksi tai parantaa maaperän sadeveden suodatus- ja pidätysominaisuuksia, kun taas puuhiiltä valmistetaan lähinnä energiantuotannollisista syistä. (Lehmann & Joseph 2009.)

Biohiiltä ei tule myöskään sekoittaa aktiivihiiileen (activated carbon), joka on erilaisilla tekniikoilla valmistettua erityisen puhdasta hiiltä, jota käytetään etenkin lääkkeenä ja teollisuudessa suodatusrakenteissa. (Lehmann & Joseph 2009.)

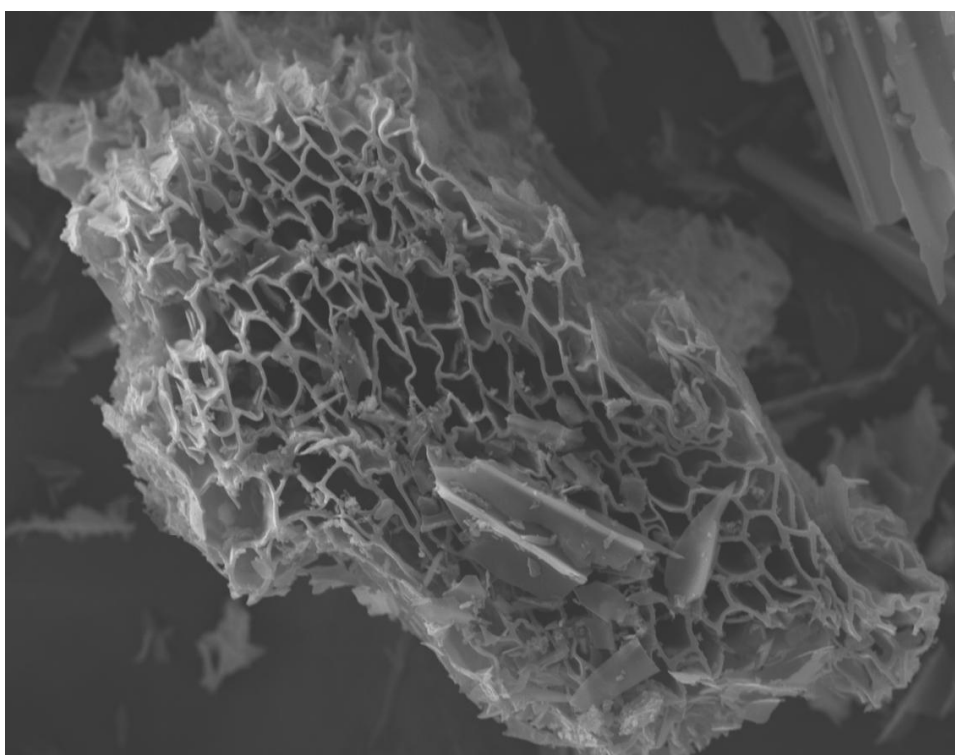
Torrefioitu biomassa (torrefaction biomass) taas on biohiilen valmistusta matalammassa lämpötilassa ja hapettomassa olosuhteissa paahdettu sekä energiakäyttöön tarkoitettu materiaali, josta tehdään esimerkiksi puuhiilipellettejä. (BTG 2017.)

Pyrolyysimenetelmiä on kaksi; hidas pyrolyysi, jossa lopputuotteena on noin 35 % biohiiltä, sekä nopea pyrolyysi, jossa lopputuotteena saadaan noin 12–15 % biohiiltä. Muita pyrolyysin lopputuotteita ovat bioöljyt ja kondensoitumattomat kaasut. Tästä voidaan huomata, että nopeassa pyrolyysissä hiilen saanto on huomattavasti alhaisempi kuin hitaassa pyrolyysissä. (Kujala 2012, 16 – 20.)



Kuva 2. Biohiilen valmistuskaavio (Kujala 2012, 16, 20; soveltanut Hanna Myllylä)

Lopputuotteena saatava biohiili on kutistunut versio alkuperäisestä biomassasta, jossa on enää vain hyvin vähän happea ja kosteutta jäljellä. Lisäksi biomassan ligniini, selluloosa ja hemiselluloosa ovat muuttuneet tässä prosessissa erilaisiksi hiilen kemiallisiksi muodoiksi, allotroopeiksi. Nämä ovat hyvin vahvoja komponentteja, joiden hajottamiseen mikrobeilla kuluu pitkä aika. Biohiili on muuttunut orgaanisesta aineksesta enemmän mineraalin kaltaiseksi ja on kemialliselta rakenteeltaan monimutkainen. Pyrolyysin nopeus ja lämpötila vaikuttavat siihen, onko biohiilessä enemmän orgaanista ainetta vai mineraalista ainetta. Mikroskoopilla katsottuna biohiilen luurankomainen rakenne muistuttaa hieman huokoista pesusientä (Kuva 2). (Wilson 2014.)



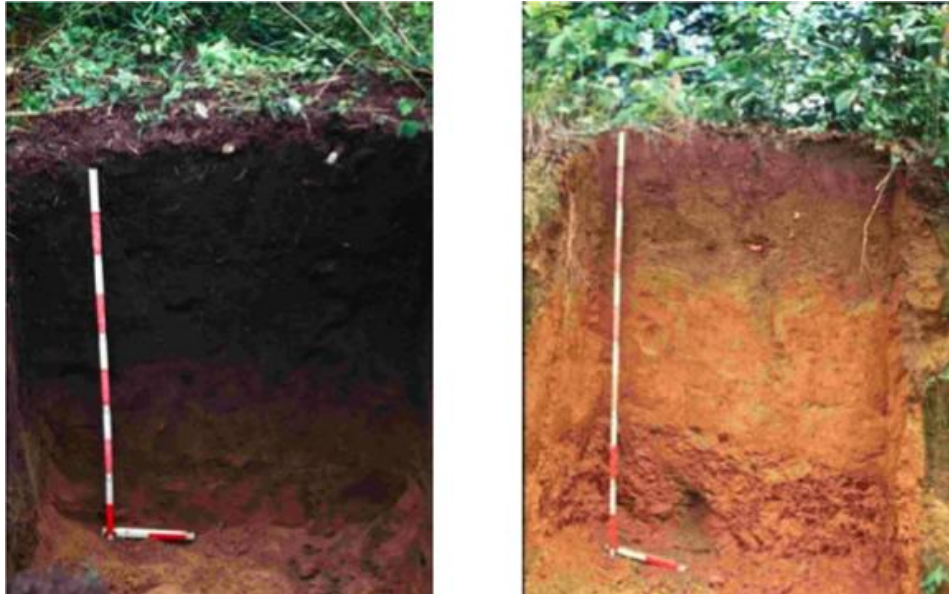
Kuva 3. Mikroskoopissa biohiilen rakenne muistuttaa pesusientä. (Wilson 2014.)

2.4 Terra Preta, Amazonin musta maa

Biohiilitekniikkaa on käytetty jo yli 2500 vuotta sitten Amazonilla Brasiliassa. Tätä Amazonin ravinteikasta mustaa maata kutsutaan nimellä Terra Preta. Terra Pretaa on tutkittu monilla eri tutkimusmenetelmillä ja sen on todettu sisältävän laajan kirjon eloperäistä jätettä biohiilen lisäksi mm. luita, jälkiä kanan ja ihmisen ulosteista, savikeramiikkaa ja tuhkaa. Nämä ainekset ovat tehneet maaperästä erittäin humuspitoisen. Tutkijat ovat kuitenkin päätelleet, että juuri biohiili on vastaus Amazonin

ravinteikkaan maan salaisuuteen johtuen sen kyvystä pidättää vettä ja ravinteita. (Schmidt 2014.)

Paikalliset intiaanit levittivät biohiiltä maaperään 1 - 80 hehtaarin kokoisille alueille, joilla maa on pysynyt ravinteikkaana tähän päivään asti kokonaan ilman lisättyjä ravinteita tai hyvin vähäisillä määrillä lisäravinteita. (Schmidt 2014.)



Kuva 4. Amazonin Terra Preta vasemmalla ja oikealla Amazonin tavanomainen kasvialusta. (Schmidt 2014.)

2.5 Biohiilen hyödyt

Biohiilellä on samanlaisia ominaisuuksia kuin tavanomaisellakin kasvialustalla, kuten puutarhamullalla. Biohiilellä on kuitenkin tehokkaampi vedenimukyky ja hitaampi hajoamisprosessi, joiden ansiosta sitä voidaan käyttää maanparannusaineen tavoin.

Biohiili maanparannusaineena:

- parantaa kasvialustan veden- ja ravinteidenpidätyskykyä
- pitää kasvialustan kosteana ja ilmavana, jolloin mikrobiologinen toiminta tehostuu.
- edesauttaa ja nopeuttaa kasvialustan eloperäisen aineksen hajoamista ja pilkkoo ravinteita takaisin ravinnekiertoon.
- edistää kasvien kasvua.
- parantaa kationinvaihtokapasiteettia ja kasvin suolankestävyyttä
- lisää kasvin vastustuskykyä tauteja ja tuholaisia vastaan
- edistää typen varastoitumista kasvialustaan.
- varastoi ilmakehästä kasvien fotosynteesin kautta maaperään kulkeutunutta hiiltä. (Wilson 2014.)

Biohiilen toiminta riippuu kasvualustaseoksen fysikaalisten, kemiallisten ja biologisten ominaisuuksien vuorovaikutuksesta. Seuraavassa kappaleessa käydään läpi tarkemmin biohiilen ominaisuuksia, jotta ymmärretään, mistä biohiilen hyödyt johtuvat.

3 KASVUALUSTA JA BIOHIILI

Lannoitevalmistelaisissa 539/2006 kasvualusta on määritelty tarkoittavan kasvien kasvatukseen tarkoitettuja teknisesti käsiteltyjä kiinteitä tai nestemäisiä aineita, joissa on lisätty tai joihin voidaan lisätä muita lannoitevalmisteita.

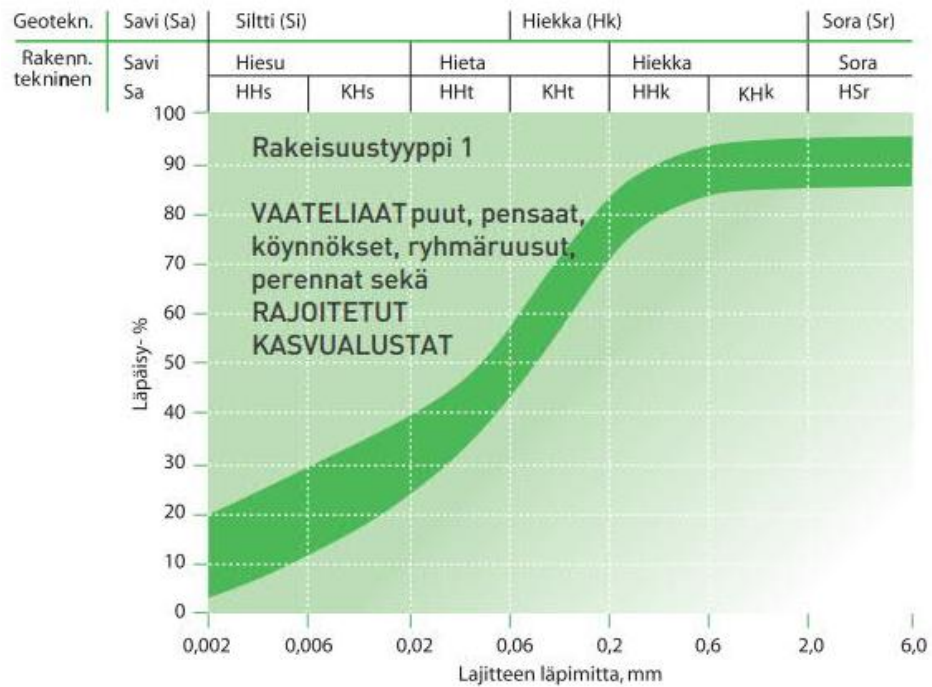
Kasvualusta koostuu kivennäisaineksesta ja eloperäisestä aineksesta, joista kivennäisaineksestä toimii mm. tukirakenteena ja eloperäinen aines parantaa mm. kasvualustan vedenpidätyskykyä ja huokoisuutta. Näiden kahden aineksen erilaisilla seossuhteilla vaikutetaan kasvualustan fysikaalisiin, kemiallisiin ja biologisiin ominaisuuksiin ja saadaan siten aikaan eri tarkoituksiin sopivia kasvualustoja. (Sirviö 2009, 72.)

Paikalla tehtävä kasvualusta muuttuu tuotteistetuksi kasvualustaksi, jos esim. paikan päältä kaivettuihin pintamaihin lisätään jotakin muuta ainesta kuin kalkkia tai lannoitetta. Tällöin paikalla tehtävän kasvualustan on täytettävä lannoitevalmistuslain laatuvaatimukset. (Viherympäristöliitto VYL 2017.)

Markkinoilla olevia tuotteistettuja kasvualustoja ja niiden laatuvaatimuksia valvoo Elintarvikevirasto Evira.

”Valvonnan tarkoituksena on varmistaa markkinoille saatettavien lannoitevalmisteiden vaatimustenmukaisuus ja turvallisuus siten, ettei lannoitevalmisteiden käytöllä lisätä viljelysmaan tai muun ympäristön raskasmetallikertymää eikä aiheuteta ihmisille, eläimille tai kasveille terveydellistä haittaa.” (Evira 2017a.)

Viherympäristöliiton kasvualustatyöryhmä on antanut suosituksia kasvualustaseoksille riippuen kasvillisuustyypeistä ja käyttökohteesta.



Kuva 5. Esimerkki Viherympäristöliiton kasvualustasuosituksista vaateliaille puille, pensaille rajoitettuihin kasvualustoihin. (VYL 2015.)

Alla esimerkkejä suosituksista:

Vaativalle nurmikolle suositellaan

- eloperäistä ainesta 50 tilavuus- % ja
- kivennäisainesta 50 tilavuus- %,
 - josta savipitoisuus 7 paino- % ja
 - hiekan osuus 50 paino- %.

Vaateliat puut ja pensaat ja perennat

- eloperäistä ainesta 55 tilavuus- %
- kivennäisainesta 44 tilavuus- %
 - josta savipitoisuus 12 paino- % ja
 - hiekan osuus 30 paino- %.

Kantavan kasvualustan suositus on

- eloperäistä ainesta 30 tilavuus- %
- kivennäisainesta 70 tilavuus- %
 - josta savipitoisuus 7 paino- % ja
 - hiekan osuus 40 paino- %.

(Sirviö 2009, 95.)

3.1 Orgaaninen aines

Maaperän orgaaninen eli eloperäinen aines on syntynyt kasvien ja eläinten jäänteistä sekä niiden hajoamistuotteista syntetisoituneesta aineksesta. Maaperän orgaaninen aines koostuu pääosin hiilestä. (Paasonen-Kivekäs, Peltomaa, Vakkilainen, Äijö (toim.) 2009, 18.)

Orgaaninen aines voidaan luokitella kolmeen luokkaan; vain vähän hajonnut karikeaines, eri hajoamisasteinen aines sekä pitkälle hajonnut varsinainen humus. Humus ei enää juurikaan hajoa eikä vapauta ravinteita, vaan sen keskeinen tarkoitus perustuu muun muassa vedensitomiskykyyn, pH-puskurointiin sekä toimimiseen kationinvaihtopintana. (Paasonen-Kivekäs ym. 2009, 38.)

Tavallisesti Suomessa kasvualustan eloperäisenä aineksena käytetään pitkälle maatunutta turvetta ja kompostia. Tumma turve maatuu enää hyvin vähän, eikä siten tiivisty niin voimakkaasti kuin vaalea turve. Tumma turve myös pidättää vettä ja ravinteita paremmin kuin vaalea turve. Ravinteet eivät kuitenkaan helposti vapaudu turpeesta ilman esimerkiksi kompostilisää, joka aktivoi turpeen mikrobiston, jolloin ravinteet saadaan kasvien käyttöön. (Sirviö 2009, 74 – 75.)

Humus muodostaa kivennäismaahiukkasten ja saveksen kanssa maan mururakenteen. Lisäksi se tasapainottaa maan kemiallisia ominaisuuksia tarjoamalla ioneille paljon kiinnittymispaikkoja. (Sirviö 2009, 45–46.)

3.2 Saves

Kun maassa on riittävä määrä savesta tai orgaanista ainesta, yksittäiset maahiukkaset ryhtyvät muruiksi. Toisin sanoen saves yhdessä humuksen kanssa muodostavat maaperän mururakenteen. Myös mikrobien erittämät aineenvaihduntatuotteet ikään kuin liimaavat maahiukkasia kestävämmiksi muruiksi. Murut voivat olla halkaisijaltaan 1 – 5 mm, pyöreitä ja huokoisia. Ne eivät liety sadepisaroiden iskusta eivätkä hajoa koneiden painon alla. (Hiltunen & Hyytiäinen 1992, 33.)

Saven ja veden väliset reaktiot ovat nopeampia, kuin veden ja karkean maa-aineksen väliset reaktiot. Tämä tarkoittaa sitä, että savikolta huuhtoutuu vesistöihin enemmän aineita kuin moreeni- ja turvemailta. (Paasonen-Kivekäs ym. 2009.)

3.3 Kasvualustan ominaisuudet

Tässä kappaleessa käydään läpi kasvualustan fysikaaliset, kemialliset ja biologiset ominaisuudet, sekä käydään läpi, millaiset biohiilen ominaisuudet vaikuttavat kasvualustaan eloperäisen aineksen tehtävässä. Lisäksi verrataan biohiilen ominaisuuksia rahkaturpeen ominaisuuksiin.

3.3.1 Kasvualustan fysikaaliset ominaisuudet

Kasvualustan fysikaalisia ominaisuuksia ovat muun muassa aineksen rakeisuus, rakeiden muoto, ominaispinta-ala ja tilavuus. Nämä ominaisuudet vaikuttavat kasvualustan kantavuuteen, huokoisuuteen sekä vedenpidätys- ja läpäisykykyyn ja kasvualustan ilmapitoisuuteen.

Maarakeiden väliin muodostuu huokosrakenne, johon vaikuttaa rakeiden koko, raekokojakauma ja rakeiden pintarakenne. Kasvualustan huokoisuus koostuu gravitaatiohuokosista, kapillaarihuokosista sekä adsorptiohuokosista. (Sirviö 2009, 14 – 16.)

Gravitaatiohuokokset, toiselta nimeltään makrohuokokset, ovat kooltaan yli \varnothing 10 μm , joissa vesi liikkuu painovoiman mukaisesti. Näissä huokosissa liikkuu myös ilma silloin, kun gravitaatiohuokokset eivät ole veden täyttämisiä. Sadevesi imeytyy helposti gravitaatiohuokosiin. (Paasonen-Kivekäs ym. 2009, 50.)

Kapillaarihuokokset ovat kooltaan \varnothing 1 – 10 μm , joissa vesi liikkuu painovoiman vastaisesti kapillaarivoimien avulla ylöspäin. Kapillaarihuokosten merkitys korostuu silloin, kun gravitaatiohuokokset ovat tyhjentyneet vedestä, sillä kapillaarihuokokset pystyvät nostamaan vettä pohjavesikerroksesta juuriston ulottuville. (Sirviö 2009, 19 – 20.) Mitä kapeampia niin sanottuja kapillaariputkia maaperässä on, sitä korkeammalle kapillaarivesi nousee. Toisin sanoen kapillaarinen nousu on voimakkaampaa pienirakeisilla maalajeilla. Esimerkiksi karkean hiekan # 0,6 – 2,0 mm kapillaarinen nousu on 30 – 100 mm ja saven #0,002 – 0,0002 mm kapillaarinen nousu on 30 000 – 3 000 000 mm. (Paasonen-Kivekäs ym. 2009, 86.)

Adsorptiohuokokset ovat alle \varnothing 1 μm kokoisia huokosia, joissa oleva vesi on sitoutunut tiukasti huokosten seinämiin eikä ole kasvien käytettävissä. Adsorptiovesi kuitenkin toimii ravinteiden varastona, mutta siitä lisää kohdassa kemialliset ominaisuudet. (Sirviö 2009, 20.)

Eli toisin sanoen, jos kivennäisaines sisältää paljon hienoainesta, sen vedenläpäisevyys on heikompi ja vedenpidätyskyky taas suurempi. Raekokosuhteesta voidaan päätellä tiivistymisherkkyys sekä kantavuus. Tasarakeiset materiaalit eivät tiivisty, eivätkä ole kantavia, mutta toisaalta läpäisevät vettä hyvin. Suhteistuneet ja sekarakeiset materiaalit tiivistyvät paremmin ja niiden kantavuus on parempi, mutta vedenläpäisevyys taas on heikompi.

Esimerkiksi pienihuokoiset maalajit, kuten savi ja hieta, läpäisevät vettä huonosti. Kivennäismaalajeilla, kuten hiekka ja sora, on huokoisuutensa ansiosta hyvä veden läpäisevyys. Saven vedenläpäisykyky on 1-3 mm/ vrk ja hienon hiekan vedenläpäisykyky 2000–4000 mm/ vrk. (Sirviö 2009, 21.)

Vettä haihtuu kasvualustasta joko kasvin kautta tai suoraan maaperästä. Esimerkiksi turpeen pinnasta haihtuu tehokkaasti vettä, jolloin pintakerros voi muuttua vettä hylkiväksi, mikä taas vaikeuttaa kasvien veden saantia. (Sirviö 2009, 21.)

3.3.2 Biohiilen fysikaaliset ominaisuudet ja vaikutus kasvualustaan

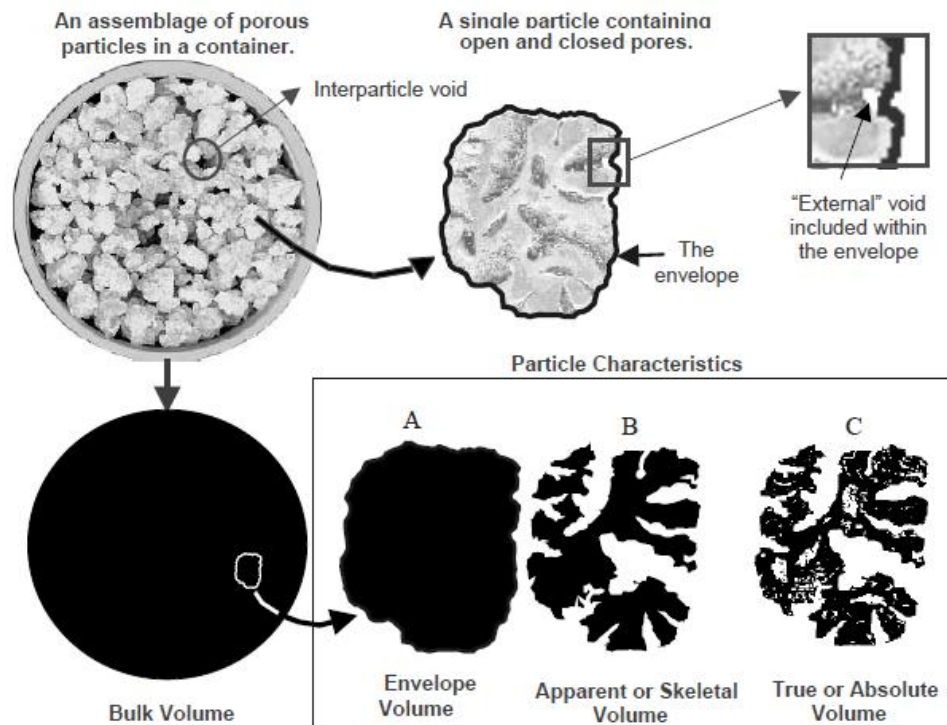
Maanesteen ja maapartikkeleiden väliset ilmiöt, kuten ravinneionien sitoutuminen ja vedenadsorptio, ovat pintareaktioita, minkä vuoksi kiinteän aineksen kokonaispinta-ala ilmoitetaan ominaispinta-alana vaikuttaa reaktioiden tehokkuuteen. Kokonaispinta-ala ilmoitetaan ominaispinta-alana ($\text{m}^2 \text{g}^{-1}$ kuivaa maata). Ominaispinta-ala kasvaa lajitteiden hiukkaskoon pienentyessä. (Paasonen-Kivekäs ym. 2009, 39.)

Biohiilen huokoisuus riippuu käytetystä raaka-aineesta, partikkelin koosta, prosessin happipitoisuudesta sekä pyrolyysissä käytetystä lämpötilan korkeudesta. Mitä korkeampi lämpötila, sitä suurempi määrä vettä ja happea poistuu biomassasta ja sitä enemmän huokosia syntyy.

Biohiilen raaka-aineena ruoho tuhkaantuu nopeasti ja tuhka täyttää syntyneet huokokset. Puu kuitenkin tuhkaantuu hitaammin, jolloin syntyneet huokokset eivät ehdi tukkeutua. On tutkittu, että huokoisuuden huippu puuaineksen pyrolyysillä saavutetaan $750 \text{ }^\circ\text{C}$ lämpötilassa, jonka jälkeen biomassaa alkaa tuhkaantumaan ja huokokset tukkiutuvat. Yli $1000 \text{ }^\circ\text{C}$ hiilen huokokset alkavat hajota ja sulaa.

Esimerkiksi omenapuusta $400 \text{ }^\circ\text{C}$ lämpötilassa valmistetun biohiilen ominaispinta-ala on $11.90 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$ ja $800 \text{ }^\circ\text{C}$ lämpötilassa $545.43 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$ (Jindo, Mizumoto, Sanchez-Monedero, Sawada, & Sonoki 2014). Vertailuna humuksen ominaispinta-ala on $> 600 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$. (Paasonen-Kivekäs ym. 2009, 39.)

Biohiilen määrää kuvataan usealla eri määreellä kuten massa ja tiheys. Lisäksi huokoisen aineen tiheyttä voidaan kuvata eri määreillä (Brewer, Chuang, Davies, Driver, Dugan, Gao, Gonnermann, Masiello, Panzacchi, & Zygourakis, 2014), joita kuvassa selvennetään.



Kuva 6. Kuvassa havainnollistetaan huokoisen aineen tiheyttä kuvaavien termien eroja. Alarivissä vasemmalta oikealle kokonaistiheys (bulk volume), rakeen vaipan tiheys (envelope volume), rakeen "luurangon" tiheys (skeletal volume) ja rakeen todellinen tiheys (true volume)(Cement science 2013).

Biohiilen kokonaistiheys (bulk density) vaihtelee $80\text{--}320\text{ kg/m}^3$ (Brewer & Levine, 2015). Kuiva turve painaa noin 400 kg/m^3 (Bioenergianeuvoja 2017). Vertailulukuna esimerkiksi hiekoitussepele # 3-6 mm painaa noin 1300 kg/m^3 (Ventoniemen Sora Oy).

Biohiilen "luurangon" tiheys (skeletal density), jota kutsutaan myös todelliseksi tiheydeksi, vaihtelee pyrolyysin lämpötilan mukaan $1.34\text{ g/cm}^3 \dots 1.96\text{ g/cm}^3$. Biohiilen vaipan tiheys (envelope density) vaihtelee $0.25\text{ g/cm}^3 \dots 0.60\text{ g/cm}^3$. (Brewer ym. 2014). Pitkälle maatuneen turpeen kokonaistiheys on noin 0.23 g/cm^3 .

Biohiilen huokospinta-ala voi olla jopa $300\text{ m}^2/\text{g}$, joten sen on erittäin huokoinen materiaali (Schmidt 2014). Pajubiohiilen huokospinta-ala on $200 - 500\text{ m}^2/\text{g}$ (Pajupojat 2017). Turpeella on tiedettävästi hyvä nesteen pidätyskyky ja sen ominaispinta-ala noin $200\text{ m}^2/\text{g}$.

Suuren huokospinta-alansa johdosta biohiili voi imeä itseensä yli viisinkertaisen määrän oman painonsa verran vettä (Schmidt 2014). Suuri huokospinta-ala tarjoaa paljon paikkoja sähköisin varauksin kiinnittyville ravinneioneille sekä elinympäristön mikrobeille.

Aineen huokoisuus voidaan laskea seuraavalla kaavalla (Brewer ym. 2014)

$$\text{Porosity} = 1 - (\text{envelope density} / \text{skeletal density}) * 100 \% \quad (1)$$

Kaavalla laskettuna biohiilen huokoisuus on

$$1 - (0.60 \text{ g/cm}^{-3} / 1.96 \text{ g/cm}^{-3}) * 100 \% = 69.4 \% \quad (2)$$

Vertailulukuna turpeen huokoisuus on noin 95 %. (Sirviö 2004.)

3.3.3 Kasvualustan kemialliset ominaisuudet

Kasvualustan kemiallisia ominaisuuksia ovat ravinteiden määrä ja niiden saatavuus, kasvualustan pH eli happamuus ja vesiliukoisten suolojen määrä, eli johtoluku. (Sirviö 2004.)

Kasvit tarvitsevat ravinteita kasvuun sekä aineenvaihduntaan. Ravinteet jaetaan kahteen ryhmään; pääravinteet ja hivenravinteet.

Taulukko 1. Pää- ja hivenravinteet (Sirviö 2009, koontanut Hanna Myllylä)

Pääravinteet	Hivenravinteet
Hiili C	Rauta
Vety	Mangaani
Happi	Kupari
Typpi	Sinkki
Fosfori	Molybdeeni
Kalium	Boori
Kalsium	Kloori
Magnesium	Rikki

Kasvualustan ravinteet luokitellaan saatavuutensa perusteella, vesiliukoisiin, vaihtuviin ja vaikealiukoisiin ravinteisiin. Vesiliukoiset ravinteet kasvi saa veteen liuenneina joko juuriston kautta kasvualustasta, maanpäällisiin osiin annettuna lehtilannoituksena tai kaasuna ilmasta. Näitä ravinteita ovat esimerkiksi hiili, happi ja typpi. Kasvualustan vedessä on tärkeää olla jatkuvasti vesiliukoisia ravinteita saatavilla. Veteen lienneet ravinteet kulkeutuvat juuriston saataville massavirtauksena, eli liikkuvan veden mukana, tai diffuusion avulla, jolloin ionit kulkeutuvat nesteessä ilman, että vesi itsessään liikkuisi. (Sirviö 2009, 27.)

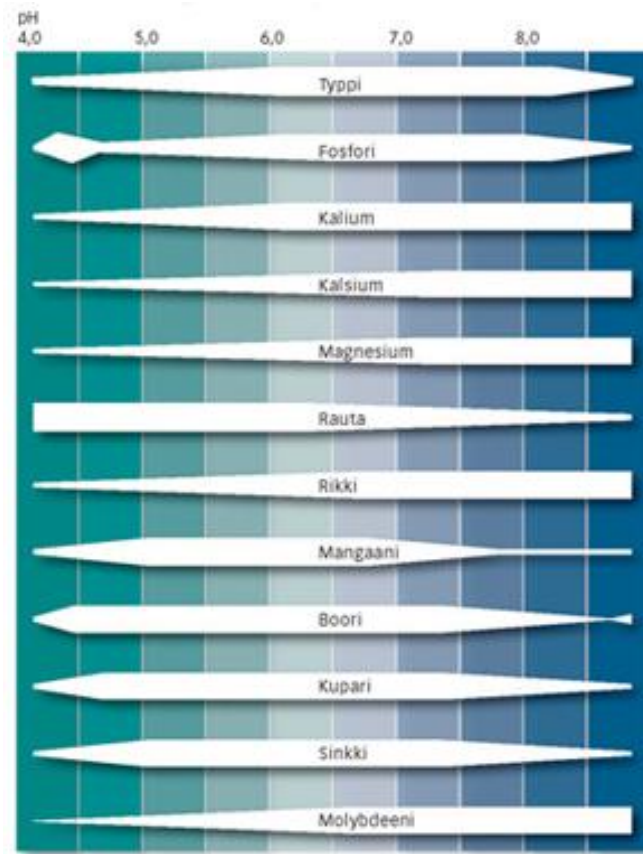
Vaihtuvat ravinteet kiinnittyvät sähköisin varauksin maahiukkasten pinoille ja ne voivat vaihtua maanesteessä oleviin ioneihin. Yleisesti maaperän kyky sitoa ravinteita perustuu siihen, että sen sisältämät savi- ja humushiukkaset ovat negatiivisesti varautuneita ja ne tämän vuoksi

pystyvät sitomaan positiivisesti varautuneita ravinneioneita. Sähköisin voimin maahiukkasiin kiinnittyneet ravinteet ovat liikkuvia, joten ne irtoavat ne voivat vaihtua maanesteen muihin ioneihin. Maanesteen ja maahiukkasten välillä vallitsee positiivisten ja negatiivisten ionien tasapaino. Kun maaneste laimenee kasvien ottaessa siitä ravinteita, maahiukkasten pinnoilta irtoaa vaihtuvia ravinneioneja maanesteeseen ja sitä kautta kasvien käyttöön. (Sirviö 2009, 28.)

Kationinvaihtokapasiteetti (cation exchange capacity, CEC) kuvaa materiaalin kykyä sitoa itseensä ravinteita, positiivisesti varautuneita ioneja eli kationeja. Suurin osa kasviravinteista, esimerkiksi magnesium, kalsium, kalium ja natrium, ovat maanesteessä positiivisesti varautuneessa kationimuodossa. (Schmidt 2014.) Kun maaperällä on alhainen kationinvaihtokapasiteetti, maahiukkasissa on vähäisemmät ravinnevarastot, eikä maaneste saa laimentuessaan irrotettua lisää ravinteita maahiukkasista. Orgaanisen aineksen lisääminen maaperään lisää kationinvaihtokapasiteettia. Karkeiden kivennäismaiden kationinvaihtokapasiteetti on alhainen ja ravinteet huuhtoutuvat niistä helposti, mutta esimerkiksi saven ja humuksen kationinvaihtokapasiteetti on hyvä. (Hiltunen & Hyytiäinen 1992, 21.) Myös pH:n nostaminen lisää maaperän kationinvaihtokapasiteettia, sillä silloin maahiukkasten pinnoista irtoaa vetyioneja vapauttaen negatiivisesti varautuneita paikkoja. (Sirviö 2009, 29.)

Vaikealiukoiset ravinteet ovat osana eloperäisen ja kivennäisaineksen rakennetta. Ne ovat kasvien saatavilla vasta sitten, kun rakenteet hajoavat biologisesti tai kemiallisesti vesiliukoiseen muotoon. (Sirviö 2009, 31.)

Kasvualustan happamuus pH johtuu aktiivisten vetyionien H^+ määrästä maassa. Suomessa maa-aines on luontaisesti hapanta ja yleisesti ottaen eloperäiset maat ovat happamampia kuin kivennäismaat. Ravinteiden huuhtoutuminen rankkasateiden mukana, luontainen kasvualustan mikrobitoiminta, kasvien juurisolujen hengitys ja happamat sateet happamoittavat maaperää. Kalkitus neutraloi aktiivisia H^+ -ioneja, jolloin pH-luku nousee. Neutraalissa maassa mururakenne on usein hyvä ja pieneliötkin viihtyvät paremmin. (Hiltunen & Hyytiäinen 1992, 30 – 31.) Taulukossa on esitetty maan happamuuden vaikutukset ravinteiden saatavuuteen.



Kuva 7. pH-luvun vaikutus ravinteiden liukenemiseen. (Farmit website oy, n.d.)

Johtoluku kuvaa maan vesiliukoisten suolojen määrää, joka vaikuttaa maanesteen sähköjohtokykyyn. Mitä korkeampi johtoluku on, sitä korkeampi on maan suolapitoisuus. Korkea suolapitoisuus vaikeuttaa kasvien veden ja ravinteiden saantia. Kasvien suolankestävyys vaihtelee eri lajien välillä. (Sirviö 2009, 40.)

3.3.4 Biohiilen kemialliset ominaisuudet ja niiden vaikutus kasvualustaan

Biohiilen pH riippuu pyrolyysin lämpötilasta sekä käytetystä raaka-aineesta. Biohiilellä, jonka raaka-aineena on käytetty puuta, on sitä korkeampi pH, mitä korkeampaa pyrolyysilämpötilaa on käytetty. Esimerkiksi omenapuun ja tammen biohiilen pH vaihtelee noin 6,5...10. Kun raaka-aineena on käytetty ruohovartisia kasveja, vaikutus on päinvastainen, eli korkeampaa pyrolyysilämpötilaa käytettäessä biohiilen pH on matalampi. (Jindo ym. 2014.) Vertailuarvona rahkaturpeen pH on noin 4 ja siinä on hiiltä noin 50 % kuiva-aineesta. (Sirviö 2009.)

Biohiili vähentää maaperän happamuutta, mikä taas vähentää kalkitustarvetta. Tämä johtuu siitä, että biohiili on negatiivisesti varautunut ja lisäämällä sitä maaperään positiivisesti varautuneet vetyionit ja muut ravinneionit kiinnittyvät biohiilirakeiden pintaan.

Vetyionien kiinnittyminen vähentää maaperän happamuutta eli pH nousee. (IBI 2017.)

Biohiilellä on hyvä kationinvaihtokapasiteetti. Tämä johtuu sen suuresta pinta-alasta sekä negatiivisesta varauksesta, joten sillä on paljon paikkoja kationeille. (Schmidt, 2014) Vertailulukuna pitkälle maatuneella turpeella kationinvaihtokapasiteetti on 100–250 cmol/kg, mikä on hyvä kationinvaihtokapasiteetti. (Sirviö 2004.)

Biohiili tulee ensin aktivoida, jotta se olisi orgaanisesti aktiivinen. Siihen täytyy lisätä lisäravinteita tai kompostia. Ravinteiden lisääminen on nopeampi tapa aktivoida biohiili. (Wilson 2014.)

Heti kun ”raakabiohiili” otetaan pois pyrolyysiuunista, sen pinta alkaa hapettua ja siihen muodostuu toiminnallisia ryhmiä hiilestä, vedystä ja hapestä. Jos tällaista raakaa biohiiltä laitettaisiin maahan sellaisenaan, se sitoisi ravinteita kasvien saavuttamattomiin sekä lisäisi epävakaita hiiliyhdisteitä, jotka ruokkisi mikrobeja, jotka taas kuluttaisivat typpivarjoja pois kasvien käytöstä. Nämä ongelmat voidaan välttää lisäämällä biohiilen sekaan lannoitteita, jolloin biohiili aktivoituu. Biohiili ei siis itsessään lisää ravinteita maaperään (Wilson 2014), mutta sillä voidaan vähentää maaperän fosfori ja ammoniakkin määrää. (PPRC 2015.)

Biohiilellä on kyky varastoida maanesteestä itseensä myös haitta-aineita ja raskasmetalleja. Esimerkiksi Washingtonissa vuonna 2015 tehdyn *Port of Port Townsend biochar stormwater filtration feasibility study* - tutkimuksessa kattovesistä huuhtoutui kuparia 80 % vähemmän ja sinkkiä 94 % vähemmän syksyn ja talven aikana. (Gray 2015.) Biohiili sitoo myös muita raskas metalleja kuten kadmium, koboltti, ja nikkeli. Lisäksi se sitoo epäpuhtauksia kuten polttoaineen komponentteja, PCB:tä, PAH-yhdisteitä, lääkeaineita jne. (PPRC 2015.)

3.3.5 Kasvualustan biologiset ominaisuudet

Kasvualustan biologisia ominaisuuksia ovat eloperäisen aineksen pitoisuus ja maatuneisuusaste, sekä pieneliötoiminta, joka säätelee kasvualustan ravinne- ja vesitasapainoa, maatumista, mineralisoitumista sekä tiivistymistä. (Sirviö 2009, 44.) Maaperän lierojen, sienten ja bakteerien sekä muiden pieneliöiden hyvinvoinnista on tärkeää huolehtia. (Hiltunen & Hyytiäinen 1992, 41.)

Maaperässä tulee olla riittävästi hiilipitoista ravintoa energianlähteeksi sekä muita ravinteita rakennusaineeksi. Kasvin maanpäälliset osat sitovat ilmakehän hiilidioksidia, joka siirtyy maaperään putoavien lehtien ja muun karikkeen, sekä hienojuurten välityksellä. (Helmisaari & Makkonen 2002.) Lisäksi hajotustoiminnan edellytyksenä on ilmat, kosteat ja lämpimät olosuhteet. (Hiltunen & Hyytiäinen 1992, 42.) Kasvualustan pieneliöstö muuntaa lähes kaiken kasvien tarvitseman typen ja hiilen

kasveille käyttökelpoiseen muotoon. Pieneliöstö vastaa myös kivennäisaineiden, kuten fosforin, rikin, raudan, kaliumin ja magnesiumin vapautumisesta takaisin kiertokulkuun. (Balogh-Brunstad, Hammer, Jakobsen, Olsson, Rilling, & Stipp, 2014.) Lierot puolestaan kuohkeuttavat maata tehostaen kasvualustan ilmavuutta ja vedenläpäisykykyä. (Hiltunen & Hyytiäinen 1992, 43.)

Pieneliöt siis käyttävät ravintonaan kasvualustan eriasteisesti hajonnutta orgaanista ainesta, josta ne hajottavat ensin sokerit ja valkuaisaineet. Jäljelle jää erittäin vaikeasti hajoava osa orgaanisesta aineksesta ja mikrobien tuottamat kestävätkin aineet, jotka muodostavat yhdessä humuksen. (Hiltunen & Hyytiäinen 1992, 43.) Humuksen mikrobiologinen hajoaminen on hidasta, eikä sen tarkkaa kemiallista rakennetta tunneta. (Sirviö 2009, 45–46.) Humuksen hyödyt käsiteltiin kappaleessa 3.1. Orgaaninen aines.

Hajotustoiminta edellyttää myös hyvää kasvualustan ilmanvaihtoa, jotta pieneliöiden hengityksen hiilidioksidi pääsee vapautumaan maanpinnalle ja taas kasvillisuuden yhteyttämisen raaka-aineeksi. (Hiltunen & Hyytiäinen 1992, 42.)

Mykorritsa, eli sienijuuri on kasvin juuren ja sienen välinen molempia osapuolia hyödyttävä symbioosi. Juuren avulla sieni saa yhteyttämistuotteita ja vastaavasti kasvi saa sienijuuren avulla ravinteita maaperästä. Maapallon kuivalla maalla kasvavista kasveista noin 90 % toimii mykorritsasienen isäntäkasvina. Sienijuuria on erilaisia, mutta kuitenkin toiminnaltaan ne ovat hyvin samanlaisia. Sienirihmaston avulla kasvi pystyy ottamaan vettä ja ravinteita moninkertaisen isommasta maatilavuudesta, kuin ilman sienijuurta. (Sirviö 2009, 50.)

Sienijuuri tehostaa erityisesti vaikeasti liikkuvien ravinteiden, kuten fosforin sekä myös kuparin ja sinkin ottoa. Se voi kuljettaa kasviin myös typpeä, rikkiä, kalsiumia, magnesiumia ja rautaa. Usein se myös tehostaa isäntäkasvien biologista typensidontaa. Se voi suojata kasvia useilta stressitekijöiltä kuten kuivuudelta, maan happamuudelta, taudeilta, joiltakin tuhohäijöiltä ja raskasmetalleilta. (Sirviö 2009, 51.)

Valitettavaa on, että luontainen mykorritsasieni ei nykypäivänä välttämättä viihdy viheralueiden kasvualustoissa johtuen torjunta-aineista ja muista kemikaaleista. Kestävän viherrakentamisen kannalta mykorritsasienen viihtyvyyteen tulisi kiinnittää enemmän huomiota. Mykorritsasientä saatetaan joutua lisäämään kasvualustaan mykorritsasienivalmisteen muodossa tai sekoittamalla kasvualustaan mykorritsapitoista kivennäismaata. (Sirviö 2009, 51.)

Kasvien juuret toimivat tehokkaimmin alhaisessa suolapitoisuudessa, jolloin juurten kykenevät ottamaan ravinteita on tehokkaimmin, veden saanti helpointa ja kasvien näihin toimintoihin käyttämän energian

kulutus pienin. Myös pieneliötoiminta tapahtuu parhaiten melko alhaisessa suolapitoisuudessa. Maanesteen suolapitoisuuteen vaikuttaa ennen kaikkea lannoitus. Maan suolapitoisuus saadaan selville mittaamalla maanesteen sähkönjohtokyky.

3.3.6 Biohiilen biologiset ominaisuudet

Kuten aiemmassa kappaleessa jo mainittiin, biohiilen suuri huokoisuus ja kationinvaihtokapasiteetti tarjoavat mikro-organismeille, bakteereille ja mykorritsasienelle hyvät elinolosuhteet.

Mykorritsasieni viihtyy biohiilen pinnalla ja sen huokosissa. Mykorritsasieni edesauttaa kasvia saamaan enemmän ravinteita biohiilen huokosista, sillä juuret itsessään eivät ylety tai mahdu pienimpiin biohiilen huokosiin, mutta mykorritsasienen juuret mahtuvat. (Balogh-Brunstad ym. 2014.)

Vaikka mykorritsasieni viihtyy myös happamassa maassa, maan happamuudella on negatiivinen vaikutus pieneliötoimintaan. Mitä happamampaa maa on, sitä vähemmän pieneliötoimintaa on. (Thies & Rilling 2009.)

3.4 Biohiilen terveellisyys ja haitat

Lannoitevalmistelain 536/2006 mukaan lannoitevalmiste ei saa sisältää sellaisia määriä haitallisia aineita, tuotteita tai eliöitä, että sen käyttöohjeiden mukaisesta käytöstä voi aiheutua vaaraa ihmisten tai eläinten terveydelle tai turvallisuudelle, kasvien terveydelle taikka ympäristölle.

Eviran julkaisemassa tyyppinimiluettelossa on maanrakennetta parantavien aineiden kohdalla on tyyppinimi kasviperäinen kasvualustahiili. Tuoteselosteessa ilmoitettavia tietoja ovat kokonaisfosfori (P), vesiliukoinen fosfori, kokonaiskalium (K), vesiliukoinen kalium, pH, johtokyky, kosteus, tuhkapitoisuus, haitallisten metallien pitoisuudet, hiiltämislämpötila ja viipymä sekä raaka-aineet ja alkuperä. (Evira 2016.)

Euroopan biohiilisertifikaatin määrittämät raskasmetallien raja-arvot biohiilessä sekä eri raaka-aineista valmistetun biohiilen raskasmetallien keskiarvot on esitetty taulukossa 2. Suomessa sallitut tuhkalannoitteen raskasmetallien enimmäispitoisuudet on esitetty taulukossa 3.

Taulukko 2. Eri raaka-aineista valmistetun biohiilen raskasmetallien keskiarvoja sekä eurooppalaisen biohiilsertifikaatin määrittämät raja-arvot. (Hovi 2017.)

Biohiilen materiaali	As mg/kg	Cd mg/kg	Co mg/kg	Cr mg/kg	Cu mg/kg	Hg mg/kg	Ni mg/kg	Pb mg/kg	Zn mg/kg
Purkupuu	< 0,72	< 0,04	0,27	15,96	10,36	< 0,23	1,69	35,25	40,29
Jättiluoko	< 0,72	0,05	< 0,08	< 0,49	1,58	< 0,23	0,47	< 0,74	11,87
Sokeriruokojäte	< 0,72	< 0,04	0,37	4,28	2,14	< 0,23	3,26	19,37	8,19
Vesihyasintti	1,63	1,24	9,81	173,62	105,57	< 0,23	88,81	100,86	262,06
Vehnän olki	< 0,72	< 0,04	0,35	14,36	2,17	< 0,23	1,41	< 0,74	2,65
Pajun runko	< 0,72	11,46	0,09	< 0,49	6,91	< 0,23	0,36	16,27	513,64
Punapaju	< 0,72	48,86	0,57	0,83	8,14	< 0,23	0,78	20,71	629,87
Ruokajäte	< 0,72	< 0,04	0,49	6,34	14,38	< 0,23	10,21	15,12	56,41
Biohiili-sertifikaatti		< 1,5		90	< 100	< 1	< 50	< 150	400

Taulukko 3. Suomessa sallitut tuhkalannoitteen enimmäispitoisuudet kuiva-aineessa (Evira 2017b).

	As mg/kg	Cd mg/kg	Co mg/kg	Cr mg/kg	Cu mg/kg	Hg mg/kg	Ni mg/kg	Pb mg/kg	Zn mg/kg
Tuhka	25	2,5	-	300	600	1,0	100	100	1500

3.5 Aiempia tutkimuksia Suomessa

Seuraavassa kerrotaan muutamista tutkimuksista biohiilen vaikutuksista kasvillisuuden hyvinvointiin, sekä biohiilen kykyä sitoa tai vapauttaa ravinteita.

Biohiilen vaikutuksia on esitetty vuonna 2016 ilmestyneessä Kirsi Kuoppamäen ja Susanna Lehvävirran artikkelissa *Mitigating nutrient leaching from green roofs with biochar*. Tutkimuksessa osoitettiin, että viherkatoilta vapautuu enemmän ravinteita kuin pelti- tai bitumikatoilta, mutta viherkattojen valuma sisältää kuitenkin vähemmän metalleja. Fosfori- ja typpikuormitusta voidaan vähentää viherkatoilla, joissa on käytetty biohiiltä. Useamman vuoden mittaiselle pitkäjänteiselle tutkimukselle on tarvetta, sillä vuodenajoista johtuvat sadevesien määrien vaihtelut vaikuttavat lyhyen aikavälin tutkimustuloksiin. (Kuoppamäki & Lehvävirta 2016.)

Biohiili parantaa viherkaton sadevesien viivytysominaisuuksia maksaruoho- ja niittykatoilla. Rakenteen vedenviivytyks on tehokkaampaa

kesällä, jolloin sataa harvemmin. (Kuoppamäki etc. 2015.) Tutkimuksen mukaan biohiilen laadulla eli raaka-aineella on vaikutusta.

Biohiilen levittämisellä kasvualustan pinnalle oli vähemmän vaikutusta, kuin sillä, että biohiili levitetään kasvualustan pohjalle.

Useissa tutkimuksissa on osoitettu, että biohiilipitoinen kasvualusta saattaa auttaa viherkattoja säilyttämään elinvoimansa ja funktionaalisuutensa pidempään, verrattuna viherkattoihin, joissa ei ole käytetty biohiiltä. (Kuoppamäki ym. 2015.)

Etenkin fosfori on suurin Suomen vesistöjen ja rannikoiden rehevöittäjä. Tutkimuksissa on osoitettu biohiilen vähentävän etenkin fosforin ja typen valumia, joten sen uskotaan toimivan ainakin osittaisena potentiaalinen ratkaisu rehevöitymiselle. (Kuoppamäki & Lehvävirta 2016.)

Viherkattojen tutkimustuloksia voidaan hyödyntää myös biopidätysalueen tutkimuksessa.

Vuosina 2010 – 2016 tehty tutkimus *Havupuubiohiilen jälkivaikutuksia maaperän viljavuuteen ja nurmikasveihin Suomen oloissa* osoitti, että biohiili nostaa maaperän kosteus- ja hiilipitoisuutta, hiili-typpisuhdetta, ja pienentää johtolukua, mikä voi vaikuttaa maassa positiivisesti moneen reaktioon kuten typen huuhtoutumisen ehkäisyyn, ravinteiden liukoisuuden paranemiseen ja vesitalouteen. Biohiilellä ei tutkimuksen mukaan ollut merkittävää vaikutusta ravinnepitoisuuteen eikä pH:hon, kun tutkimuskohteessa oli valmiiksi kohtuullisen hyvä pH ja ravinnetaso. (Hovi 2017.)

Biohiilen vaikutukset maaperään olivat kuitenkin niin vähäisiä hyväkuntoisessa maaperässä, ettei niillä ollut negatiivisia eikä positiivisia vaikutuksia nurmen kasvuun, satoon tai kasvilajisuhteisiin, mikä tukee biohiilen turvallista käyttöä ilmastonmuutoksen torjunnassa. (Hovi 2017.)

Tässä tutkimuksessa puubiohiilen suurempi levitysmäärä paransi maaperän kosteuspitoisuutta, nosti maaperän hiilipitoisuutta sekä hiili-typpisuhdetta verrattuna pienempään biohiilimäärään, joten 10 t/ha levitysmäärä vaikuttaa suositeltavammalta käyttömäärältä verrattuna 5 t/ha levitysmäärään. Hiilipitoisuuden nousu peltomaassa tukee ominaisuuksiltaan samankaltaisen biohiilen käyttöä hiilensidonnassa. Biohiilellä voisi olla pohjoisissa olosuhteissa potentiaalia orgaanisen lannoiteaineen pohjaksi. Tällöin lannoitteen levityksen yhteydessä biohiili päätyisi peltomaahan hiilinieluksi ja parantaisi samalla maan rakennetta. Tämä kuitenkin vaatii jatkotutkimusta sopivimpien kasvimateriaalien ja pyrolyysin lämpötilojen löytämiseksi lannoiteainepohjana toimivalle biohiilelle.

VTT:n tutkimuksessa *StormFilter Material Testing Summary Report Localized performance of bio- and mineral-based filtration material components* testattiin mm. koivu- ja kuusibiohiilen kykyä pidättää ja

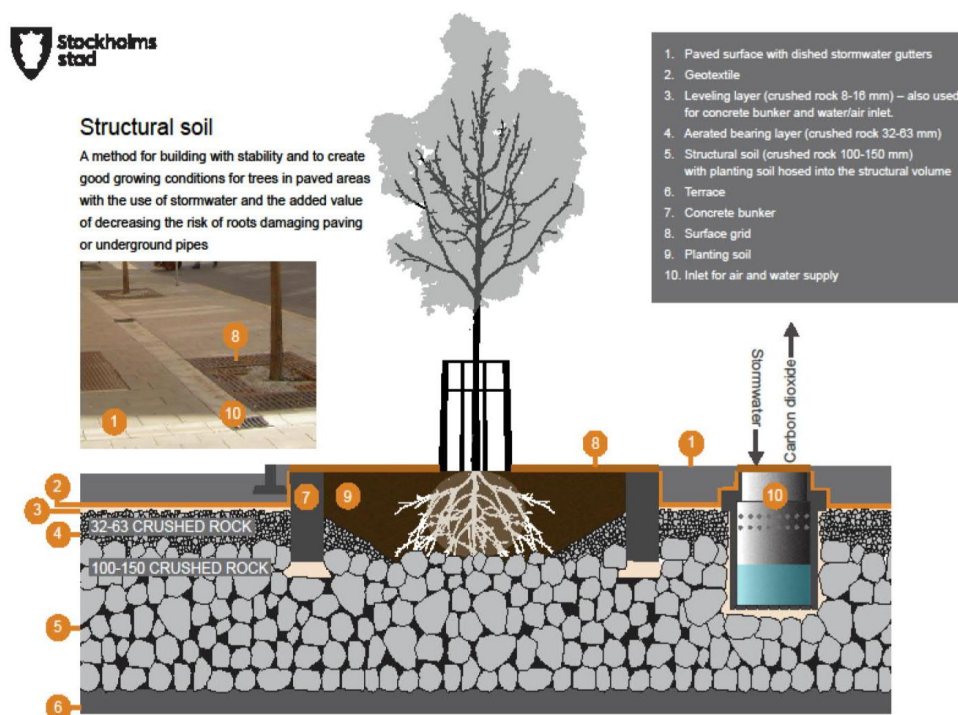
vapauttaa hulevesissä usein esiintyviä ravinteita ja haitta-aineita. Tutkimuksessa todettiin, että molemmat pidättivät kuparia, lyijyä ja sinkkiä, mutta kuusi pidatti vielä fosforia, jota taas koivu vapautti. (Holt, litti, Korkealaakso, Kousa, Loimula & Wendling 2017.)

3.6 Tukholman kaupungin käytännönkokemuksia biohiilestä

Tukholman kaupunki on testannut biohiilen käyttöä kantavissa kasvualustoissa jo lähes 10 vuoden ajan. Vanhojen katupuiden tiivistyneet perinteisin keinoin toteutetut kasvualustarakenteet on korvattu biohiilirakenteella ja uusia puita on istutettu biohiilipitoiseen kantavaan kasvualustaan. Biohiilen lisäksi Tukholman kaupunki on testannut kantavan kasvualustan hienoaineksen tilalla hiekkaa, savea, laavaa sekä turvetta, mutta ei yhtä hyvin tuloksin. Vuodesta 2009 lähtien Tukholman kaupungin katupuiden kantavien kasvualustojen rakenteissa on käytetty pääasiassa biohiiltä tavanomaisen maa-aineksen sijaan. (Embrén, 2016b.)

Tavoitteena on ollut luoda katupuiden kasvuolosuhteet lähemmäksi luonnollista tilaa ajatellen kasvualustan luonnollista hydrologiaa ja hulevesien suodatusmekanismeja. Tukholmassa oli havaittu, että lisäämällä biohiiltä katupuiden kasvualustaan sen huokoisuus paranee ja kasvualustan tiivistyminen vähenee.

Tällöin kasvualustan kaasunvaihto toimii paremmin, joten juuret ja koko puu voivat paremmin.



Kuva 8. Biohiilipitoisen kantavan kasvualustan periaate, jota Tukholman kaupunki on käyttänyt rakentaessaan kantavia kasvualustoja. (Embrén 2015.)

Biohiilipitoiseen kantavaan kasvualustaan istutettu 6-vuotias puu on havaittu olevan samankokoinen kuin 30-vuotias perinteisessä kantavassa kasvualustassa kasvanut saman lajin puu. (Embrén, 2016b.)

Tukholmassa biohiili tuodaan valmiiksi kiviainekseen sekoitettuna työmaalle, sillä sen on todettu vähentävän kustannuksia verrattuna työmaalla tapahtuvaan sekoitukseen.

Kantava kasvualusta koostuu ilmanvaihtokerroksesta, jossa on biohiiltä # 1 – 10 mm ja kalliomursketta # 32 – 63 mm, sekä sen alla kantava kerros, jossa on biohiiltä sekä suurempirakeisempaa kalliomursketta esimerkiksi # 100 – 150 mm. Biohiiltä tulee 2.25m³ eli 15 – 25 % kantavan kasvualustan määrästä puuta kohden. Biohiileen on valmiiksi lisätty ravinteet. (Embrén, 2016b.)

4 BIOHIILI KANTAVASSA KASVUALUSTASSA

Katualueille sijoitetaan kadun rakennekerrosten lisäksi paljon maanalaista infraa, kuten kaapeleita, viemäreitä ja muita maanalaisia rakenteita. Katupuiden juuristolle jää huomattavasti vähemmän tilaa urbaanissa ympäristössä kuin rajaamattomassa kasvualustassa esimerkiksi puistoalueella tai metsässä.

Lisäksi kasvualusta ja maaperä tiivistyvät herkästi alueilla, jossa liikutaan. Tällöin kasvualustan huokoisuus vähenee eivätkä puun juuret saa tarpeeksi happea. Hapettomissa oloissa juuret kuolevat ja puun kasvu saattaa pysähtyä kokonaan. Puun tavanomaista pienemmän juuriston veden ja ravinteiden otto heikkenee. Tällöin myös kasvin hiilihydraattivarannot vähenevät, jolloin kasvin toipuminen kasvitaudeista, tuholaisilta ja kulutuksen aiheuttamista vaurioista heikkenee huomattavasti. (Sirviö 2009, 92.)

Jyväskylän Puutarhakadun kantavien kasvualustojen varsinaiset rakennussuunnitelmat eivät ehtineet valmistua tämän opinnäytetyöprosessin aikana, joten opinnäytetyössä käsitellään Puutarhakadun biohiilipitoiset kantavat kasvualustat periaatteellisella tasolla asiaa havainnoivien poikkileikkauskuvien avulla. Rakennussuunnitelmien laatiminen jatkuu tämän opinnäytetyön valmistumisen jälkeen.

4.1 Kantavan kasvualustan peruseriaate

Katualueella kasvualustaa voidaan jatkaa integroimalla se kadun rakennekerrokseen. Tällaista kasvualustaa kutsutaan kantavaksi kasvualustaksi. InfraRYL 2010 määritelmän mukaan kantava kasvualusta on kasvualustarakenne, joka toimii sekä kadun rakenteena että mahdollistaa puiden juurille riittävän kasvutilan.

Päällystetyillä alueilla on käytetty karkean kiviaineksen ja kasvualustan sekoitusta, joka mahdollistaa puun juuriston leviämisen kasvualustarakenteeseen. Oikein tehty kantava kasvualusta ei siis lisää päällystetyn rakenteen routivuutta eikä heikennä sen kantavuutta. (Soini 2009, s. 173) Kantavan kasvualustan on siis oltava huolellisesti tiivistetty, mutta toisaalta puun kannalta on tärkeää, että kasvualustassa on riittävästi ilmahuokosia, jotta juuret saavat happea. Ratkaisuna voidaan rakenteeseen asentaa ilmastusputket tai ilmastuskerros parantamaan juuriston hapensaantia. (Sirviö 2009, 92.)

Kantava kasvualusta sisältää 2/3 (InfraRYL 2010 mukaan 65...75 %) karkeaa tukirakennetta eli kiviainesta ja 1/3 (InfraRYL 2010 mukaan 25...30 %) hienompaa maa-ainesta. Tukirakenteen raekoko voi olla esimerkiksi 50...150 mm, 70...170 mm tai 100...200 mm. (Soini 2009.) Kantavaa kasvualustaa on saatavana valmiiksi sekoitettuna tai se voidaan sekoittaa vasta työmaalla levittämällä ensin kiviaines ja sen jälkeen hienoaines ja huuhtelemalla vedellä hienoaines kiviainepartikkeleiden väleihin.

InfraRYL 2010 ohjeistukseksi puun kasvualustan tilavuudeksi katualueella tai muulla alueella, jossa kasvualusta on rajattu, on annettu $25 \text{ m}^3 / \text{puu}$. Pienikokoiselle puulle InfraRYL 2010 mukaan riittää kantava kasvualustaa $15 \text{ m}^3 / \text{puu}$. Jos puu on rajaamattomalla, tavanomaisella kasvualustalla, esimerkiksi puistossa nurmi tai niittyalueella, ja kasvualusta on yhteydessä ympäröivään kasvualustaksi sopivaan maaperään, suosituksena puun minimi kasvualustatilavuudeksi on annettu $7,2 \text{ m}^3 / \text{puu}$.



Kuva 10. Nybrogatan Tukholmassa rakennettiin vuonna 2015. Kuvassa istutuskaivanto ja oikealla betonilaatikko, jonka sisään uusi puu istutettiin. (Embrén 2016b, 31, 33.)



Kuva 11. Valmis rakenne vasemmalta oikealle vuonna 2016 ja 2017 (kuva vas: Embrén 2016b, 35; kuva oik: Hanna Myllylä 2017.)

4.3 Tukholman esimerkki 2: Kantava kasvualusta Valhallavägenillä

Esimerkkikohteena nurmipintaisesta kantavasta kasvualustasta on Tukholmassa Valhallavägen, joka on 100 vuotta vanha katu. Neljässä rivissä kasvavien vanhojen lehmusten tiivistynyttä kasvualustaa on alettu vuonna 2015 vaihtamaan biohiilen ja sepelin seokseen. Päällyskerroksena on 100 mm sepelin # 2 – 6 mm ja biohiilen 1/3-seos, johon on kylvetty nurmi. Jalkakäytävän hulevedet ohjataan nurmikaistalle, josta osa vesistä imeytyy kasvualustaan ja osa ohjataan kaivoon.



Kuva 12. Tukholman Valhallavägenillä vaihdetaan nurmipintaisen viherkaistan nykyisille katupuille biohiilipitoinen kantava kasvualue. Oikealla valmis rakenne samalla kadulla. (kuvat Hanna Myllylä, 2017.)

4.4 Case: Green Street, Jyväskylä

4.4.1 Hankkeen esittely ja tavoite

Green Street -pilottihanke sijoittuu Jyväskylän Puutarhakadulle ja on yksi Jyväskylän kaupungin käynnissä olevista vesien tilaan ja hulevesien hallintaan keskittyvistä projekteista, jotka yhdessä sisältyvät *Tourujoen valuma-alueen hyvän vesien tilan saavuttaminen* -hankkeeseen. Hanke taas on osa ympäristöministeriön hallinnoimaa, hallitusohjelman mukaista *Kiertotalouden läpimurto, vesistöt kuntoon* -kärkihanketta. (Jyväskylän kaupunki 2017.)



Kuva 13. *Tourujoen valuma-alueen hyvän vesien tilan saavuttaminen – hankkeeseen sisältyvät projektit.* (Jyväskylän kaupunki 2017.)

Tukholman kaupungin tutkimat ja rakentamat useat biohiilikohteet innostivat Jyväskylän kaupunkia testaamaan biohiiltä myös Puutarhakadulla. Puutarhakadulla pilotoidaan tavanomaisen hulevesiviemäröinnin sijaan innovatiivisia rakenteita tavoitteena yhdistää katupuut ja niiden kasvualustat olennaiseksi ja toiminnalliseksi osaksi hulevesien hallintaa.

Tavoitteena on testata biohiilen vaikutuksia hulevesien laatuun, sillä suunnittelukohteen hulevedet virtaavat Tourujoen suuntaan. Toisaalta tavoitteena on vaikuttaa myös huleveden määrään, koska Tourujoen rantaluiskat ovat eroosioherkkiä ja suuret vesimäärät kuluttavat niitä. Kolmantena tavoitteena on seurata katupuiden ja muun kasvillisuuden menestymistä katualueella, kun kasvualustana käytetään biohiilirakennetta. (Tuomi 2017.)

Puutarhakadun biosuodatusrakenteissa testataan biohiilen lisäksi myös kevytsoraa ja turvetuhkaa. (Tuomi 2017.) Tämä opinnäytetyö käsittelee Puutarhakatua kuitenkin vain biohiilen osalta, joten se on vain murto-osa koko Green Street -pilottia.

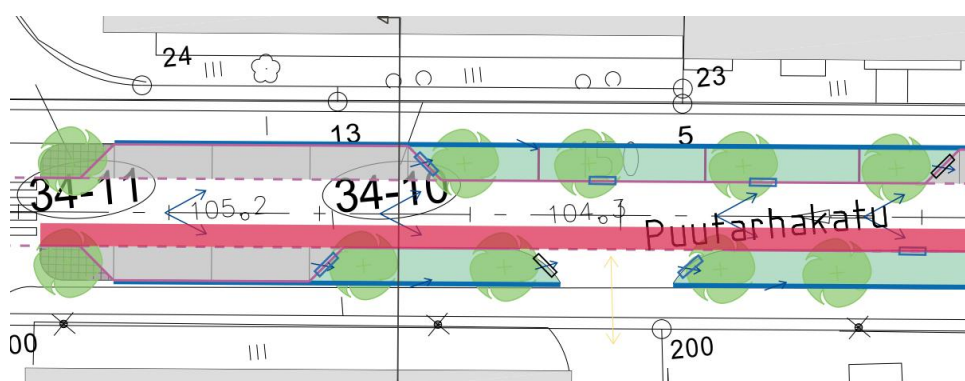
Ylläpidon toimivuutta seuraamalla saadaan tietoa siitä, saavutetaanko biohiilipilotin tavoitteet. Seurannasta on hyvä laatia suunnitelma, miten, milloin ja millä menetelmillä seuranta tehdään. Virtaamamittareiden avulla voidaan tarkkailla rakenteen vedenpidätyskykyä. Seurannassa on tarkoitus keskittyä pääasiassa kasvillisuuden menestymiseen ja ylläpidon toimivuuteen, sillä ilman vertailukohdetta on vaikea arvioida, mitkä tulokset ovat suoraan biohiilestä johtuvia ja mitkä jostakin muusta rakenteen osasta tai muusta tapahtumasta. (Tuomi 2017.)

Puutarhakadulla hulevesien määrällistä ja laadullista hallintaa on ollut tavoitteena toteuttaa viherpainanteilla, istutusalueilla sekä läpäisevillä päällysteillä. Nämä menetelmät on tarkoitus osittain tai kokonaan linkittää toisiinsa, jolloin vesi kulkisi usean menetelmän läpi. Tässä opinnäytetyössä tarkastellaan vain yhtä Puutarhakadun hulevesien hallintamenetelmistä eli biohiilipitoista kantavaa kasvualustaa.

4.4.2 Puutarhakadun kantavan kasvualustan biohiiliratkaisu

Puutarhakadun puut istutetaan kantavaan kasvualustaan, joissa käytetään kahta erilaista rakenneratkaisua. Toisessa kantava kasvualusta on läpäisevällä kiveysalueella, kuten kuvassa vasemmalta ensimmäiset puut ovat. Niille hulevesi imeytyy läpäisevän kiveyksen läpi kasvualustaan. Kantava kasvualusta jatkuu kadunvarsipysäköinnin alle, joka päällystetään läpäisevällä asfaltilla. Kantava kasvualusta jatkuu yhtenäisenä katua eteenpäin viherkaistalle, jonne istutetaan useampi puu.

Tämä toinen kantavan kasvualustan periaate on nurmipeitteinen ja saa hulevetensä katualueelta reunakivilinjassa olevasta aukosta.



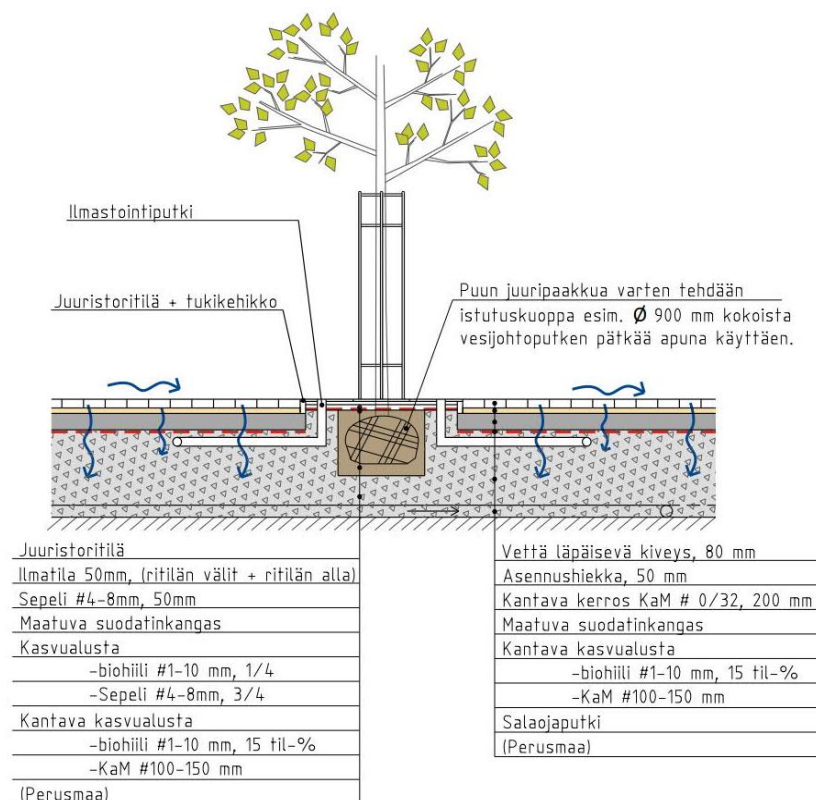
Kuva 14. Ote Puutarhakadun yleissuunnitelmaluonnoksesta. (Ramboll 2017a.)

- Biohiilipitoinen kantava kasvualusta läpäisevällä kiveysalueella

Puutarhakadulla läpäisevälle kiveysalueelle sijoittuvan kantavan kasvualustan rakenneperiaate voisi olla esimerkiksi kuvassa 15 esitetyn suunnitelmaluonnoksen mukainen.

Kantavana rakenteena käytetään karkeaa kalliomursketta #100–150 mm, johon sekoitetaan biohiiltä 15 % kantavan kasvualustan tilavuudesta. Puun istutuskuoppa tehdään esimerkiksi suurta vesijohtoputken pätkää käyttäen. Putki asennetaan kaivantoon pystyasentoon ja sen sisään laitetaan biohiili + sepeli – seosta sekä puun juuripaakku. Vesijohtoputken pätkä poistetaan kun ympärystäyttö on valmis.

Tukholmassa kantavan kasvualustan päälle levitettiin ilmastuskerros, mutta tässä kohteessa käytetään ilmastointiputkea. Se asennetaan juuripaakun ympärille ja putkenpää tuodaan juuristoritilän huoltoluukkuihin kiinni. Ilmastusputki on hyvä päällystää kauttaaltaan kookoskankaalla estämään hienoaineksen valumisen putken rei'istä sisään ja putken tukkeutumisen. Kantavan kasvualustan päälle levitetään maatuva suodatinkangas, joka estää päällysrakenteen sekoittumisen alempiin kerroksiin. Maatuva suodatinkangas kestää toimintakykyisenä noin 3 vuotta, jonka jälkeen se alkaa hajota vedeksi, humukseksi ja hiilidioksidiksi. Seuraavaksi levitetään päällysteen kantava kerros, asennushiekka ja lopuksi vettä läpäisevä kiveys. Kivien saumaus tehdään saumaushiekalla.



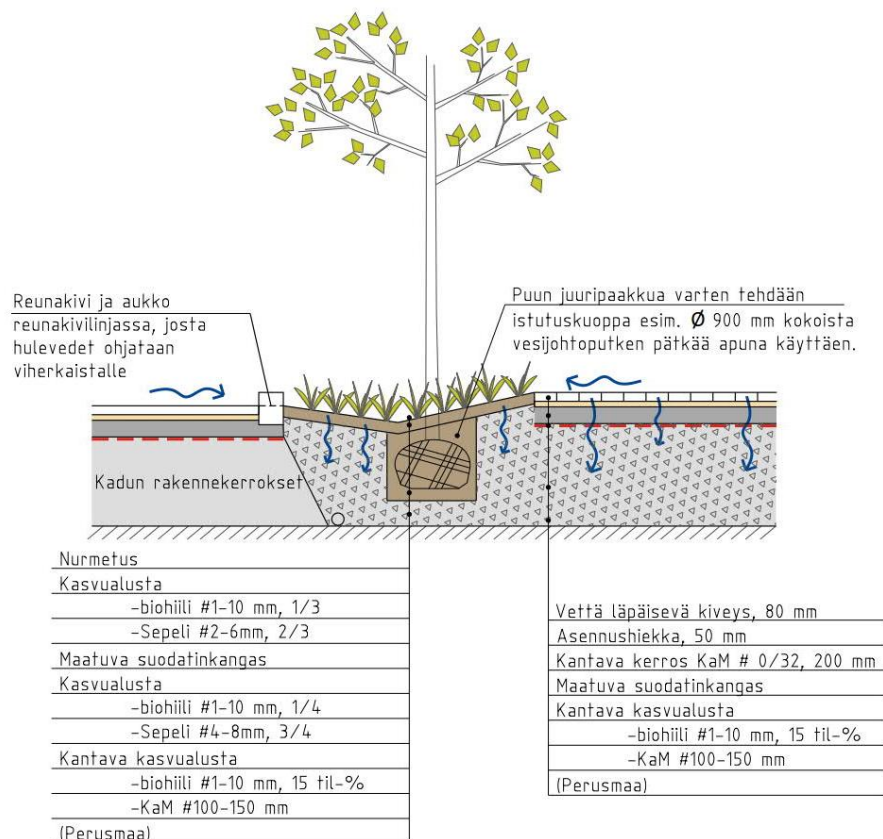
Kuva 15. Suunnitelmaluonnos kiveysalueelle sijoittuvasta kantavasta kasvialustasta. (Hanna Myllylä/Ramboll Finland Oy 2017)

Kiveysalueilla puun juurelle asennetaan juuristoritilä, sekä sitä varten tukikehikko. Tässä kohteessa käytetään 1500x1500 mm juuristoritilää. Tämä estää maan tiivistymisen puun juurella. Ritilän tukikehikko asennetaan ja tuetaan kiveyksen alle tulevaan kantavaan kerrokseen. Kantava kasvialustan pinta juuristoritilän kohdalla levitetään kiveyksen kantavan kerroksen korkeudelle. Päälle levitetään maatuva suodatinkangas ja sen päälle 50 mm sepeli #4-8 mm. Ritilän alle jää vielä noin 50 mm ilmatila.

- Biohiilipitoinen kantava kasvialusta viherkaistalla

Puutarhakadulla viherkaistalle sijoittuvan kantavan kasvialustan rakenneperiaate voisi olla esimerkiksi kuvassa 16 esitetyn suunnitelmaluonnoksen mukainen.

Kantava kasvialusta voidaan ulottaa jalkakäytävän alle, jolloin puun juuret saavat lisää tilaa levittyä. Juuripaakku asennetaan samalla periaatteella kuin kiveysalueen kantavaan kasvialustaankin, siten, että juuripaakun ympärille laitetaan hienorakeisempaa biohiili + sepeli -seosta esimerkiksi suurta vesijohtoputken pätkää avulla käyttäen. Viherkaistan nurmetusta varten kantavan kasvialustan pintaan levitetään 100 mm biohiilen #1-10 mm ja sepelin #2-6 mm seosta suhteessa 1:3.



Kuva 16. Suunnitelmaluonnos viherkaistalle sijoittuvasta kantavasta kasvualustasta. (Hanna Myllylä/Ramboll Finland Oy 2017)

Hulevedet ohjataan viherkaistalle pintavaluntana ajoradalta reunakivilinjassa olevasta aukosta. Hulevesiä ohjataan viherkaistalle myös jalkakäytävältä pintavaluntana sekä läpäisevän kiveyksen läpi. Viherkaistan pinta muotoillaan painanteeksi, johon jätetään pieni lammikoitumistila, esimerkiksi 150 mm. Hulevesi imeytyy kasvualustaan nurmetuksen sekä läpäisevän kiveyksen kautta. Rakenteen pohjalle asennetaan salaojaputki.

Tukholmassa nurmialueelle sijoittuvaan kantavaan kasvualustaan on rakennettu ilmastuskerros, jonka ilmanvaihto tapahtuu sadevesikaivon integroidun ilmastuskaivon avulla.

Rakenne erotetaan kadun rakennekerroksista bentoniittimatolla, jotta imeytyneet hulevedet eivät pääsisi heikentämään kadun rakennekerrosten routimattomuutta.

5 BIOHIILI HULEVESIRAKENTEESNA

5.1 Biopidätys yhtenä hulevesien hallintakeinona

Hulevesien vähentäminen on tärkein osa hulevesien hallintaa. Hulevesien vähentäminen tarkoittaa muodostuneiden hulevesien määrän pienentämistä tai hulevesien muodostumista kokonaan. Yksi hulevesien vähentämisen keino on biopidätys.

Biopidätysalue on kasvillisuuspeitteinen imeytyspainanne, jonka tarkoituksena on puhdistaa hulevesiä kasvillisuuden avulla, viivyttää hulevesiä orgaanisessa maa-aineksessa sekä suodattamalla hulevedet maa-aineksen läpi. Biopidätysalueelle voidaan ohjata esimerkiksi katualueen likaiset hulevedet ja käsitellä ne siinä. (Suomen Kuntaliitto 2012)

Biopidätysalueen kasvillisuudelta vaaditaan sekä kosteuden että kuivuuden kestävyyttä. Kasvialustan tulee olla vettä hyvin läpäisevä, mutta toisaalta vettä varastoiva, jotta kasveille olisi vettä saatavilla. (Suomen Kuntaliitto 2012) Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että kasvialusta voisi esimerkiksi sisältää vedenläpäisevyyttä edistävää tasarakeista kiviainesta sekä vettä pidättävää orgaanista ainesta, esimerkiksi sekoituksilla sepeli + turve tai sepeli + biohiili. Vedenläpäisevyys estää rakenteen jäätymisen talviaikaan.

Kasveilta vaaditaan myös tiesuolan kestävyyttä, etenkin silloin kun hulevedet tulevat esimerkiksi ajoradalta. Erityisen tehokas hulevesien

puhdistusrakenne on juurakkopuhdistamo, jossa biopidätysalue on kokonaan tehtävään soveltuvan kasvillisuuden peitossa. Runsaalla lajikirjolla ei ole suurta merkitystä, mutta kuitenkin paras puhdistusteho saavutetaan useammalla lajilla jo kasvillisuuden menestymisenkin varmistamiseksi. Parhaat lajit juurakkopuhdistamoon ovat aggressiivisesti leviävät lajit, kuten järviruoko, osmankäämi ja paju. (Suomen Kuntaliitto 2012)

Hulevesien ollessa laadultaan hyvin huonoja biopidätysalue voidaan eristää ympäröivästä maaperästä esimerkiksi kalvolla tai vastaavalla vedenpitävällä rakenteella. Tällöin biopidätysalue tulee varustaa ylivuotokaivolla, jolloin rankemmilla ja pitkäkestoisemmilla sateilla, kun biopidätysrakenne on jo täynnä vettä, eikä pääse imeytymään ympäristöön, hulevedet purkautuvat hallitusti hulevesiviemäriin. Tällöin biopidätysalue toimii pelkästään viivyttävänä ja suodattavana rakenteena.

5.2 Biopidätysalueen perustoimintaperiaate

Biopidätysalue on kasvillisuuspeitteinen ympäröivää aluetta alemmalla tasolla oleva painanne, johon kerääntyvät tietyn valuma-alueen hulevedet ja lammikoituvat noin 100–250 mm syväksi lammikoksi, mikä tehostaa hulevesien viivytyä. Lammikoitumistilavuuden tulisi tyhjäntyä viimeistään vuorokauden kuluttua, jotta sama tilavuus olisi taas uuden rankkasateen käytettävissä.

Kasvualusta toimii vettä pidättävänä ja suodattavana rakenteena, josta hulevedet imeytyvät hiljalleen alempiin kerroksiin ja myös usein kasvialustan alle rakennettavaan hulevesien varastokerrokseen. Heikommin vettä läpäisevät ja johtavat maalajit vaativat biopidätysalueen salaojituksen. (Suomen Kuntaliitto 2012)

5.3 Tukholman esimerkki 3: Hulevesien imeytysalue Pilgatanilla

Pilgatanille rakennettiin vuonna 2014 pieni hulevesien imeytysalue, jonka rakenne koostuu 1/4 osasta biohiiltä # 0 – 10 mm ja 3/4 osasta murskettä # 4 – 8 mm (hiekoitussepele). Kasvialusta rakennettiin 800 mm paksuksi. Kasvillisuutena on perennoja ja magnolioita. (Embrén, 2016b.)



Kuva 17. Hulevesien imeytyspainanne Pilgatanilla Tukholmassa. Vasemmalla vuonna 2016 ja oikealla 2017. (Embrén 2016b, 79; Myllylä 2017.)

Maastokäynnillä havaittiin, että istutusalueelle ei ole levitetty erikseen varsinaista katetta, vaan näkyviin on jätetty kasvualustan hiekoitussepelipinta. Suuremmat ja tiheämpikasvuiset perennat peittävät sepelin alle, mutta pienempien perennojen tai kasvuolosuhteisiin sopimattomien lajien väleistä sepeli näkyy selvästi.



Kuva 18. Hulevesien imeytysrakenne Pilgatanilla. Sepelipinta on jäänyt osittain näkyviin perennojen väleistä. (Myllylä 2017)

5.4 Biohiilen pilotointi biopidätysalueessa, Case: Niittykumpu

5.4.1 Hankkeen esittely ja tavoite

Niittykumpu sijaitsee Espoossa ja on yksi valmistuvan Länsimetron varrella olevista kehittyvistä asuinalueista. Osana suurempaa Niittykummun alueen rakennussuunnittelua suunniteltiin nykyisen Merituulentien varrelle neljä biopidätysaluetta sekä yksi viivytyspainanne, joissa tarkoituksena on pilotoida biohiilen toimintaa hulevesien puhdistuksessa.



Kuva 19. Biopidätysalue suunniteltiin Merituulentielle ajoradan ja jalkakäytävän väliselle viherkaistalle. (Myllylä 2017.)

Merituulentie on nykyinen itä-länsisuuntainen, Kehä II:lta Tapiolan keskukseen kulkeva runsaasti liikennöity 4-kaistainen tie, jonka molemmilla puolilla on yhdistetty jalkakäytävä ja pyörätie.

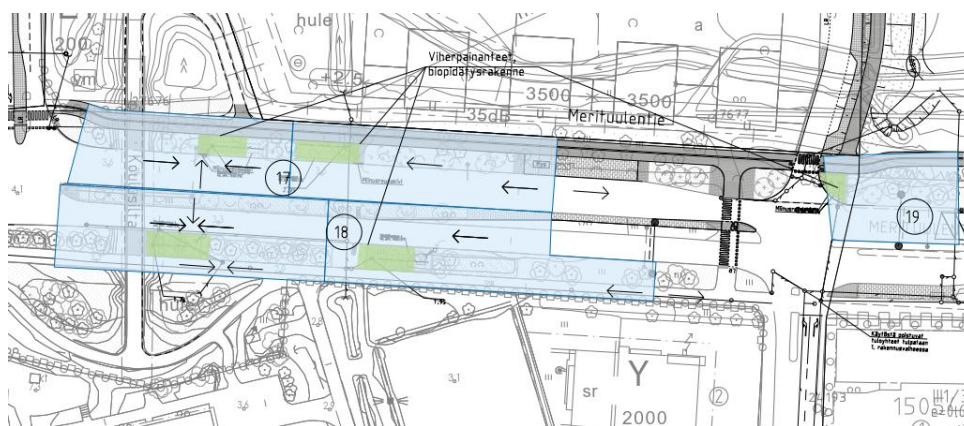
Espoon kaupungin teettämän Niittykummun ekologiastrategian vaatimuksesta koko Niittykummun alueelle on aiemmin tehty hulevesien hallintasuunnitelma, jossa etsittiin keinoja sekä määrälliseen että laadulliseen hulevesien hallintaan. Etenkin Gräsanojan vedenlaatu ja meritaimenten suojelu ovat olleet tärkeänä motiivina näiden keinojen pohtimiselle. Niittykummun useista käynnissä olevista suunnittelualueista Merituulentien suunnitteluaiakataulu sopi biohiilipilotointiin. (Knuuti 2017.)

Merituulentien biohiilipilottikohde on ensimmäinen koko Espoossa, joten Espoon kaupungin tavoitteena on saada perustietoa ja kokemusta rakenteen toimivuudesta vesien puhdistajana ja kannattaako sitä käyttää muualla. Pilotissa vertaillaan neljää toisistaan hieman eroavaa biosuodatusaluetta niiden puhdistustehon, rakentamisen, ylläpidon ja

ulkonäön kannalta. Jonkun näistä neljästä rakenteesta toivotaan toimivan paremmin kuin muut, jolloin sitä voitaisiin käyttää myös muualla. Lisäksi halutaan selvittää, antaako hulevesien puhdistustulos vastinetta suunnittelun, toteutuksen ja kunnossapidon kustannuksille. (Knuuti 2017.)

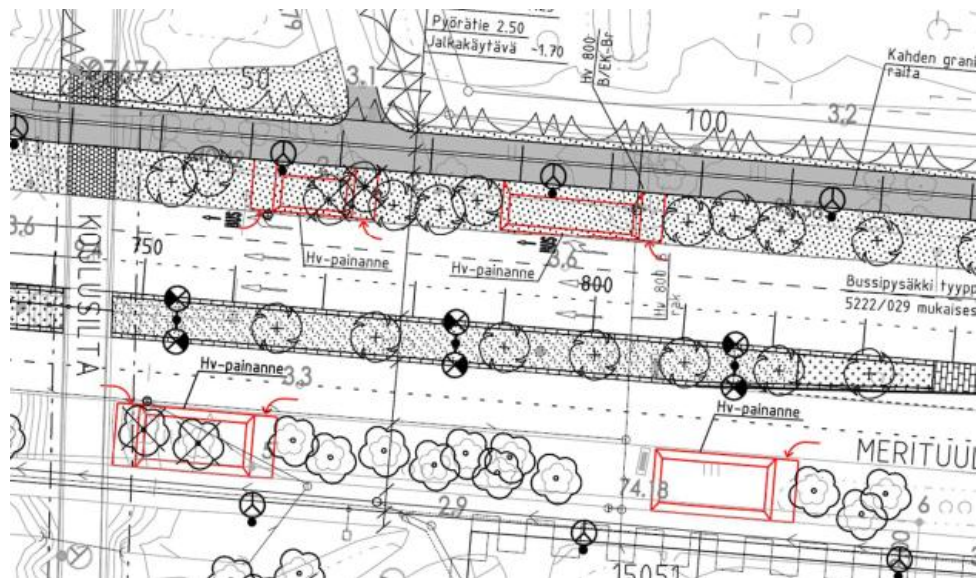
5.4.2 Merituulentien biopidätysalueet

Merituulentien biopidätysalueisiin suunniteltiin seuraavat periaatteet. Biopidätysalueille virtaavat hulevedet tulevat pääosin ajoradalta, mutta jonkin verran hulevesiä virtaa pintavaluntana myös jalkakäytävältä. Kuvassa 20. siniset alueet ovat valuma-alueita, biopidätysalueet ovat vihreällä värillä ja nuolet osoittavat hulevesien virtaussuunnan.



Kuva 20. Ote Merituulentien valuma-alueetarkastelusta, jossa neljä suurempaa vihreää aluetta ovat biopidätysalueita ja pienempi vihreä alue on nurmipeitteinen viivytyksipainanne. (Jalonen / Ramboll 2017.)

Kaikkien biopidätysalueiden pohjalla on 0,4 % pituuskaltevuutta ja sivukaltevuutta, mikä on minimikaltevuus tavalliselle ojalle. Kaivannon pohjalle sijoitetaan salaojaputki, jonka yläpäässä on kannellinen tarkastusputki ja alapäässä on purku kaivoon. Jos vettä tulee painanteeseen nopeammin ja enemmän, kuin rakenteeseen ehtii imeytyä, siitä ehtii haihtua ja kasvillisuus ehtii hyödyntää, on sitä varten biopidätysalueessa ylivuotokaivo. Lammikoitumistilavuutta kaikissa biopidätysalueissa on 150 mm. Tämä tarkoittaa, purkukaivon kansi on 150 mm biopidätysalueen pohjan yläpuolella.



Kuva 21. Merituulentien biopidätysalueet merkittynä punaisella. (Ramboll Finland Oy 2017)

Kaikissa Merituulentien biopidätysalueissa peruseriaate on sama ja rakenne toimii suodattavana ja viivyttävänä rakenteena.

- Ylimpänä kasvualusta (biohiili tai tavanomainen multa)
Vettä ja ravinteita pidättävä valituille kasville välttämätön rakennekerros, jonka sadevesi ensimmäisenä saavuttaa. Kasvi hyödyntää veden ja ravinteet juuristonsa avulla. Kun rakennekerros on pitoisuudeltaan täynnä vettä, hulevesi valuu seuraaviin kerroksiin.
- Suodatinkerros
Hienorakeinen hiekka läpäisee hyvin vettä ja suodattaa hulevesien hienoaineksen estäen siten sen joutumisen alimpiin kerroksiin.
- Kiilakerros
Suodatinkerroksen ja salaojakerroksen välissä on kiilakerros, joka estää hienorakeisen hiekan valumisen heti salaojakerrokseen. Kiilakerros läpäisee vettä hyvin.
- Salaojakerros
Salaojasora läpäisee erittäin hyvin vettä. Se ei sisällä O-ainesta, jolloin veden kapillaarista nousua ylempiin kerroksiin ei tapahdu. Tämän kerroksen pohjalle asennetaan myös salaojaputki, joka varmistaa salaojakerroksen tyhjentymisen hulevesikaivon.
- Bentoniittimatto
Bentoniittimatto levitetään kaivannon pohjalle sekä luiskiin. Sen tehtävä on estää biopidätysalueen rakenteisiin imeytyneen huleveden pääsyn kadun rakennekerroksiin.



Kuva 22. Biopidätysalueen periaatteelliset rakennekerrokset (kuva: Hanna Myllylä)

Kuten kappaleiden 5.4.4. – 5.4.8. esitetyissä asemapiirustus otteissa voi huomata, biopidätysalueiden suunnittelussa tulee huomioida olemassa oleva ja suunniteltava muu infra kuten viemärit, kaapelit, valaisin- ja liikennemerkkien pylvääät sekä muut rakenteet, mutta lisäksi nykyinen kasvillisuus.

Kunnossapidon helpottamiseksi biopidätysalueiden reunoihin ladotaan noppakivikaistat, joka helpottaa ympäröivän nurmikon leikkausta sekä vieressä kulkevan jalkakäytävän aurausta ja hiekoitushiekan harjausta.

5.4.3 Biopidätysalueissa käytetyt kasvilajit

Biopidätysalueen kasvilajeiksi valittiin kestäviä ja helppohoitoisia lajeja, jotka peittävät biopidätysalueen pinnan nopeasti.

Pensaat:

- *Viburnum lentago*, kiiltoheisi, kasvaa 200–400 cm korkuiseksi tiheäksi pensaaksi. Se viihtyy kasvualustassa, joka on tuore tai jopa kostea sekä runsasravinteinen.

- *Salix glauca* var. *calliovaprea* 'Haltia', paljakkapaju, kasvaa nopeasti 40 cm korkuiseksi ja viihtyy kasvualustassa, joka on tuore tai jopa kostea sekä keskisravinteinen. (Suomalainen Taimi n.d.)

Paljakkapaju toimii maanpeitekasvin tavoin koko biopidätysalueen laajuudella. Kasvi peittää biopidätysalueen pinnan nopeasti, mikä vähentää eroosiota ja rikkaruohojen kasvua. Korkeakasvuinen kiiltoheisi, sijoitellaan yksittäispensaiksi toisistaan irrallisina paljakkapajuistutuksen keskelle tuoden vaihtelevuutta istutukseen.



Kuva 23. Vasemmalta *Salix glauca* var. *calliovaprea* 'Haltia' (paljakkapaju) ja *Viburnum lentago* (kiiltoheisi). (Kuvat: Suomalainen Taimi.)

Perennat:

- *Aconogonon nakaii*, pikkuröyhytatar, kasvaa 40 cm korkeaksi. Pitkä kukinta kesäkuusta syyskuuhun. Tiivis, tuuhea ja peittävä kasvutapa.
- *Bistorta officinalis*, isokonnantatar, kasvaa 30/70 cm korkeaksi. Kukkii heinäkuussa ja leviää nopeasti.
- *Fallopia japonica* var. *compacta*, neidontatar, kasvaa 50 cm korkeaksi tiheäksi kasvustoksi. Kukkii syys-lokakuussa.
- *Fragaria moschata*, ukkomansikka, kasvaa 25 – 30 cm korkeaksi. Kukkii kesäkuussa.

Perennat sijoitetaan siten, että hieman matalampikasvuiset perennat, pikkuröyhytatar ja ukkomansikka, istutetaan biopidätysalueen luiskiin suhteessa 70/30. Biopidätysalueen pohjalle sijoitetaan neidontatar ja isokonnantatar suhteessa 60/40.



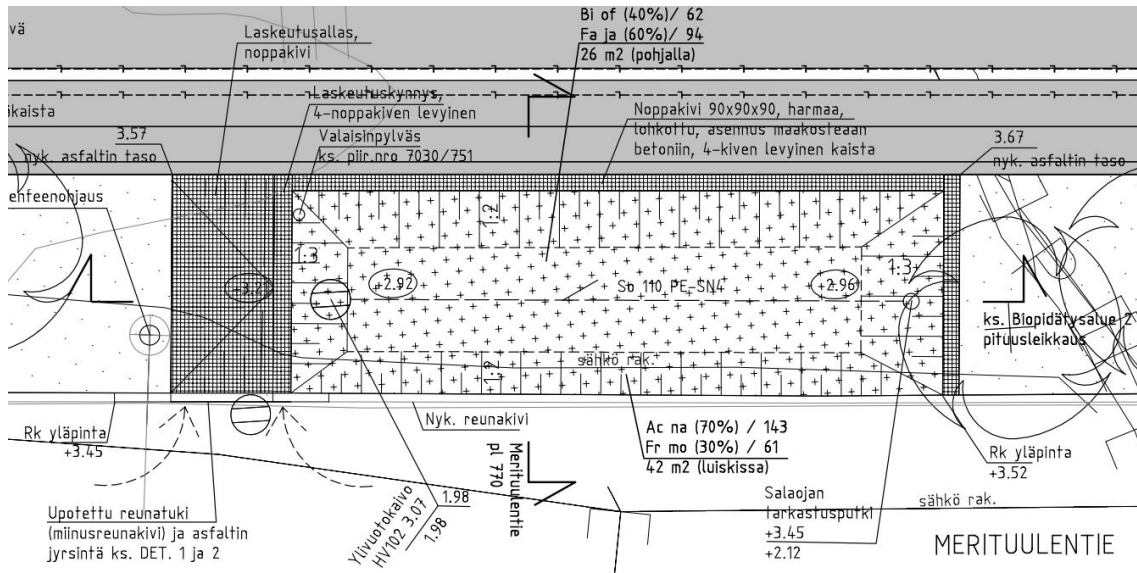
Kuva 24. Vasemmalta ylhäältä *Aconogonon nakaii* (pikkuröyhytatar), *Bistorta officinalis* (isokonnantatar), *Fallopia japonica var. compacta* (neidontatar), *Fragaria moschata* (ukkomansikka). (kuvat: Särkän perennataimisto; Hirvelän taimisto; Terolantaimitarha.)

5.4.4 Biopidätysalue 1

Biopidätysalue 1 on pensasistutus. Hulevedet ohjataan biopidätysalueelle ajoradalta kitakaivon avulla ja ohjataan rumpuputkella pinnan yläpuolelta. Biopidätysalue 1 toimii verrokkikohteena biopidätysalueelle 4, jossa tavanomaisen kasvualustan tilalle laitetaan biohiili-sepeli-seos.

5.4.5 Biopidätysalue 2

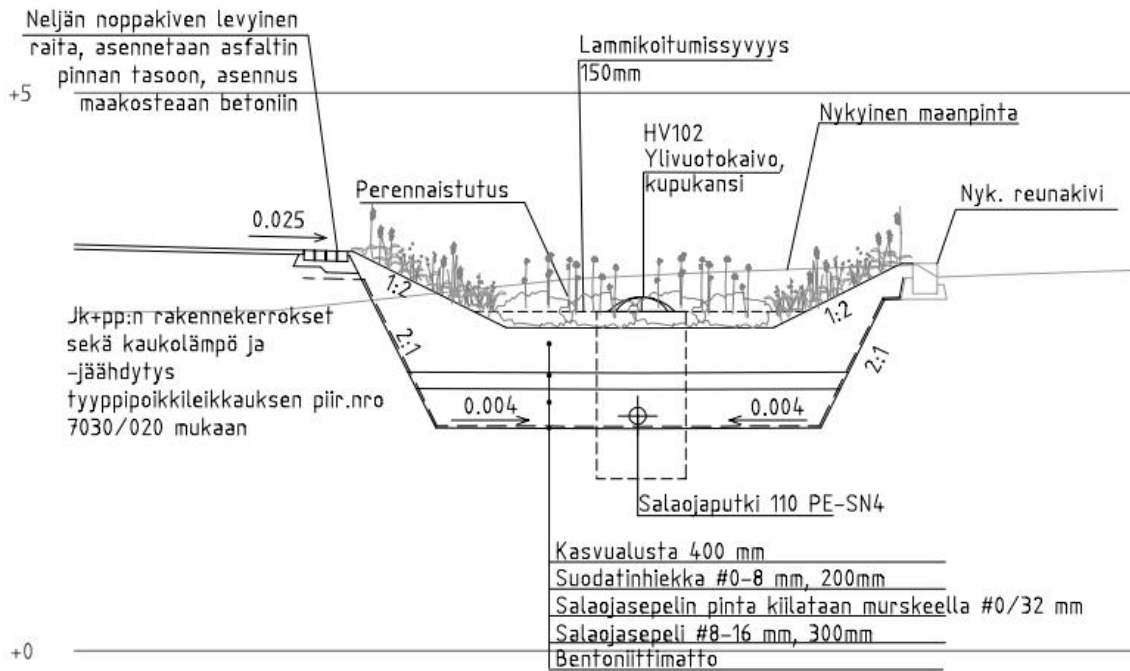
Biopidätysalue 2 on perennapeitteinen. Hulevedet ohjataan biopidätysalueelle ajoradalta madalletun reunatuen yli, jossa ensin kiinteä aines laskeutetaan pienellä noppakivetyllä alueella. Vesi virtaa 2 cm korkean kynnyksen yli kasvipintaiseen biopidätysalueeseen. Biopidätysalue 2 toimii verrokkikohteena biopidätysalueelle 3, jossa tavanomaisen kasvualueen tilalle laitetaan biohiili-sepeli-seos.



Kuva 27. Asemapiirustus Merituulentien biopidätysalue 2. Ote rakennussuunnitelmasta. (Liite 2.)

Biopidätysalueen 2 rakennekerrokset:

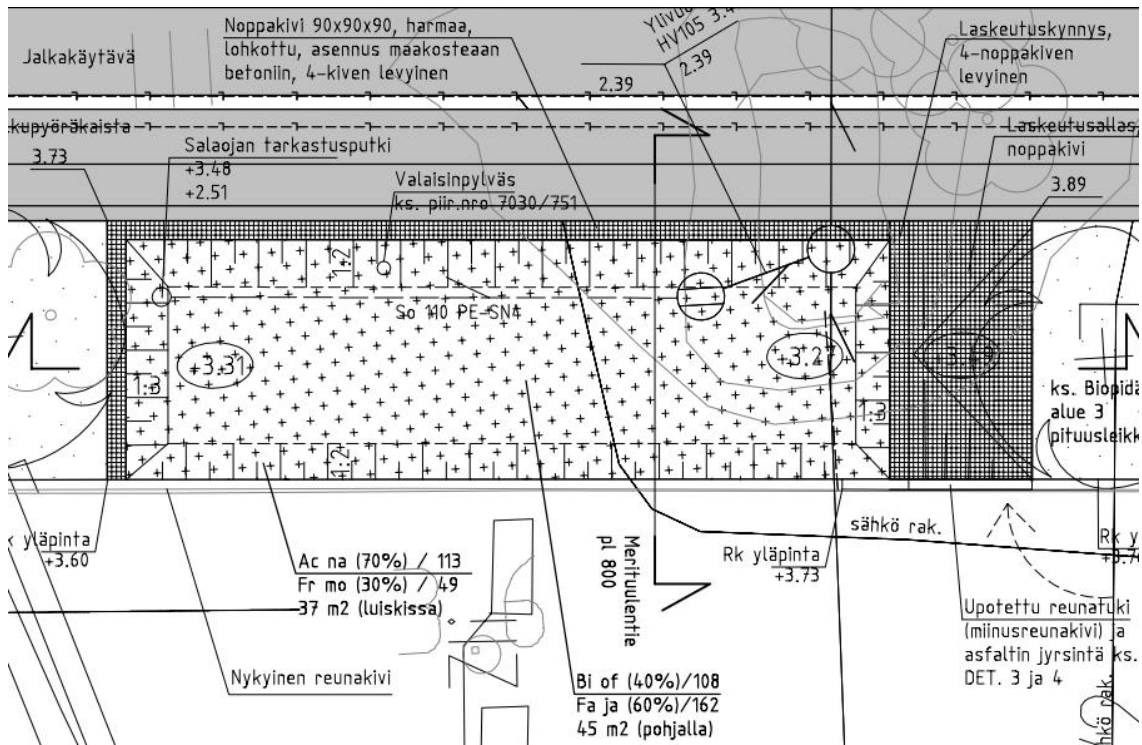
- Kasvualueesta 400 mm, tavanomainen kasvualue
- Suodatinhiekkä #0/8 mm, 200 mm
- Salaojasepeli #8/16 mm, 300 mm
- Bentoniittimatto



Kuva 28. Biopidätysalueen 2 poikkileikkaus. Ote rakennussuunnitelmasta. (Liite 2.)

5.4.6 Biopidätysalue 3

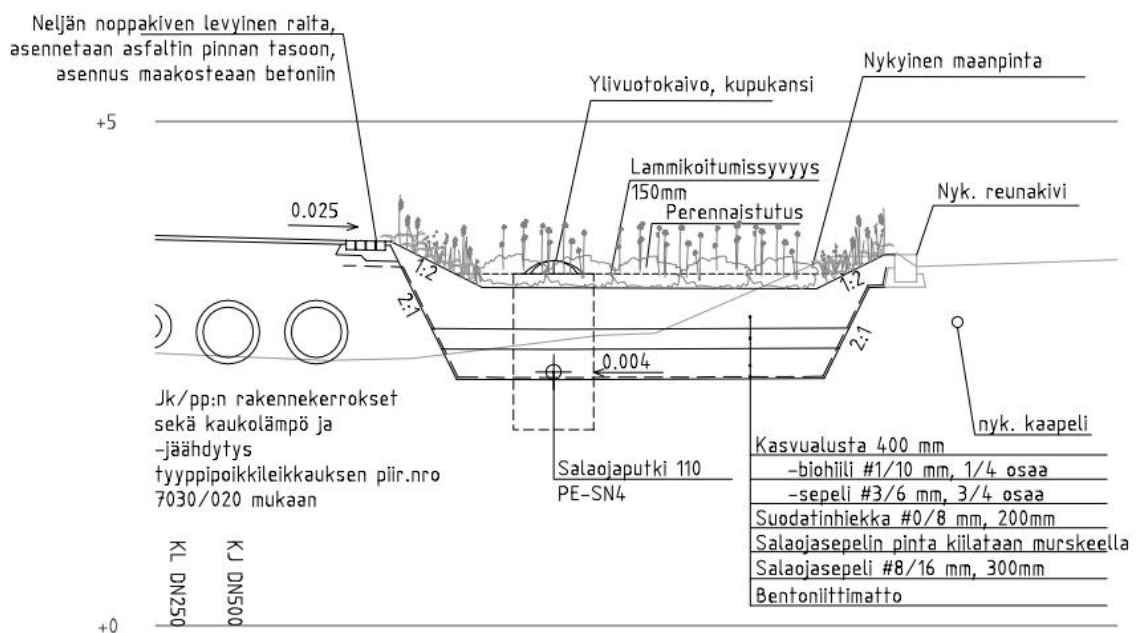
Biopidätysalue 3 on perennapeitteinen. Hulevedet ohjataan biopidätysalueelle samalla periaatteella kuin biopidätysalueella 2 eli ajoradalta madalletun reunatuen yli, jossa ensin kiinteä aines laskeutetaan pienellä noppakivetyllä alueella. Vesi virtaa 2 cm korkean kynnyksen yli kasvupintaiseen biopidätysalueeseen, josta se imeytyy kasvualustaan kasvien käyttöön.



Kuva 29. Asemapiirustus Merituulentien biopidätysalue 3. Ote rakennussuunnitelmasta. (Liite 3.)

Biopidätysalueen 3 rakennekerrokset:

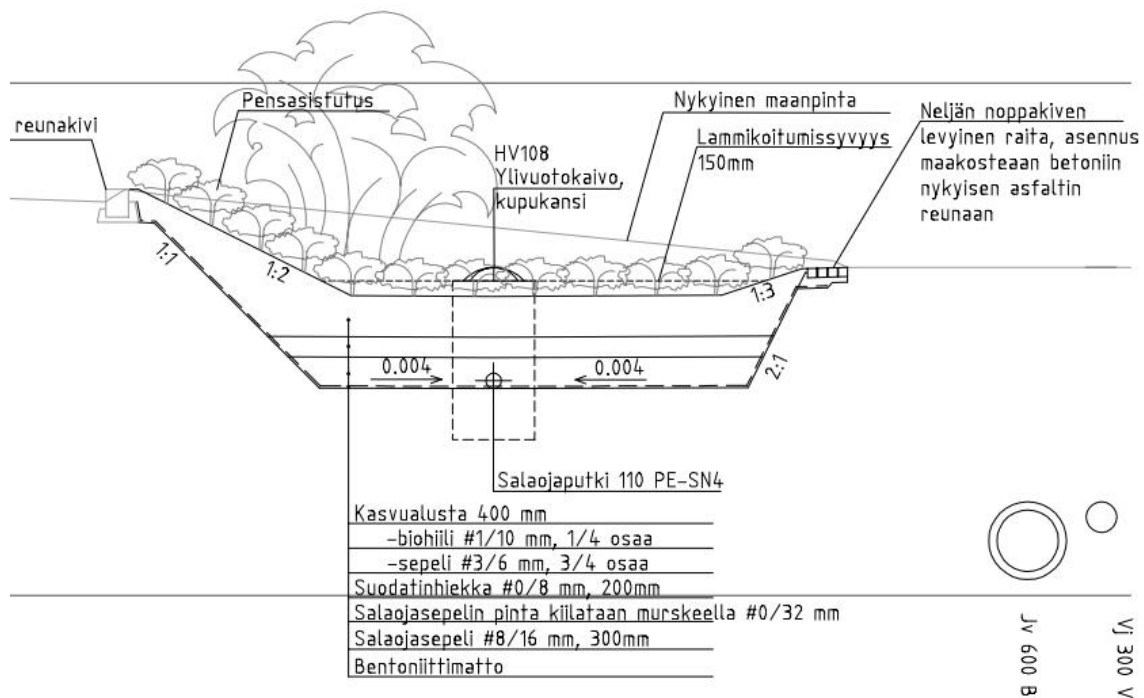
- Kasvualusta 400 mm,
- biohiili #1/10 mm, ¼ osaa
- sepeli #3/6 mm, ¾ osaa
- Suodatinhiekkä #0/8 mm, 200 mm
- Salaojasepeli #8/16 mm, 300 mm
- Bentoniittimatto



Kuva 30. Biopidätysalueen 3 poikkileikkaus. Ote rakennussuunnitelmasta (Liite 3).

5.4.7 Biopidätysalue 4

Biopidätysalue 4 on pensasistutus. Hulevedet ohjataan biopidätysalueelle ajoradalta kitakaivon avulla ja ohjataan rumpuputkella pinnan yläpuolelta. Eli samalla periaatteella kuin vertailukohde biopidätysalue 1.



Kuva 31. Biopidätysalueen 4 poikkileikkaus. Ote rakennussuunnitelmasta (Liite 4).

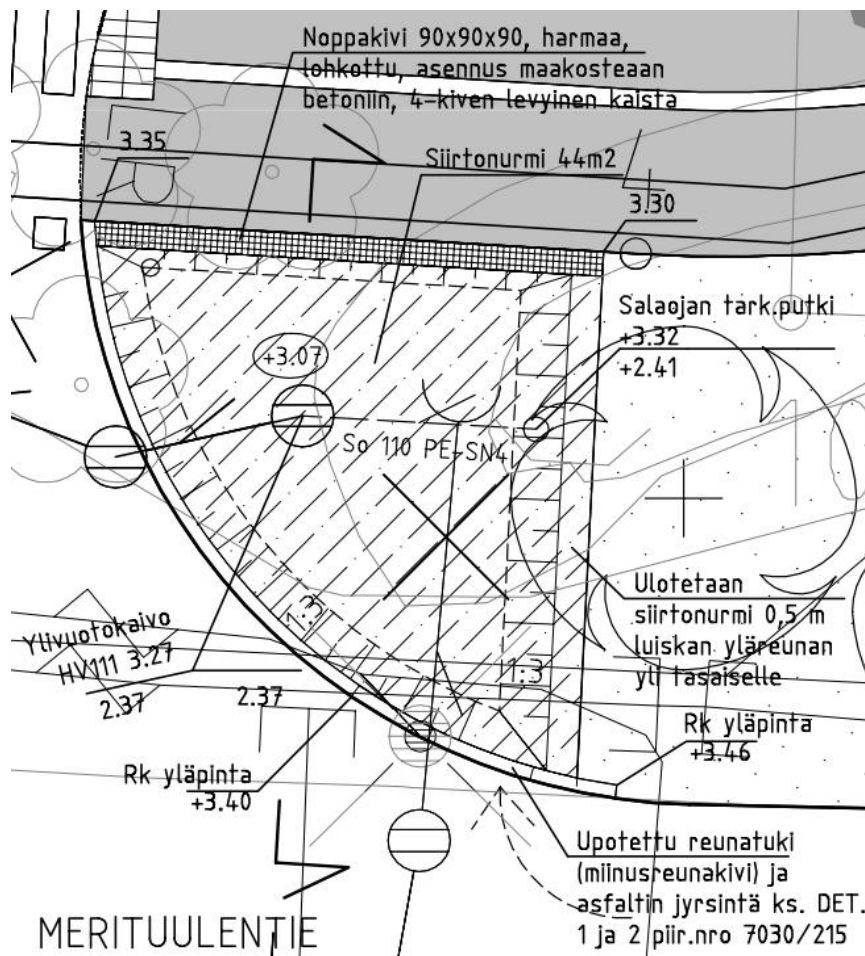
Biopidätysalueen 4 rakennekerrokset:

- Kasvualusta 400 mm,
- biohiili #1/10 mm, ¼ osaa
- sepeli #3/6 mm, ¾ osaa
- Suodatinhiekkä #0/8 mm, 200 mm
- Salaojasepeli #8/16 mm, 300 mm
- Bentoniittimatto

5.4.8 Nurmipintainen viivytysojanne

Edellä mainituista biopidätysalueista poikkeava rakenne on myös Merituulentielle sijoittuva nurmipintainen viivytysojanne. Biohiilirakennetta haluttiin testata myös nurmikolla. Kuvan 28. katkoviivanuoli osoittaa reunakivilinjassa kohdan, josta hulevedet virtaavat ajoradalta viivytysojananteeseen. Nurmena käytetään siirtonurmea, sillä kylvönurmikon siemenet eivät välttämättä ehtisi itää ja

juurtua kasvualustaan ennen ensimmäisiä sateita. Siemenet huuhtoutuisivat hulevesien mukana viemäriin.



Kuva 32. Ote nurmipeitteisen viivytyspainanteen rakennussuunnitelmasta Merituulentien. (Liite 5.)

6 BIOHIILIRAKENTEEN SEURANTAOHJEISTUS

Seurantaohjeistus antaa suosituksia mitä, miten ja milloin tässä opinnäytetyössä suunniteltuja biohiilirakenteita olisi hyvä tutkia. Varsinaista seuranta tämän opinnäytetyön aikana ei tehdä.

6.1 Kantavan kasvialustan seurantaohje

Puutarhakadun kantaviin kasvialustoihin ohjataan hulevesiä jalkakäytävältä sekä ajoradalta. Mikäli näytteitä aiotaan ottaa, viherkaistalle tulisi rakentaa tarkastuskaivo tai -putki, jota näytteenotto olisi mahdollista.

Tarkkailtavat ravinteet ja haitta-aineet ovat:

- kiintoaine
- fosfori (vesistöjen rehevöittäjä)
- kokonaistyyppi ja nitraattityppi (vesistöjen rehevöittäjiä)
- öljyhiilivedyt
- PAH-yhdisteet
- raskasmetallit: Zn (sinkki), Pb (lyijy), Cu (kupari), Ni (nikkeli), Cd (kadmium), Cr (kromi), Hg (elohopea)

Lisäksi tutkitaan näytteen

- pH
- sähkönjohtavuus eli suolojen määrä (tiesuola)

Lisäksi kaivoihin asennettavilla virtaamamittareilla voidaan saada tietoa rakenteen vedenpidätyskyvystä.

6.1.1 Näytteenotto

Parhaan verrokinäytteen saisi samalla valuma-alueella sijaitsevasta kantavan kasvualustan rakenteesta, jossa ei ole käytetty biohiiltä. Tässä kohteessa sellaista ei tehty, joten näytettä verrataan hulevesikaivosta otettuun näytteeseen.

Kantavan kasvualustan tarkastuskaivosta tai –putkesta otetaan vesinäyte. Tämä kuvaa rakenteesta lähtevää vettä. Rakenteeseen tulevaa vettä kuvaa näyte, joka otetaan kaivosta, samalta valuma-alueelta, mutta johon ei pääse vesiä kantavasta kasvualustasta.

6.1.2 Kasvillisuuden seuraaminen

Kasvillisuuden seuraaminen tapahtuu seuraamalla puun kasvua ja vehreyttä usean kasvukauden ajan. Vuosittainen kasvu voidaan todentaa esimerkiksi mittaamalla vuosiversojen pituutta sekä valokuvaamalla kasvia.

Voidaan myös kaivaa varovasti koekuoppa ja tarkastaa puun juurten kunto. Lisäksi maanäytteestä voidaan laboratorio-oloissa tutkia, onko juuristoon kehittynyt mykorrhizasientä.

6.2 Biopidätysalueen seurantaohje

Biopidätysalueen hulevedet tulevat pääosin ajoradalta, joten hulevesien mukana kulkeutuu tiesuolaa.

Biopidätysalueelta tarkkaillaan ravinteita ja haitta-aineita. Lisäksi on hyvä seurata kaivoon huleveden mukana kulkeutuvan kiintoaineen laatua ja

määrää. Kulkeutuuko biohiiltä huleveden mukana ja jos niin kuinka paljon?

Tarkkailtavat ravinteet ja haitta-aineet ovat:

- kiintoaine
- fosfori (vesistöjen rehevöittäjä)
- kokonaistyyppi ja nitraattityppi (vesistöjen rehevöittäjiä)
- öljyhiilivedyt
- PAH-yhdisteet
- raskasmetallit: Zn (sinkki), Pb (lyijy), Cu (kupari), Ni (nikkeli), Cd (kadmium), Cr (kromi), Hg (elohopea)

Lisäksi tutkitaan näytteen

- pH
- sähkönjohtavuus eli suolojen määrä (tiesuola)

Lisäksi kaivoihin asennettavilla virtaamamittareilla voidaan saada tietoa rakenteen vedenpidätyskyvystä.

6.2.1 Näytteenotto

On olennaista verrata biopidätysalueen tulo- ja lähtövesiä keskenään. Tulovesinäyte otetaan katualueella olevasta ritilänkantisesta kaivosta, johon ei pääse hulevesiä biopidätysalueelta. Tämä näyte kuvastaa hulevesiä ennen kuin ne menevät biopidätysalueelle ja suodattuvat rakenteen läpi.

Toinen näyte otetaan samalta valuma-alueelta, biopidätysalueen ylivuotokaivosta, jonne hulevedet tulevat ylivuotona biopidätysalueelta tai suotautuneena biopidätysalueen salaojaputken kautta. Tämä näyte kuvastaa biopidätysalueen lähtövesiä. Näytteitä tulisi ottaa usean kerran vuoden aikana sateen jälkeen. Näytteet analysoidaan laboratoriossa.

Verrataan biohiiltä sisältävän biopidätysalueen näytteitä ilman biohiiltä rakennetun biopidätysalueen vesinäytteisiin seuraavasti:

- Biopidätysalue 1 (ei biohiiltä) ja biopidätysalue 4 (biohiili)
- Biopidätysalue 2 (ei biohiiltä) ja biopidätysalue 3 (biohiili)

6.2.2 Kasvillisuuden seuraaminen

Seurataan ja dokumentoidaan kasvien kasvua kasvukaudella usean vuoden ajan. Vuosittainen kasvu voidaan todentaa esimerkiksi mittaamalla vuosiversojen pituutta sekä valokuvaamalla kasvia. Verrataan toisiinsa biohiiltä sisältävän biopidätysalueen kasveja ilman biohiiltä rakennettuun biopidätysalueen kasveja.

Voidaan myös kaivaa varovasti koekuoppa ja tarkastaa puun juurten kunto. Lisäksi maanäytteestä voidaan laboratorio-oloissa tutkia, onko juuristoon kehittynyt mykorrhizasientä.

Hulevesien virtausta ja kulkua voidaan seurata myös riistakameran avulla, jolloin sateen sattuessa saadaan livekuvaa tilanteesta paikanpäällä.

7 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli tutustua biohiileen ja sen ominaisuuksiin sekä lyhyesti biohiilen valmistusprosessiin ja historiaan. Tavoitteena oli myös laatia kantavan kasvualueen rakennussuunnitelmat Jyväskylän Puutarhakadulle, jossa pilotoitiin biohiiltä kantavan kasvualueen rakenteena, sekä Espoon Merituulentielle, jossa pilotoitiin biohiiltä biopidätysalueissa.

Biopidätysalueiden rakennussuunnitelmat valmistuivat tämän opinnäytetyön aikana. Jyväskylän Puutarhakadun biohiilipitoisten kantavien kasvualueiden rakennussuunnitelmat eivät ehtineet valmistua tämän opinnäytetyöprosessin aikana. Suunnittelua jatketaan opinnäytetyön jälkeen.

Biohiilen ominaisuuksia on tutkittu laajalti, mutta tutkimukset painottuivat laboratorio-oloihin, trooppiseen ympäristöön tai maatalouden alalle. Biohiilen hyötyjä ja haittoja tulisi testata lisää kenttäkokeissa todellisessa ympäristössä, jotta saataisiin parempi kokonaiskuva siitä, mitä hyötyjä biohiili tuo Pohjoismaissa kantavalle kasvualueelle ja biopidätysalueelle. Lisäksi tulisi testata erilaisia seoksia ja seossuhteita sekä erilaisten lannoitteiden käyttöä, jotta saadaan selville parhaat seokset ja lannoitesuhteet eri tarpeisiin.

Useassa lähteessä kerrottiin biohiilen potentiaalista vähentää ilmakehän hiilidioksidia varastoimalla hiiltä itseensä ja näin kykyä toimia hiilinieluna. Jatkotutkimusta tarvitaan siitä, millaiset ympäristövaikutukset kokonaisuuden kannalta ovat esimerkiksi kasvualueen rakenteella, jossa biohiili on sekoitettu kalliosta murskattuun sepeliin? Millaiset ympäristöhaitat ovat maa-ainesten ottamisella, murskaamisella ja kuljettamisella? Ovatko biohiilen hyödyt ja maa-ainesten ottamisen haitat toistensa kompensoivia arvoja?

Biohiilen ominaisuuksista tehtyjä tutkimuksia läpikäydessä heräsi kysymys siitä, kelluuko biohiili ja voiko se kuljettaa itseensä imeytyneet raskasmetallit ja ravinteet sadeveden mukana toiseen paikkaan. Lähes poikkeuksetta materiaalit, joiden tiheys on pienempi kuin veden eli (alle 1 g/cm³) kelluvat. (Brewer ym. 2014.)

Koska biohiili on varsin pysyvä aine, eli sen hajoaminen tapahtuu erittäin hitaasti, etenkin pitkäaikaista biohiilirakenteen seuranta tulisi tehdä. Miten biohiilen ominaisuudet ja niiden vaikutukset muuttuvat ajan myötä

biopidätysalueessa ja kantavassa kasvualustassa? Pitkäaikaisella tutkimuksella saataisiin mahdollisesti myös tuloksia siitä, miten kauan biopidätysalue toimii tukkimattomana.

LÄHTEET

Bioenergian Pikkujättiläinen. (2017). Bioenergianeuvoja. Turpeen käyttö. Viitattu 7.9.2017 osoitteeseen

<http://www.bioenergianeuvoja.fi/biopolttoaineet/turve/kaytto/>

Biolan Oy. (n.d.) Biolan-tuotteet. Istutusmulta. Viitattu 4.8.2017 osoitteeseen

<https://www.biolan.fi/tuotteet/puutarhatuotteet/kasvualustat/biolan-istutusmulta.html>

Brewer, C.E., Chuang, V.J., Davies, C.A., Driver, L.E., Dugan, B., Gao, X., Gonnermann, H., Masiello, C.A, Panzacchi, P. & Zygourakis, K. (2014). *New approaches to measuring biochar density and porosity*. Viitattu 5.6.2017 osoitteeseen <https://www.deepdyve.com/lp/elsevier/new-approaches-to-measuring-biochar-density-and-porosity-BbosBow10d?articleList=%2Fsearch%3Fquery%3Dbiochar%2Bdensity>

Brewer, CE. & Levine, J. (2015). Weight or Volume for Handling Biochar and Biomass? *The Biochar Journal 2015*, Arbaz, Switzerland. Version of 16 th November 2015. Viitattu 4.7.2017 osoitteeseen

<https://www.biochar-journal.org/en/ct/71>

BTG - Biomass technology group. (2017). *Torrefaction*. Internet-sivut. Viitattu 4.8.2017 osoitteeseen

<http://www.btgworld.com/en/rtd/technologies/torrefaction>

Cement science. 2013. *What is density?* Viitattu 4.7.2017 osoitteeseen

<https://www.cementscience.com/2013/03/what-is-density-how-to-distinguish-different-density-definitions.html>

Draper, K. (2014). The Biochar Displacement Strategy. *the Biochar Journal 2016*. Arbaz, Switzerland. Viitattu 21.8.2017 osoitteeseen

<https://www.biochar-journal.org/en/ct/85-The-Biochar-Displacement-Strategy>

Embrén, B. (2015). *Trees and stormwater management – Stockholms solution*. Stockholms Stad. 2015. Viitattu 24.8.2017 osoitteeseen

http://www.tdag.org.uk/uploads/4/2/8/0/4280686/15.06.22_the_stockholm_system_bjorn_embren.pdf

Embrén, B. (2016a). *Biochar in Stockholm*. 3rd Finnish Biochar seminar. Viikki 25th November 2016. Luentomateriaali. Viitattu 20.6.2017

osoitteeseen <http://biochar-hy.blogspot.fi/p/3rd-finnish-biochar-seminar.html>

- Embrén, B. (2016b). *Planting Urban Trees with Biochar*. the Biochar Journal 2016. Viitattu 23.8.2017 osoitteeseen <https://www.biochar-journal.org/en/ct/77-Planting-Urban-Trees-with-Biochar>
- European Biochar Foundation. (2012). *European Biochar Certificate, Guidelines for a sustainable production of biochar*. Version 6.2E of 4th February 2016. <http://www.european-biochar.org/biochar/media/doc/ebc-guidelines.pdf>
- European Biochar Foundation. (2013). *European Biochar Certificate, Guidelines for a sustainable production of biochar; Appendix 1. Positive list of biomasse approved for use in producing biochar*. Version 1 October 2013. Viitattu 5.6.2017 osoitteeseen <http://www.european-biochar.org/biochar/media/doc/feedstock.pdf>
- Evira. Elintarviketurvallisuusvirasto. 2016. *Eviran määräys kansallisesta lannoitevalmisteiden tyyppinimiluettelosta*. Määräyksen numero 1/2016. Viitattu 13.9.2017 osoitteeseen https://www.evira.fi/globalassets/kasvit/tuonti-ja-vienti/lannoitevalmisteet/tyyppinimiluettelo_konsolidoitu_31_3_2016.pdf
- Evira. Elintarviketurvallisuusvirasto. 2017a. *Lannoitevalmisteiden valvonta*. Viitattu 22.8.2017 osoitteeseen <https://www.evira.fi/kasvit/viljely-ja-tuotanto/lannoitevalmisteet/valvonta/>
- Evira. Elintarviketurvallisuusvirasto. 2017b. *Tuhkan käyttö lannoitteena*. Viitattu 13.9.2017 osoitteeseen <https://www.evira.fi/kasvit/viljely-ja-tuotanto/lannoitevalmisteet/kierratysravinteet/tuhkan-kaytto-lannoitteena/>
- Farmit Website oy. (n.d.) *Kalkituksen vaikutukset*. Viitattu 6.9.2017 osoitteeseen <https://www.farmit.net/kasvinviljely/kalkitus/kalkin-vaikutukset>
- Gray, M. 2015. Oregon State University. *Port of Port Townsend biochar stormwater filtration feasibility study*. Viitattu 6.9.2017 osoitteeseen <http://portofpt.com/wp-content/uploads/2015-Port-Biochar-Feasibility-Report.pdf>
- Balogh-Brunstad, Z., Hammer, E.C., Jakobsen, I., Olsson, P.A., Rilling, M.C., & Stipp, S.L.S. (2014). *A mycorrhizal fungus grows on biochar and captures phosphorus from its surface*. Soil Biology & Biochemistry volume 77. Viitattu 22.8.2017 osoitteeseen <https://www.deepdyve.com/lp/elsevier/a-mycorrhizal-fungus-grows-on->

[biochar-and-captures-phosphorus-from-its-7WnYtXZTSz?articleList=%2Fsearch%3Fquery%3Dmycorrhizal%2Bbiochar](https://www.sll.fi/mita-me-teemme/suot/turpeenkaivuu-uusi/turpeenkaivuu)

Hannonen, P. (n.d.) *Turpeenkaivuun ympäristövaikutukset*. Suomen luonnonsuojeluliitto. Viitattu 4.8.2017 osoitteeseen <https://www.sll.fi/mita-me-teemme/suot/turpeenkaivuu-uusi/turpeenkaivuu>

Helmisaari, H. & Makkonen, K. (2002). *Puolet metsän kasvusta maan alla*. Metsäntutkimus laitos. Saatavilla <http://www.metla.fi/asiakaslehti/2002/2002-1/2002-1-helmisaari.pdf>

Hovi, H. (2017). *Havupuubiohiilen jälkivaikutuksia maaperän viljavuuteen ja nurmikasveihin suomen oloissa*. Maisterintutkielma. Helsingin Yliopisto. Viitattu 6.9.2017 osoitteeseen <https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/181456/Heidi%20Larissa%20Hovi%2C%20maisterintutkielma%20biohiili%202017.pdf?sequence=2>

Ilmasto.org (n.d.). Kasvihuoneilmio ja ilmastonmuutos. *Ilmastosivusto*. Viitattu 21.8.2017 osoitteeseen <http://ilmasto.org/ilmastonmuutos/kasvihuoneilmio-ja-ilmastonmuutos>

InfraRYL 2010, Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset Osa 1 Väylät ja alueet. Rakennustieto Oy.

International Biochar Initiative IBI. 2017. *Frequently asked questions about biochar*. Viitattu 6.9.2017 osoitteeseen <http://www.biochar-international.org/biochar/faqs#q7>

Jindo, K., Mizumoto, H., Sanchez-Monedero, M.A., Sawada, Y. & Sonoki, T. (2014). *Physical and chemical characterization of biochars derived from different agricultural residues*. Biogeosciences. Saatavilla <https://www.biogeosciences.net/11/6613/2014/bg-11-6613-2014.pdf>

Jyväskylän kaupunki. (2017). *Vihreitä vesireittejä*. Viitattu 31.8.2017 osoitteeseen <http://www.jyvaskyla.fi/hankkeet/vihreitavesireitteja>

Knuuti, S. Espoon Kaupunki. (2017). Kysymyksiä biohiilipilotista opinnäytetyötäni varten. Sähköpostiviesti tekijälle 23.8.2017.

Kujala, M. (2012). *Biosampo koulutus- ja tutkimuskeskuksen hitaan pyrolyysireaktorin koeajo*. Opinnäytetyö. Teknologiaosaamisen johtaminen. Kymenlaakson ammattikorkeakoulu. Saatavilla <https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/48984/Kujala%20Mia.pdf?sequence=1>

Kuoppamäki, K ym. (2016). Biochar amendment in the green roof substrate affects runoff quality and quantity. *Ecological engineering*, Volume 88. Artikkel.

Kuoppamäki, K & Lehvävirta S. (2016). *Mitigating nutrient leaching from green roofs with biochar*. *Landscape and Urban Planning*, Volume 152. Artikkel.

Lannoitevalmistelaki 539/2006. Viitattu 21.8.2017 osoitteeseen <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2006/20060539>

Lehmann, J & Joseph, S. (2009). Earthscan. *Biochar for Environmental Management: An Introduction*, Science and Technology. <https://blogs.cornell.edu/cicca/files/2015/03/Biochar-for-Environmental-Management-An-Introduction-ww6b3n.pdf>

Paasonen-Kivekäs, M., Peltomaa, R., Vakkilainen, P., Äijö, H. (toim.) 2009. *Maan vesi- ja ravinnetalous. Ojitus, kastelu ja ympäristö*. Jyväskylä: Salaojayhdistys Oy.

Ramboll. 2017a. Puutarhakadun yleissuunnitelma. Luonnos 22.6.2017.

Ramboll. 2017b. *Tietoa Rambollista*. Viitattu 4.9.2017 osoitteeseen http://www.ramboll.fi/ramboll_finland_oy

Schmidt, HP & Wilson, K. (2014). *The 55 uses of biochar*. The Biochar Journal 2014. Viitattu 4.8.2017 osoitteeseen <https://www.biochar-journal.org/en/ct/2-The-55-uses-of-biochar>

Schmidt, HP. 2014. *Terra Preta – model of cultural technique*. The Biochar Journal 2014. Viitattu 16.5.2017 osoitteeseen <https://www.biochar-journal.org/en/ct/4-Terra-Preta-%E2%80%93-model-of-a-cultural-technique>

Sirviö, J. toim. (2009). *Viherialueiden kasvualustat*. Viherympäristöliitto ry, Julkaisu 31.

Soini, T. *Viherrakentajan käsikirja*. (2009). Viherympäristöliiton julkaisu 25.

Sulkava, R. *Turpeenkaivuun vesistöhaitat*. Suomen luonnonsuojeluliitto. Viitattu 4.8.2017 osoitteeseen <https://www.sll.fi/mita-me-teemme/suot/turpeenkaivu-uusi/turve-ja-vesistot/turpeenkaivuun-vesistohaitat>

Suomalainen Taimi. (n.d.) Viitattu 20.6.2017 osoitteeseen <http://suomalaintaimi.fi/kiiltoheisi-%E2%80%99jenkki%E2%80%99-fine>

Suomen Kuntaliitto. (2012). *Hulevesiopus*. Helsinki. Viitattu 13.6.2017 osoitteeseen

<https://www.kuntaliitto.fi/asiantuntijapalvelut/hulevesiopus>

Tuomi, P. Jyväskylän kaupunki. (2017). *Kysymyksiä biohiilipilotista opinnäytetyötäni varten*. Sähköpostiviesti tekijälle 25.8.2017.

Ventoniemen Sora Oy. *Soralaadut*. Viitattu 4.8.2017 osoitteeseen

<http://www.ventoniemi.fi/sora/soralaadut.php>

Viherympäristöliitto VYL. (2017). *Paikalla tehtävät kasvualustat*. Viitattu

22.8.2017 osoitteeseen <https://www.vyl.fi/ohjeet/kasvualusta-ja-kunntaohjeet/paikalla-tehtavat-kasvualustat/>

Vuori, E. & Kangas, N. (N.d.) Ihmeaine – Biohiili. *Puutarha ja Kauppa, Puutarha-alan uutis- ja ammattilehti*. Viitattu 5.8.2017 osoitteeseen

<http://www.puutarhakauppa.fi/index.php/uusin-juttu/79-ihmeaine-biohiili>

Holt, E., Iitti, H., Korkealaakso, J., Kousa, H., Loimula, K. & Wendling, L. (2017). VTT. *StormFilter Material Testing Summary Report Localized performance of bio- and mineral-based filtration material components*. Viitattu 5.9.2017 osoitteeseen

http://www.vtt.fi/sites/stormfilter/Documents/VTT_R_01757_17_1708.pdf

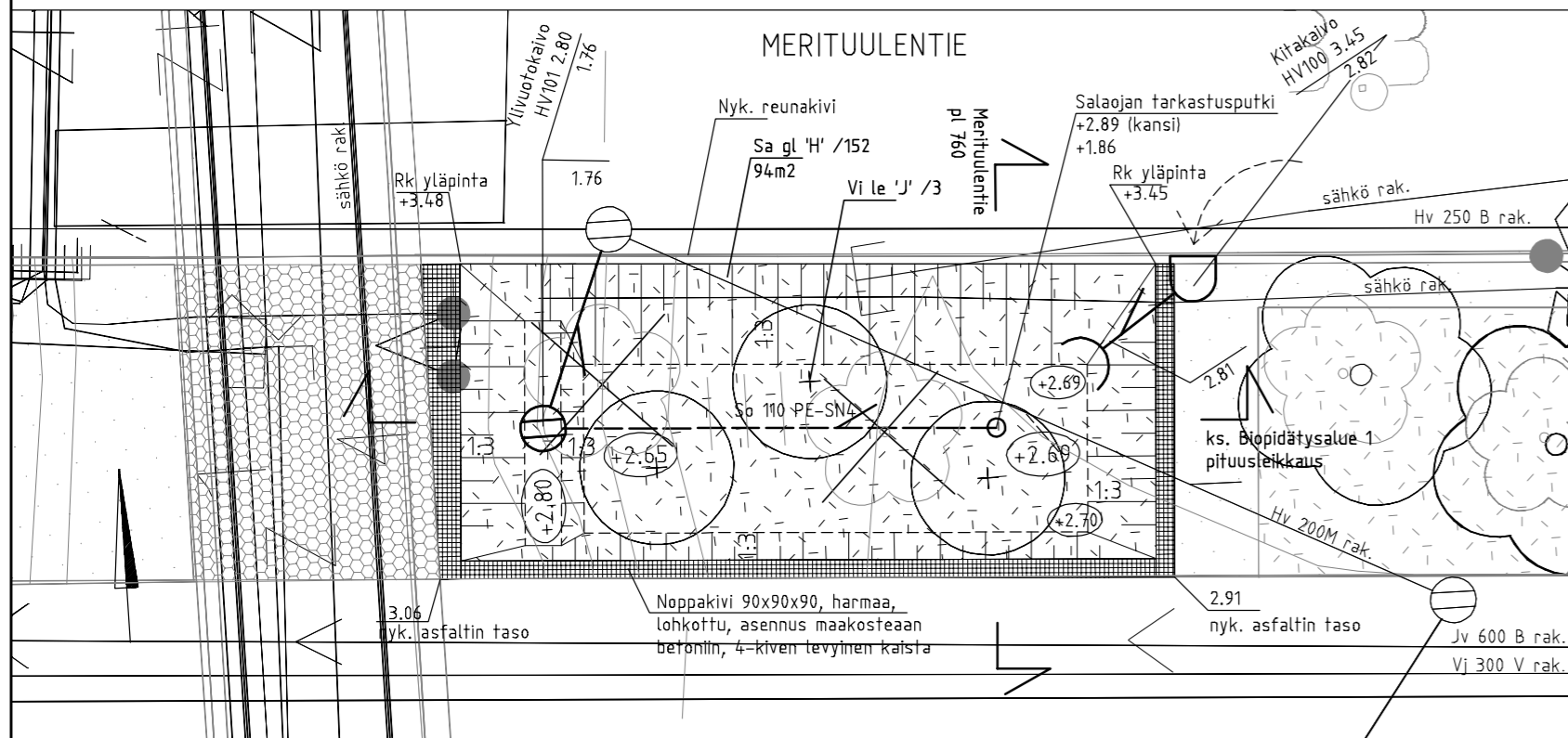
Wilson, K. (2014). Switzerland. *How biochar works in soil*. The Biochar Journal. Version of 31th October 2014. Viitattu 26.6.2017 osoitteeseen

<https://www.biochar-journal.org/en/ct/32-How-biochar-works-in-soil>

Thies, J. & Rilling, M. 2009. Characteristics of Biochar: Biological

Properties. Artikkel. ResearchGate. Viitattu 1.9.2017 osoitteeseen

https://www.researchgate.net/publication/284041311_Characteristics_of_biochar_biological_properties



PIIRUSTUSMERKINNÄT

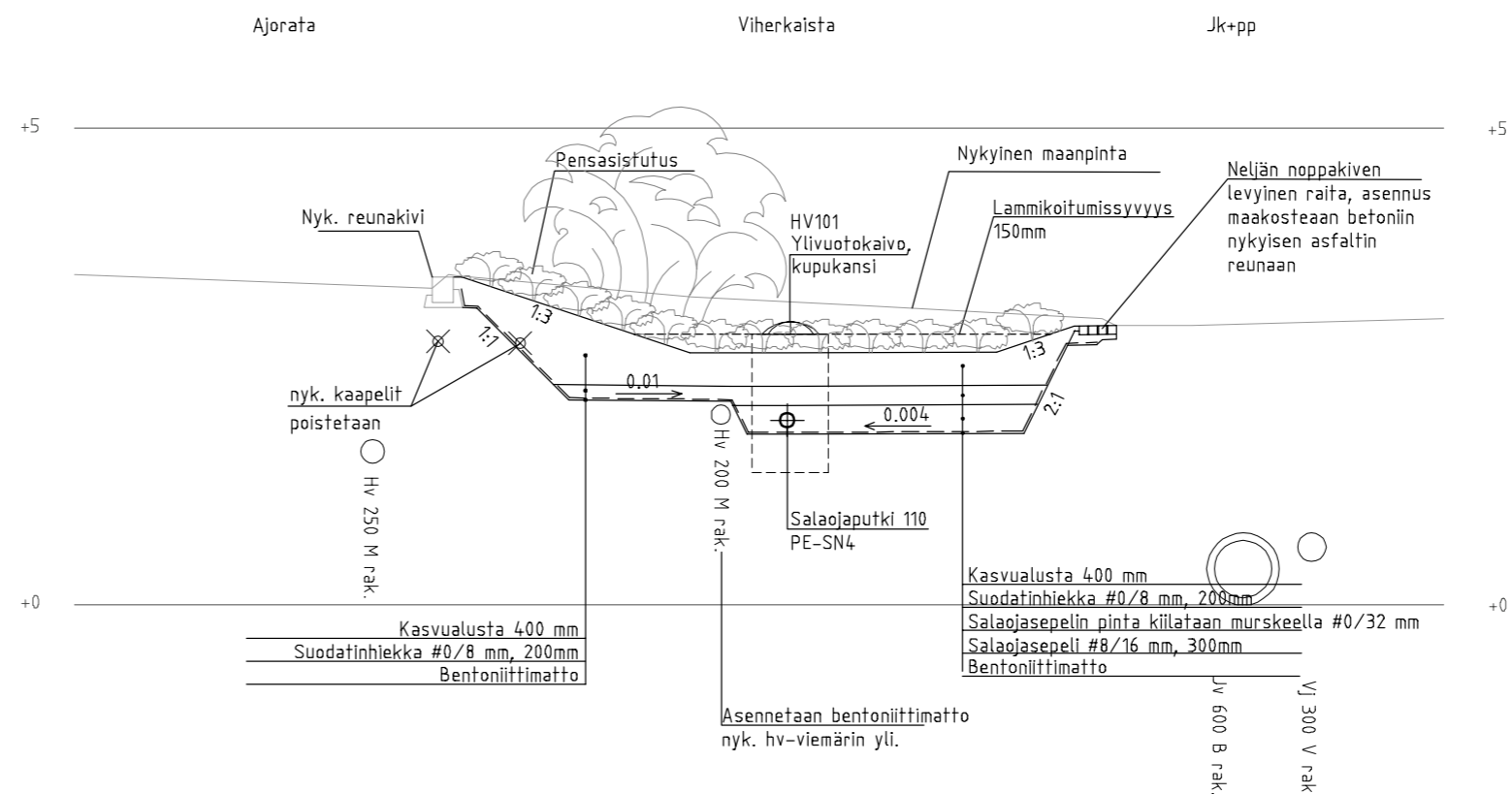
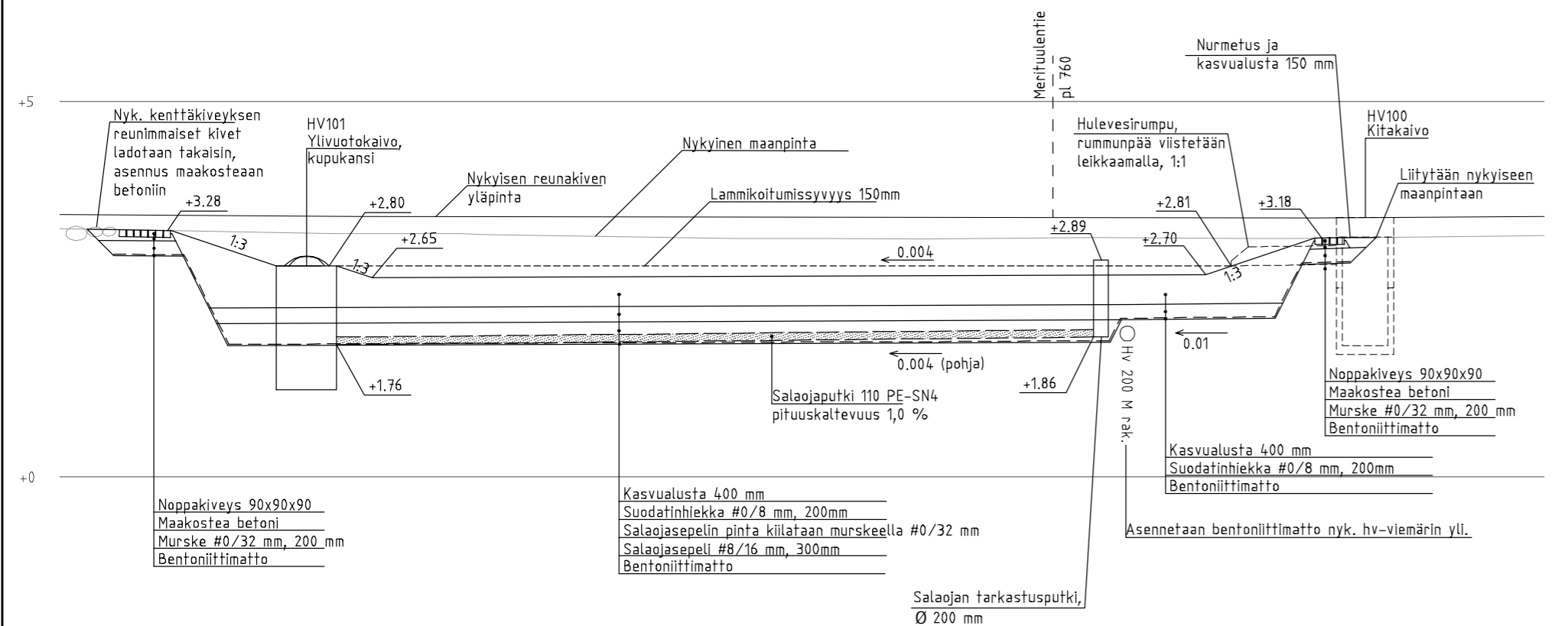
- säilytettävä puu
- poistettava puu (katualueella)
- istutettava yksittäispensas
- luonnonkiveys
-vakionoppa 90x90x90 mm
-lohkottu pinta, harmaa
-asennetaan maakosteaan betoniin
-tiililadonta
- asfaltti, ajorata / jk+pp
- nykyinen kenttäkiveys
- nykyinen nurmi
- istutettava lehtipensas

- nykyinen lehtipensas
- uusi salaojaputki ja salaojatarkastusputki
- uusi hulevesikaivo
- uusi kitakaivo
- uusi rummupää
- vanha hulevesikaivo
- huleveden ohjaaminen ajoradalta biopidätysalueelle
- biopidätysalueen luiska
- korkeuslukema biopidätysalueella

KASVILUETTELO

tunnus	laji	koko	ist. tiheys	vyöhyke	määrä
PENSAAT					
Sa gl 'H'	Salix glauca var. calliocaprea 'Haltia', paljakkapaju	20-40	0.70x0.70	I-IV	152
Vi le 'J'	Viburnum lentago, kiiltoheisi	80-100	0.80x0.80	I-IV	3

Menestymisvyöhyke on merkitty kasvin nimen perään roomalaisin numeroin. Menestymisvyöhykkeet perustuvat Taimistoviljelijät ry:n kasvien menestymisvyöhyketoeteloon. Kun kasviolettelossa ei ole esitetty menestymisvyöhykettä, sitä ei ole virallisesti määritelty Taimistoviljelijöiden puolesta. Istutustilissa tulee huomioida Taimistoviljelijöiden taimitakuuehdot.



	ESPOON KAUPUNKI KAUPUNKITEKNIKAN KESKUS	ESBO STAD STADSTEKNIKCENTRALEN	PIIRIT:
	ALUE NIITYKUMMUN KESKUS	KAUPUNSA 15. NIITYKUMPU	SOITTELIN:
NIMI	MERITUULENTIE 710-980 BIOPIDÄTYSALUE 1		PIIRIT:
AIHE	KUIVATUS, YMPÄRISTÖ		SOITTELIN:
PIIRIT:	ASEMAPIIRUSTUS, PITUUS- JA POIKKILEIKKAUKSET		SOITTELIN:
GT	GEOTÄKÄ-	RAMBOLL	21.4.2017
SUUNN.	SUUNN.	Hanna Myllylä	
TARK.	TARK.	Tiia Valtonen	

KASVILUETTELO

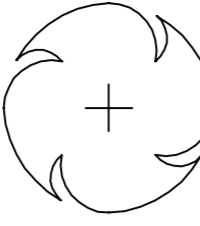
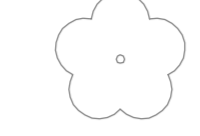
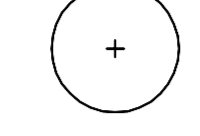
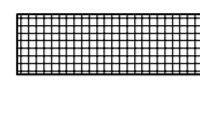

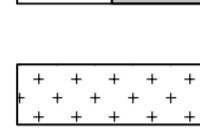
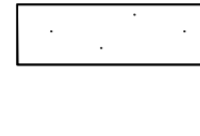



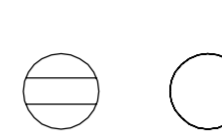
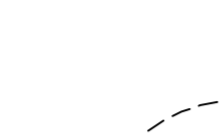

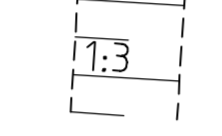
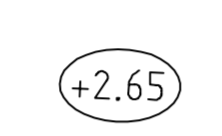
tunnus	laji	koko	ist. tiheys	vyöhyke	määrä
PERENNAT					
Ac na	Aconogonon nakali, pikkuröyhytatar	P11	0,4x0,4		143
Bi of	Bistorfia officinalis, isokannattatar	P13	0,4x0,4		62
Fa ja	Fallopia japonica var. compacta, neidontatar	P13	0,4x0,4		94
Fr mo	Fragaria moschata, ukkomansikka	P9	0,4x0,4		61

Biopidätysalueen pohjalle istutetaan sekaistutuksena neidontatar (60%) ja isokannattatar (40%) kuitenkin siten, että samaa lajia on vierekkäin vähintään 3 tainta.

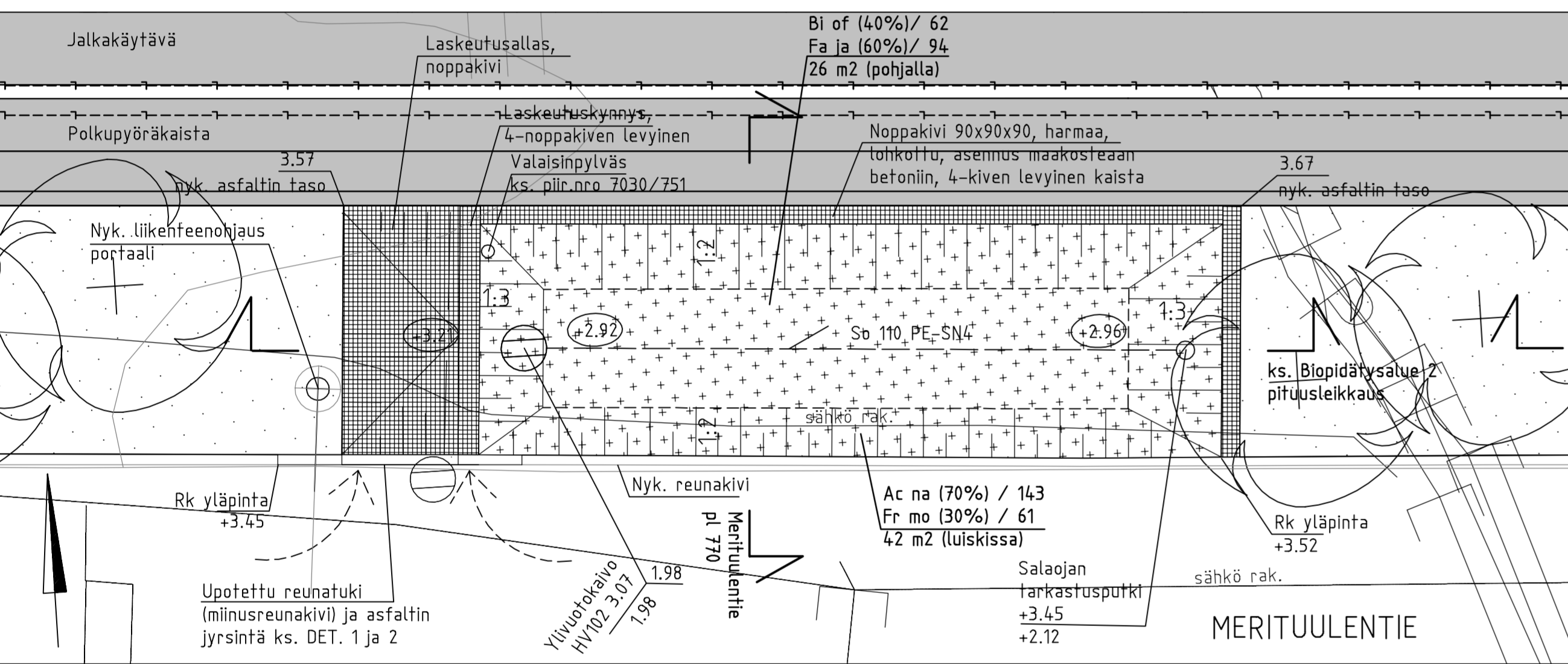
Biopidätysalueen luisiin istutetaan sekaistutuksena pikkuröyhytatar (70%) ja ukkomansikka (30%) kuitenkin siten, että samaa lajia on vierekkäin vähintään 3 tainta.

Menestymisvyöhyke on merkitty kasvin nimen perään roomalaisin numeroin. Menestymisvyöhykkeet perustuvat Taimistoviljelijät ry:n kasvien menestymisvyöhykeluetteloon. Kun kasvuluettelossa ei ole esitetty menestymisvyöhykettä, sitä ei ole virallisesti määritetty Taimistoviljelijöiden puolesta. Istutusohjeissa tulee huomioida Taimistoviljelijöiden taimitakuuehdot.

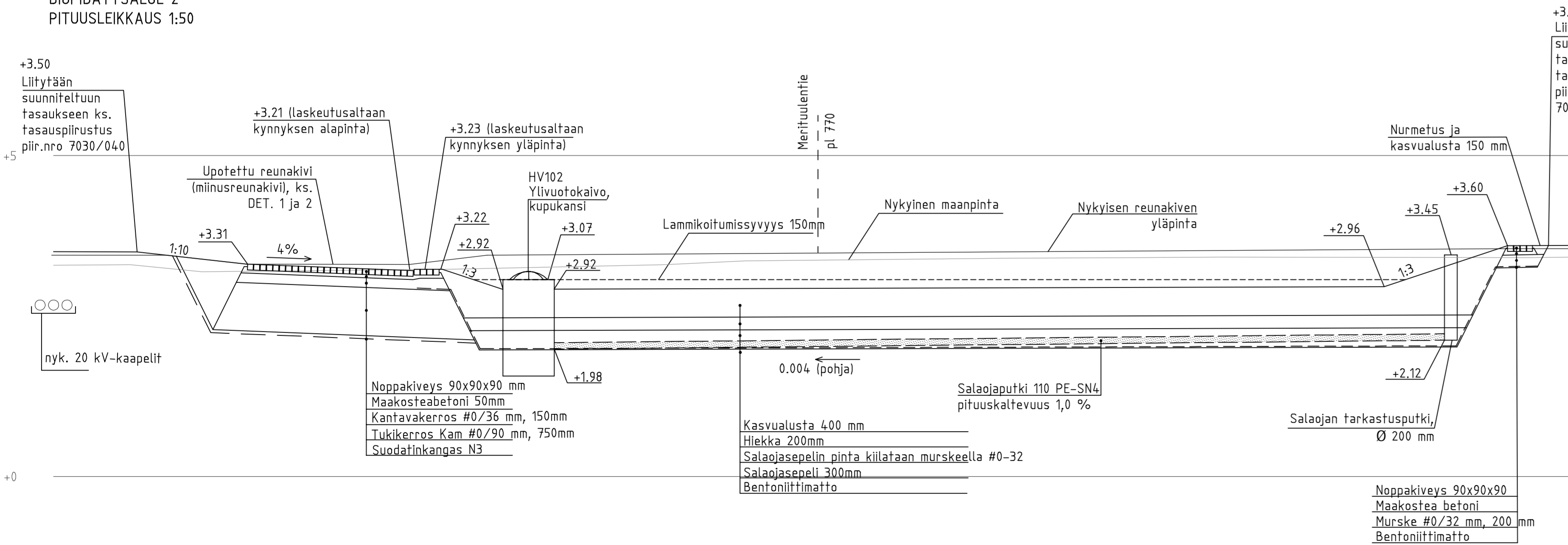
MERKINTÖJEN SELITYKSET

-  istutettava puu, kasvilajit esitetty piir. nro 7030/200
-  poistettava puu (katualueella)
-  istutettava yksittäispensas
-  luonnonkiveys -vakionoppa 90x90x90 mm -lohkottu pinta, harmaa -asennetaan maakosteaan betoniin -fiililadonta
-  asfaltti, ajorata / jk+pp
-  perennaistutus
-  nurmetus -A2, kasvualustapaksuus 200mm
-  uusi salaojaputki ja salaojatarkastusputki
-  uusi hulevesikaivo
-  uusi kitaikaivo
-  uusi rummunnpää
-  vanha hulevesikaivo
-  huleveden ohjaaminen ajoradalta biopidätysalueelle
-  biopidätysalueen luiska
-  korkeuslukema biopidätysalueella

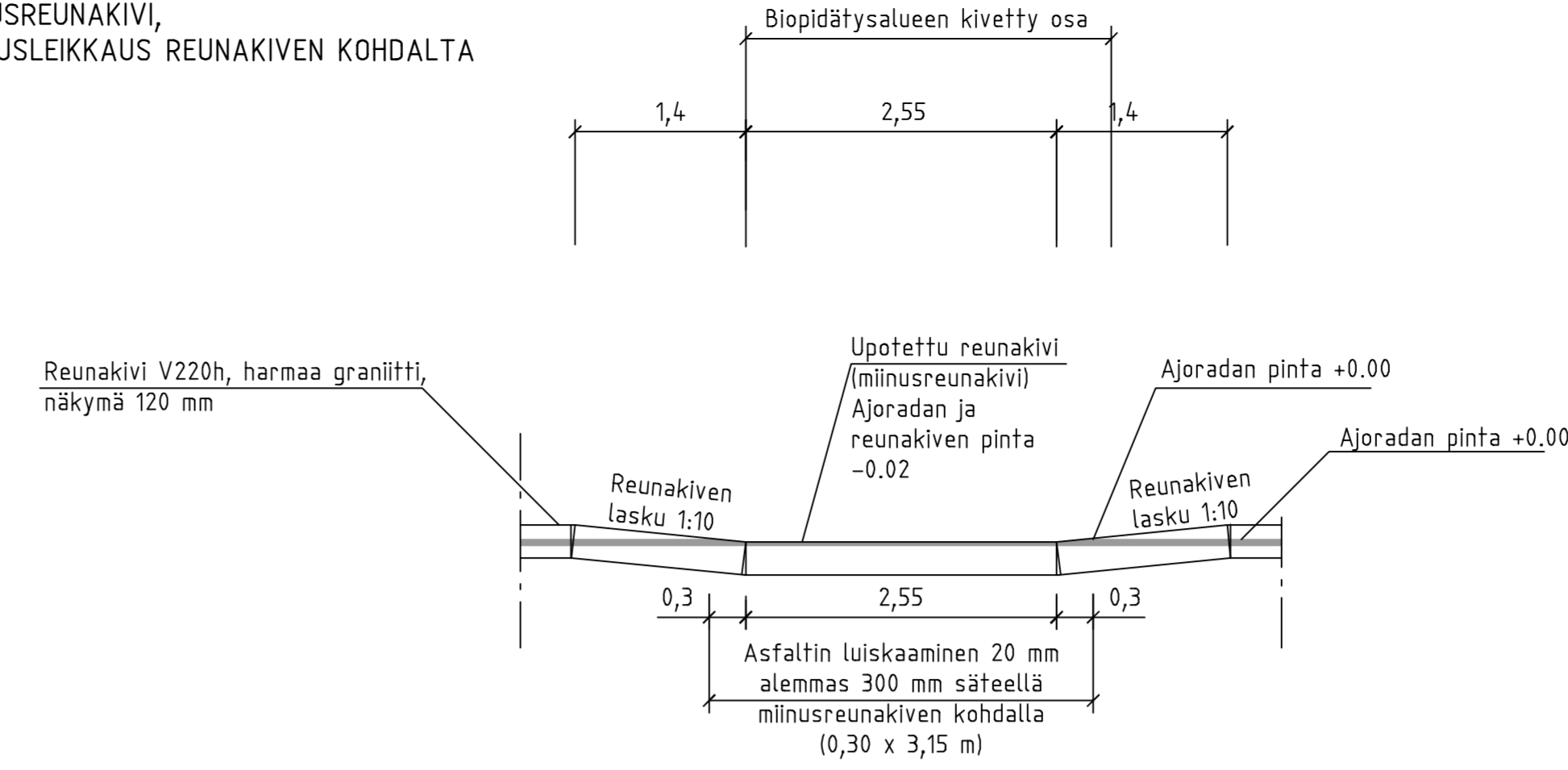
BIOPIDÄTYSALUE 2
1:100



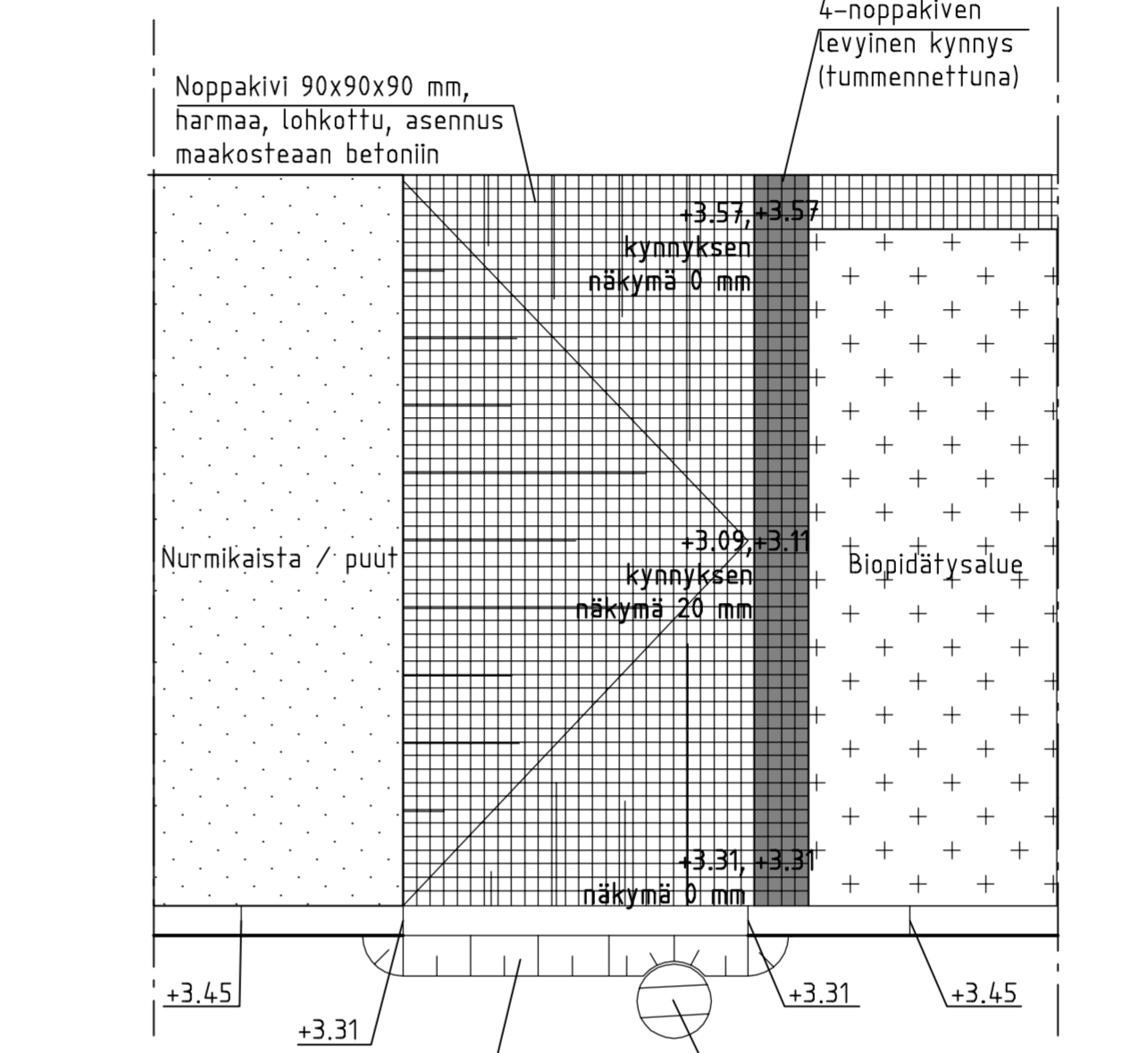
BIOPIDÄTYSALUE 2
PITUUSLEIKKAUS 1:50



DETALJI 1
MIINUSREUNAKIVI,
PITUUSLEIKKAUS REUNAKIVEN KOHDALTA
1:50



DETALJI 2
MIINUSREUNAKIVI,
TASOKUVA
1:50

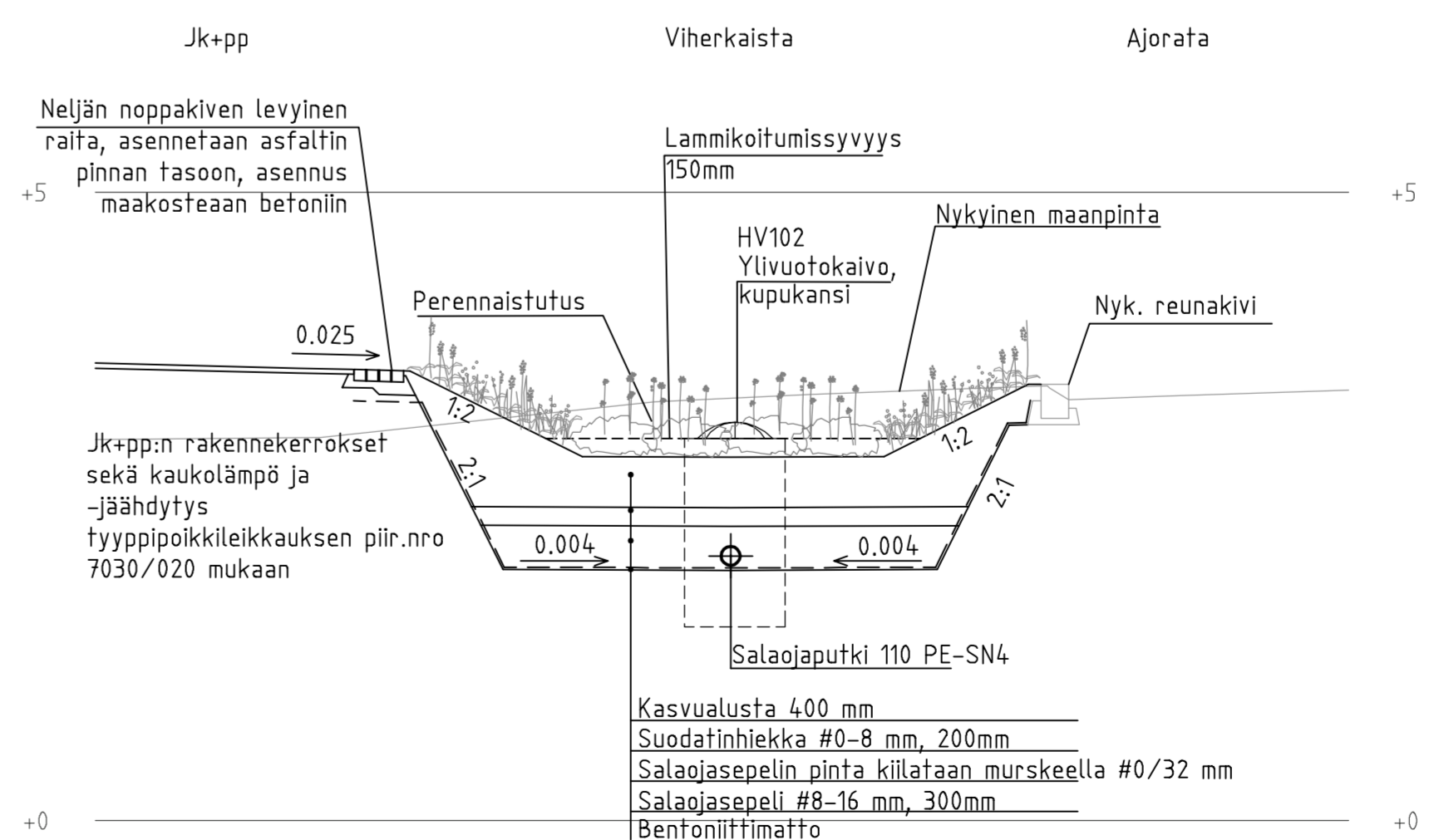


Asfaltin luiskaaminen -20 mm upotettua reunakiveä kohti 300 mm säteellä

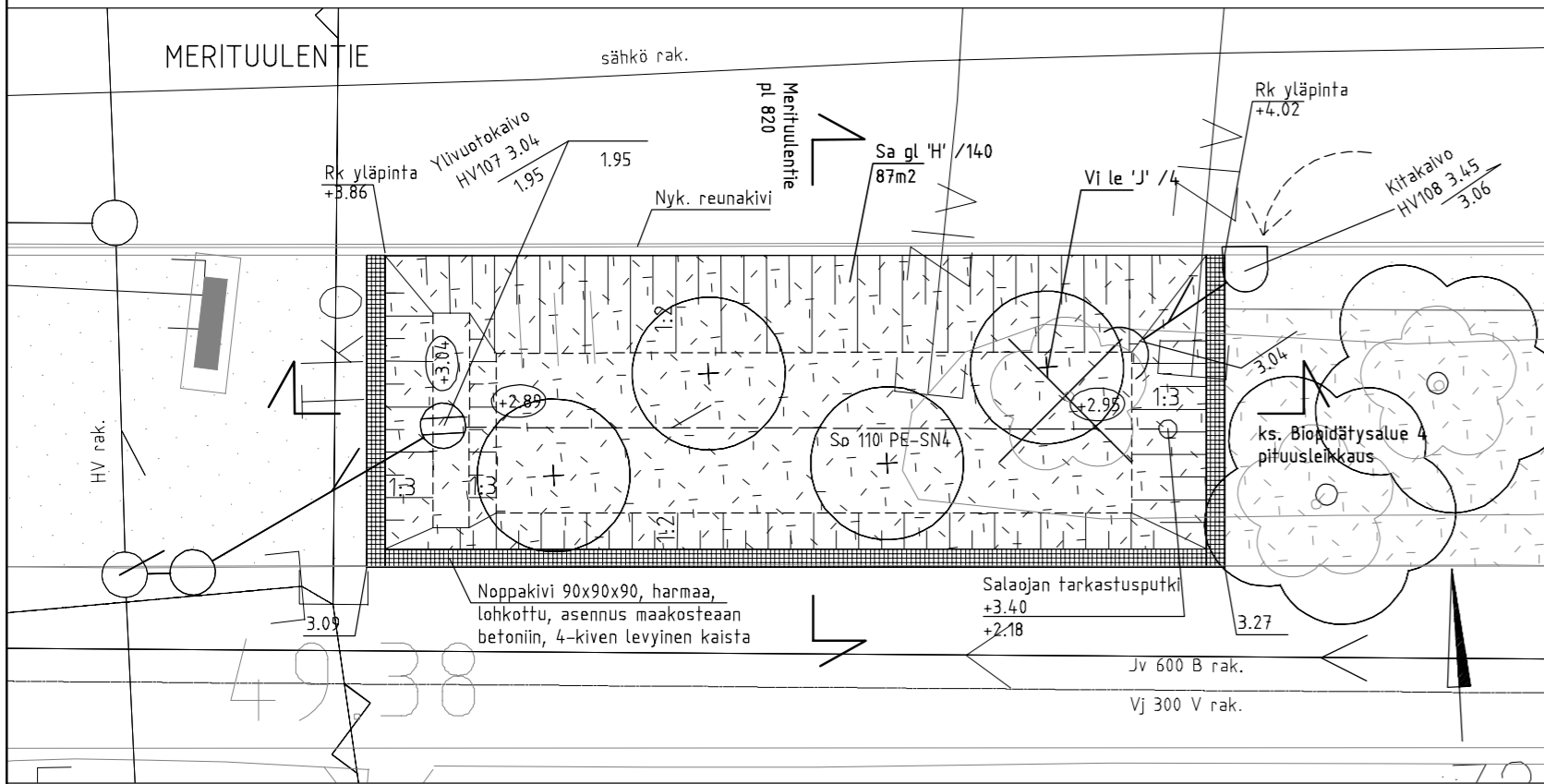
Upotettu reunakivi (miinusreunakivi), +3.31

Nyk. hulevesikaivo, normaalihlanteessa vesi ohjautuu kaivon ohi laskeutusaltaaseen.

BIOPIDÄTYSALUE 2
POIKKILEIKKAUS, MERITUULENTIE PL 770, 1:50



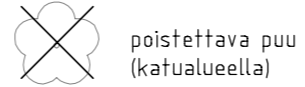
ALUE	KAAVA	ESPOON KAUPUNKI KAUPUNKITEKNIKAN KESKUS	ESBO STAD STADSTEKNIKCENTRALLEN	PIIRI	
	NIITYKUMMUN KESKUS	KAUPUNTA	15. NIITYKUMPU	SIKKA	
NIMI	MERITUULENTIE 710-980 BIOPIDÄTYSALUE 2			LEIKITYS	23P, 24P
	KUIVATUS, YMPÄRISTÖ			MAA	1:50, 1:100
PIIRI	ASEMPIIRUSTUS, PITUUS- JA POIKKILEIKKAUKSET			PROJEKTI	ETRS-GK25 N2000
GT	GEOTEKNIIKKA- YKSIKÖ	RAMBOLL	RAMBOLL	21.4.2017	
SUUNN.				suunn.	Hanna Myllylä
TARK.				tark.	Tiia Valtonen



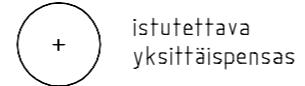
PIIRUSTUSMERKINNÄT



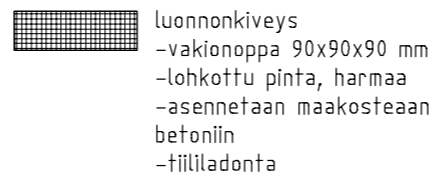
säilytettävä puu



poistettava puu (katualueella)



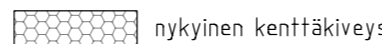
istutettava yksittäispensas



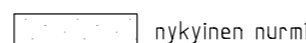
luonnonkiveys
-vakionoppa 90x90x90 mm
-lohkottu pinta, harmaa
-asennetaan maakostean betoniin
-fiililadonta



asfaltti, ajorata / jk+pp



nykyinen kanttäkiveys



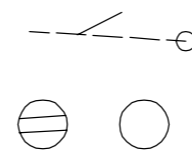
nykyinen nurmi



istutettava lehtipensas



nykyinen lehtipensas



uusi salaojaputki ja salaojatarkastusputki



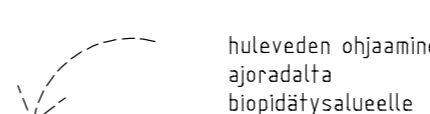
uusi hulevesikaivo



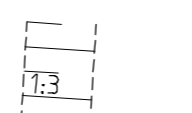
uusi rummupää



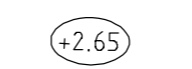
vanha hulevesikaivo



huleveden ohjaaminen ajoradalta biopidätysalueelle



biopidätysalueen luiska



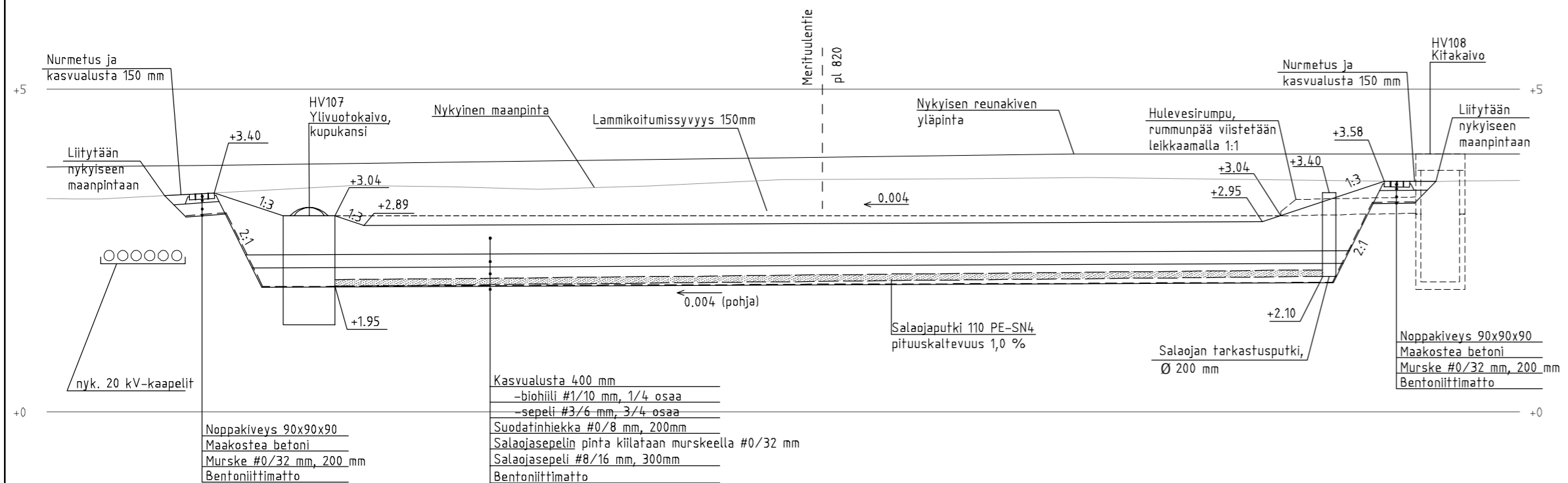
korkeuslukema biopidätysalueella

KASVILUETTELO

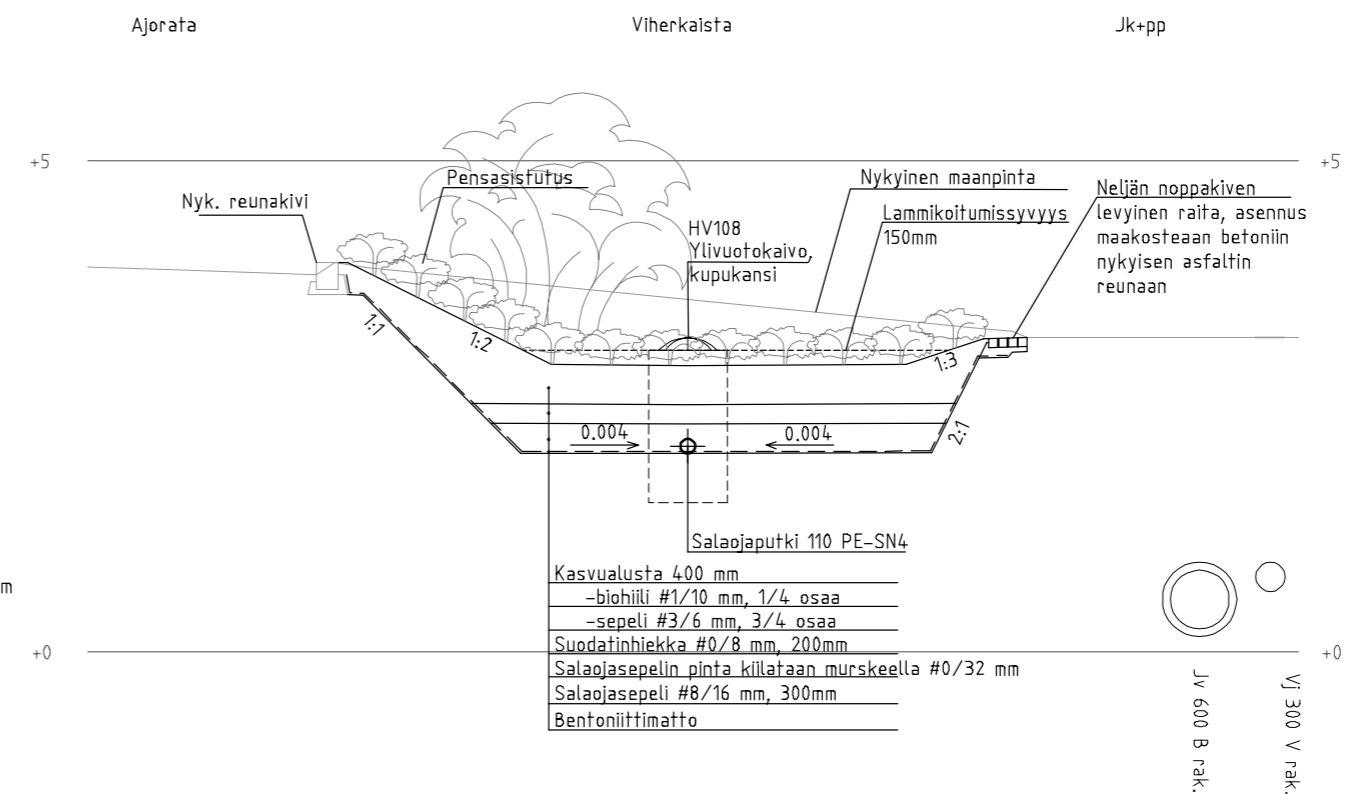
tunnus	laji	koko	ist. tiheys	vyöhyke	määrä
PENSAAT					
Sa gl 'H'	Salix glauca var. callicaprea 'Halita', paljakkapaju	20-40	0.70x0.70	I-IV	140
Vi le 'J'	Viburnum lentago, kiltoheisi	80-100	0.80x0.80	I-IV	4

Menestymisvyöhyke on merkitty kasvin nimen perään roomalaisin numeroin. Menestymisvyöhykkeet perustuvat Taimistovijelijät ry:n kasvien menestymisvyöhykeluetteloon. Kun kasvioletelossa ei ole esitetty menestymisvyöhykettä, sitä ei ole virallisesti määritelty Taimistovijelijöiden puolesta. Istutustöissä tulee huomioida Taimistovijelijöiden taimitakuuehdot.

BIOPIDÄTYSALUE 4
PITUUSLEIKKAUS 1:50



BIOPIDÄTYSALUE 4
POIKKILEIKKAUS, MERITUULENTIE PL 820, 1:50



	ESPOON KAUPUNKI KAUPUNKITEKNIKAN KESKUS	ESBO STAD STADSTEKNIKCENTRALLEN	PIIRI:
	ALUE NIITYKUMMUN KESKUS	KAUPUNTA 15. NIITYKUMPU	SUUNN.
NIMI MERITUULENTIE 710-980 BIOPIDÄTYSALUE 4	AIHE KUIVATUS, YMPÄRISTÖ	PIIRI- LAJI ASEMAPIIRUSTUS, PITUUS- JA POIKKILEIKKAUKSET	PIIRI- MÄÄRÄ 23P, 24P
PIIRI- LAJI ASEMAPIIRUSTUS, PITUUS- JA POIKKILEIKKAUKSET	GT	RAMBOLL	21.4.2017
SUUNN.	SUUNN.	SUUNN.	SUUNN.
TARK.	TARK.	TARK.	TARK.

