

Hulevesien suodatusratkaisujen elinkaarilaadunhallinnan parantaminen

LAB-ammattikorkeakoulu
Insinööri (YAMK), Kestävä kaupunkiympäristö
2021
Heidi Vilminko

Tiivistelmä

Tekijä(t) Vilminko, Heidi	Julkaisun laji Opinnäytetyö, YAMK Sivumäärä 42+15	Valmistumisaika 2021
Työn nimi Hulevesien suodatusratkaisujen elinkaarilaadunhallinnan parantaminen		
Tutkinto Insinööri (YAMK)		
Ohjaavan opettajan nimi, titteli ja organisaatio Eeva Aarrevaara, yliopettaja ja Paul Carrol, tuntiopettaja, LAB-ammattikorkeakoulu		
Toimeksiantajan nimi, titteli ja organisaatio Piia Leskinen, tutkimusryhmävastaava, Turun ammattikorkeakoulu		
Tiivistelmä <p>Tiivistyvät kaupunkirakenteet, elinympäristöjen pirstoutuminen ja luonnon monimuotoisuuden väheneminen luovat haasteita maankäytönsuunnitteluun, säiden ääri-ilmiöiden yhä yleistyessä ilmaston muuttuessa. Luontopohjaisten ratkaisuiden hyödyntäminen osana hulevesien hallintaa vastaa näihin haasteisiin, tuottaen lisäarvoa sekä kaupunkien asukkaille kuin ympäröivälle luonnolle. Hulevesien biosuodatusratkaisut ovat kasvipeitteisiä rakenteita, joissa hulevedet suotautuvat erilaisten suodatinmateriaalikerrosten läpi joko maaperään tai purkuputkella lähimpään vesistöön. Oikein toteutettuna ne vaikuttavat sekä hulevesien määrään että laatuun ja ovat siksi hyviä vaihtoehtoja rakennetun ympäristön vesienhallintaan. Biosuodatusratkaisujen elinkaaren eri vaiheisiin liittyy kuitenkin monia haasteita. Tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää näiden rakenteiden toteutuksen haasteet ja parhaat käytänteet kuntatoimijoille ja konsulteille suunnatun kyselyn sekä kirjallisuusselvityksen pohjalta. Näiden selvityksien tuloksien pohjalta luotiin hulevesien biosuodatusrakenteiden ohjekortit, joissa esitettyjen teemojen jatkokehitystä toteutettiin osallistavissa työpajoissa. Käytännön takia biosuodatusratkaisujen elinkaari on jaettu eri vaiheisiin: suunnitteluun, kilpailutukseen, rakentamiseen, ylläpitoon ja seurantaan. Tämä mahdollistaa prosessin eri osien tarkastelun eri toimijoiden ja tehtävien osalta ja lisäksi edistää myös kokonaiskustannusten kartoitusta ja hallintaa. Tutkimuksen lopputuloksena kehitetty infograafi ”Onnistuneen biosuodatusrakenteen elementit” kokoaa yhteen tärkeimmät elementit hulevesien biosuodatusjärjestelmän elinkaaren eri vaiheista ja tarjoaa käytännönläheisiä neuvoja, jotka ohjaavat kohti biosuodatusjärjestelmien parempaa elinkaarilaadunhallintaa. Opinnäytteessä tehty tutkimus on osa Interreg Central Baltic rahoitteista CleanStormWater -hanketta.</p>		
Asiasanat Hulevesi, biosuodatus, elinkaari, laadunhallinta		

Abstract

Author(s) Vilminko, Heidi	Type of Publication Master's Thesis	Published 2021
	Number of Pages 42+15	
Title of Publication The lifecycle quality management of stormwater filtering structures		
Name of Degree Master of Engineering, Urban Sustainability		
Name, title and organization of the supervising teacher Eeva Aarrevaara, Principal Lecturer and Paul Carrol, Lecturer, LAB University of Applied Sciences		
Name, title and organization of the client Piia Leskinen, Research Group Leader, Turku University of Applied Sciences		
Abstract <p>Densification of cities, habitat fragmentation and biodiversity losses are creating challenges to land use planning in urban areas. Nature-based solutions can be a part of the solution to these challenges and bring added value to citizens and to nature. Stormwater filtering systems are considered promising solutions, as they alleviate both stormwater quantity and quality problems. These vegetated structures filter the stormwater through different layers, before draining the flow into a receiving waterbody or infiltrating it into the soil. However, these structures can clean pollutants from stormwater only when correctly planned, constructed, and maintained. The goal of this study was to find out the pitfalls, as well as the best practices in the lifecycle of stormwater filtering structures. This was done via a literature review and a questionnaire aimed at municipal operators and consultants. Based on the findings from the literature review and the questionnaire, info sheets about lifecycle quality management of nature-based stormwater management structures were compiled. For practical reasons the lifecycle has been divided into different phases: planning, competitive bidding, construction, maintenance, and monitoring. The development of the lifecycle, from the planning phase to the finished structure, will also improve the overall management costs. One central outcome of this study is an infographic called "Onnistuneen bio-suodatusrakenteen elementit" (The elements of a successful biofiltration structure), which compiles the most important elements from the different phases of the lifecycle of stormwater filtering structures. The infographic provides hands on tips for better lifecycle quality management of the stormwater filtering structures and can be used in the different phases of the life cycle of stormwater filtering structures to guarantee well-functioning high-quality structures. This study is a part of the CleanStormWater project, funded by the Interreg Central Baltic Programme.</p>		
Keywords Stormwater, bioretention, lifecycle, quality management		

Sisällys

1	Johdanto.....	1
2	Tutkimuksen tavoite ja menetelmät.....	3
2.1	Tutkimusmateriaalit.....	3
3	Kirjallisuuskatsaus	6
3.1	Biosuodatusrakenteet	6
3.2	Biosuodatusrakenteen suunnittelu	7
3.3	Biosuodatusrakenteen kilpailuttaminen.....	10
3.4	Biosuodatusrakenteen rakentaminen.....	10
3.5	Biosuodatusrakenteen seuranta ja huolto	14
3.6	Elinkaariarviointi	15
3.7	Laadunhallinta ja laadunhallintajärjestelmät.....	17
4	Tulokset.....	22
4.1	Kyselyn tulokset.....	22
4.2	Työpajojen tulokset.....	28
4.3	Tutkimuksen lopputulos	34
5	Johtopäätökset	36
	Lähteet	40

Liitteet

Liite 1. Kysely Stormwater filtering structures

Liite 2. Infograafi Onnistuneen biosuodatusrakenteen elementit

1 Johdanto

Luontopohjaisten ratkaisujen käyttö kaupunkien kehittämisessä on nouseva trendi ympäri maailman. Tiivistyvät kaupunkirakenteet, elinympäristöjen pirstoutuminen ja luonnon monimuotoisuuden väheneminen luovat haasteita maankäytönsuunnitteluun, säiden ääri-ilmiöiden yhä yleistyessä ilmaston muuttuessa. Luontopohjaisten ratkaisujen avulla on mahdollista tuottaa monia eri ekosysteemipalveluja, joiden avulla pystytään esimerkiksi lisäämään luonnon monimuotoisuutta ja kasvattamaan sen resilienssiä muuttuvia olosuhteita kohtaan, lisäämään asukkaiden viihtyisyyttä ja jopa ennaltaehkäisemään terveysongelmia, sekä tuottamaan taloudellisia säästöjä esimerkiksi hulevesien hallinnassa. Mahdollisuudet luontopohjaisten ratkaisujen hyödyntämiseen erilaisten riskien hallinnassa ovat laajat ja ohjauskeinoja niiden käyttöönottoon on annettu esimerkiksi EU-tasolla (Paloniemi 2019, 21). Lisäksi eri tutkijaryhmät ovat koonneet ideoita, kuinka luontopohjaisten ratkaisuihin liittyviä epävarmuustekijöitä olisi mahdollisuus vähentää ja näin lisätä investointihalukkuutta sekä kehittää ratkaisuihin saumattomasti kuuluvaa monialaista yhteistyötä (Paloniemi 2019, 22–24).

Hulevesienhallinnassa luontopohjaisilla ratkaisuilla tarkoitetaan esimerkiksi erilaisia kosteikkoja, sadepuutarhoja ja suodatuspainanteita. Näiden ratkaisujen toiminta perustuu hulevesien viivytämiseen, hyödyntämiseen sekä haitta-aineita poistoon kasvillisuuden ja luonnollisten prosessien avulla. Lisäksi nämä rakenteet useimmiten lisäävät alueiden viihtyisyyttä ja tarjoavat sekä kasveille että eliöille elinolosuhteita, joita perinteisillä putkiratkaisuilla ei ole mahdollista saavuttaa. Monissa kaupungeissa viemäröintiin perustuva hulevesienhallinta on jo kapasiteettinsa äärirajoilla, jolloin vaihtoehtoisia keinoja kasvavien vesimassojen käsittelyyn on löydettävä. Vesimäärät, joita luontopohjaisilla ratkaisuilla pystytään käsittelemään ovat usein pienempiä kuin putki- tai säiliöratkaisuilla, mutta hajautettujen järjestelmien voidaan katsoa luovan turvallisempaa infrastruktuuria, sillä mahdollisissa häiriötilanteissa vesienkäsittelystä vastaa useampi järjestelmä. (Kankainen & Junnonen 2001, 15.)

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on kartoittaa biosuodatusrakenteiden laadukkaan toteutuksen kannalta kriittiset elinkaaren osa-alueet ja koot näihin liittyviä hyviä käytänteitä kirjallisuudesta sekä alan toimijoilta. Selvitysten pohjalta kootaan kuntien käyttöön käytännönläheinen ohjeistus, jolla voitaisiin varmistaa hulevesien suodatusrakenteiden laadukas toteutus ja toiminnan laadukkuus hankkeen koko elinkaaren aikana, aina suunnittelusta seuranta- ja ylläpitovaiheeseen asti. Opinnäytetyö toteutetaan osana Interreg Central Baltic rahoitteista CleanStormWater hanketta. CleanStormWater hankkeen tavoitteena on parantaa

hulevesien laadunhallintaa Itämeren alueen maissa, kehittämällä ja testaamalla erilaisia hu-
levesien laadunhallinnan ratkaisuja, parantamalla hallinnan laatua ja toteuttamalla raken-
teiden toiminnan reaaliaikaista seuranta. Hanketta vetää Viimsin kunta Virosta ja partne-
reina tämän lisäksi on Tallinnan teknillinen yliopisto Virosta, Riikan kaupunki Latviasta, Ku-
ninkaallinen teknillinen korkeakoulu Ruotsista sekä Turun ammattikorkeakoulu Suomesta.
Kirjoittaja työskentelee Turun ammattikorkeakoulussa ja toimii hankkeessa asiantuntijateh-
tävissä.

2 Tutkimuksen tavoite ja menetelmät

Tämän tutkimuksen tavoitteena on tutkia hulevesien suodatusratkaisujen toteutusta kuntien näkökulmasta ja etsiä vastauksia rakenteiden suunnitteluun, toteutukseen ja ylläpitoon liittyviin ongelmiin pääsääntöisesti laadullisen tutkimusmenetelmän keinoin. Tutkimuksen osana toteutetun kyselyn voidaan kuitenkin katsoa edustavan määrällistä tutkimusmenetelmää. Kehittämistyössä hyödynnetään sekä kehittämistutkimuksen että toimintatutkimuksen teemoja, tavoitteena löytää keinoja laadukkaampaan hulevesien suodatusratkaisujen toteutukseen. Prosessissa tehdään aktiivista yhteistyötä alan toimijoiden kanssa, jotta uusista ohjeistuksista saataisiin mahdollisimman suurta ryhmää palvelevia.

Tutkimuskysymykset:

- Mitkä ovat kriittisimmät osa-alueet hulevesien suodatusjärjestelmien elinkaareissa?
- Mitkä käytänteet hulevesien suodatusjärjestelmien elinkaaren eri vaiheissa koetaan parhaiksi näiden parissa toimivien henkilöiden mielestä?
- Minkälaisia ohjeistuksia kirjallisuudesta löytyy hulevesien suodatusratkaisujen elinkaaren eri vaiheiden laadukkaampaan toteutukseen?
- Millä tavoin ja mitä laadunhallinnan teoriaa olisi mahdollista hyödyntää hulevesien suodatusratkaisujen elinkaaren vaiheissa?
- Mitkä seikat edistäisivät hulevesien suodatusrakenteiden elinkaaren laadunhallintaan parhaiten?

2.1 Tutkimusmateriaalit

Laadullista tutkimusmenetelmää hyödynnetään sekä sekundääriaineiston että primääriaineiston eli kehittämishankkeessa kerättyjen kokemusten ja olemassa olevien toimintamallien käsittelyssä. Primääriaineisto kerättiin kyselyllä sekä osallistavilla työpajoilla. Näiden tuloksien tavoitteena on osoittaa hulevesien suodatusratkaisujen toteutukseen liittyviä kohtia, jotka aiheuttavat ongelmia prosessissa. Koska toteutusprosessiin liittyy eri toimijoita, otetaan kehitystyössä huomioon näiden eri ryhmien mahdolliset eri motiivit ja tarkoitusperät, joista käytetään myös nimitystä intentiot. Esimerkiksi kunnan tilatessa hulevesien suodatusjärjestelmää, saattaa heillä olla täysin epärealistisia odotuksia järjestelmän toiminnan suhteen, joita ei kuitenkaan saada viestittyä suunnittelijalle. Tällöin valmis rakenne voi tuottaa tilaajalle pettymyksen, sillä se ei toimi odotetusti. Edellä mainitussa tilanteessa rakenteen toimimattomuus ei siis välttämättä johdu virheellisestä suunnittelusta tai toteutuksesta,

vaan tavoitteiden ja odotusten puutteellisesta kommunikoinnista. Näiden haasteiden selvittämisen lisäksi, kerättyjen havaintojen pohjalta luodaan uusia toimintamalleja, joiden avulla voitaisiin edistää eri sidosryhmien keskeistä ymmärrystä ja varmistaa hulevesien suodatusratkaisujen laadukkaampaa toteutusta elinkaaren kaikissa vaiheissa. (Vilkkä 2015, 75.)

Tämän tutkimuksen osana toteutettiin kysely kuntien hulevesiin erikoistuneille toimihenkilöille sekä hulevesirakenteiden suunnitteluun erikoistuneille konsulteille, jonka perusteella kartoitettiin hulevesien suodatusratkaisujen toteutukseen liittyviä haasteita sekä parhaita käytänteitä. Survey-tutkimus toteutettiin alan asiantuntijoihin kohdistuvalla ryväotannalla Suomessa, Virossa, Latviassa ja Ruotsissa. Vastaanottajiksi valittiin tutkimuksen aiheen kannalta aktiivisimpia kuntia sekä konsulttitoimistoja. Tausta-aineistona ja pohjana kyselyn kysymyksiin hyödynnettiin vuonna 2018 Vesi- ja ympäristötekniikan tutkimusryhmän toteuttaman luontopohjaisia hulevesiratkaisuja käsittelevän survey-tutkimuksen tuloksia, asiantuntija haastatteluja sekä tutkimusryhmän asiantuntijoiden kokemuksia työskentelystä hankkeissa, joissa hulevesien hallintaratkaisuja on toteutettu monialaisessa yhteistyössä. Kyselyyn vastasi kaiken kaikkiaan 50 asiantuntijaa, joista 29 oli kokemusta hulevesien suodatusjärjestelmien toteutuksesta. Näiden 29 henkilön vastausten tuloksia on kuvattu kappaleessa 4 Tulokset.

Kyselyssä ilmenneet suodatusjärjestelmien elinkaaren haasteet ja hyvät toimintamallit koottiin yhteen ja kehitystyötä jatkettiin osallistavissa työpajoissa. Työpajat järjestettiin Turussa, Riikassa ja Viimsissä ja kehitystyöhön osallistui yhteensä lähes 60 asiantuntijaa. Keskustelun pohjana hyödynnettiin kyselyn pohjalta laadittuja alustavia ohjekortteja sekä niihin liittyviä kysymyksiä, jotka jaettiin eri elinkaaren vaiheiden mukaan. Työpajoissa tehtyjen huomioiden pohjalta ohjekortteja kehitettiin vastaamaan eri elinkaaren vaiheita koskevia yleisimpiä sudenkuoppia sekä laadukkaamman toteutuksen kannalta tärkeimpiä parhaita toimintamalleja. Alkuperäiset ohjekortit löytyvät liitteestä 2.

Kirjallisuuskatsauksessa kartoitettiin hulevesien suodatusrakenteiden toteutukseen liittyviä ohjeistuksia ja dokumentteja sekä kotimaisilta että ulkomaisilta alan toimijoilta. Näissä esitetyt parhaita toimintamalleja hyödynnetään kyselyssä ja työpajoissa todettuihin haasteisiin ja ongelmakohtiin. Tässä kehittämishankkeessa laatua ja laadunhallintaa käsitellään erilaisten hankkeiden laadunhallinnan ja laatujärjestelmien kautta. Erityisesti rakennushankkeiden laadunhallinnan teorian voidaan katsoa olevan sovellettavissa myös hulevesien suodatusratkaisujen elinkaarilaadunhallinnan osaksi, sillä prosessi nivoutuu vahvasti rakennushankkeiden teemoihin. Laatujärjestelmällä tarkoitetaan tyypillisesti organisaation sisäisiä parhaita toimintatapoja ja ohjeistuksia, joilla varmistetaan jatkuva toiminnan laatu. Tässä

työssä laatujärjestelmän käsitettä hyödynnetään hulevesien suodatusjärjestelmän elinkaar-
ren kattavana ja siihen kuuluvia sidosryhmiä koskevana toimintamallina.

3 Kirjallisuuskatsaus

3.1 Biosuodatusrakenteet

Biosuodatusrakenteilla tarkoitetaan painanteita, joissa hyödynnetään kasvillisuutta ja erilaisia rakennekerroksia sekä suodatusmateriaaleja. Biosuodatusrakenteiden tavoitteena on vähentää pintavalunnan määrää ja parantaa valunnan laatua imeyttämällä vedet rakennekerroksien läpi. Kasvillisuuden ansiosta nämä järjestelmät parhaimmillaan lisäävät luonnon monimuotoisuutta sekä luovat suotuisia mikroilmastoja kokonaishaidunnun kasvaessa. Lisäksi biosuodatusrakenteet tyypillisesti vaativat hyvin vähän huoltoa ja luovat visuaalisesti miellyttäviä alueita. Biosuodatusrakenteet ovat mitoituksen ja ominaisuuksiensa osalta muunneltavissa, minkä ansiosta ne pystyvät vastaamaan erilaisiin haasteisiin ja ovat käytökelpoisia erilaisiin kohteisiin. Näiden rakenteiden käyttöä suositellaan kuitenkin vain pienille valuma-alueille ja lähelle valunnan syntypistettä. Tyypillisenä maksimi valuma-alueen kokona pidetään 0,8 hehtaaria. (Woods et al. 2015, 333; Illmann & Wilson 2017, 187.)

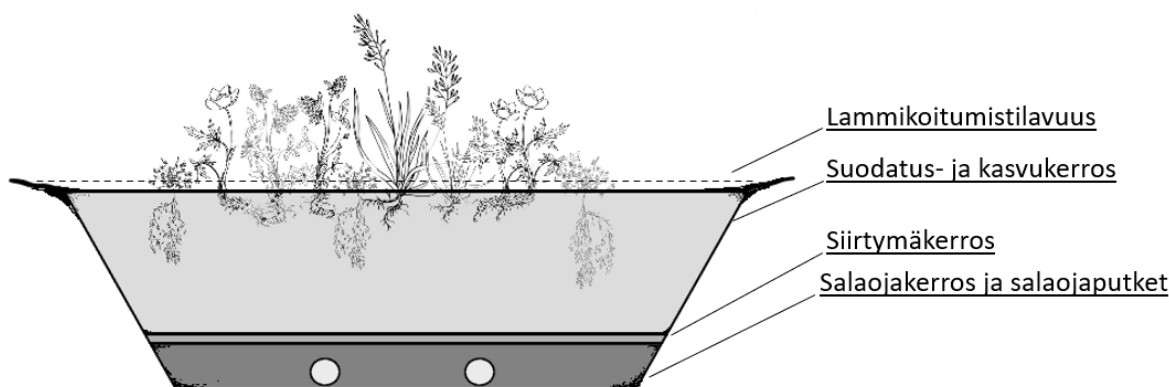
Biosuodatuksen perustuvat rakenteet vaativat jonkin verran tilaa ja useimmissa sovelluksissa vertikaalinen pinnankorkeusero on välttämätön. Isoilla valuma-alueilla järjestelmään tulevan veden määrää tulee voida säädellä ja valuntaa vastaanottavia rakenteita kannattaa olla useampia. Lisäksi ylivuotorakenteet tulee olla kunnossa, jotta rakenteet ovat turvallisia. Biosuodatusrakenteiden leveydelle, pituudelle ja syvyydelle on niiden historian alkutaipaleilla esitetty ohjeellisia vähimmäismittoja, jotka perustuivat teoreettisiin laskelmiin. Rakenteiden toimintaan vaikuttavia ominaisuuksia on kuitenkin nykyisen tutkimuksen valossa paljon enemmän kuin mitä yksinkertaiset laskelmat antavat ymmärtää, minkä takia ohjeellisista mitoista on osittain luovuttu. (Davis et al. 2009, 114.)

Rakenteiden toiminta ja tehokkuus paranevat rakenteen vakiintumisen myötä, mutta toisaalta heikkenee ajan kuluessa. Tämän lisäksi rakenteen toimintaan vaikuttaa vuodenaika, sillä talvisin maaperän jäätyessä ja kasvillisuuden puuttuessa biosuodatusrakenteiden tehokkuus on alhaisempi kuin kesällä. Koska rakenteiden tehokkuus on vaihteleva, saattaa se johtaa virheellisiin oletuksiin ja yliarviointiin rakenteiden vaikutuksista hulevesien laadunhallinnan osana. On kuitenkin huomattava, että biosuodatusrakenteiden systemaattista pitkäaikaisseurantaa on maailmanlaajuisestikin suoritettu todella vähän (Wang et al. 2021, 2 & 10.)

Vesi ohjataan biosuodatusrakenteeseen sen sijainnista riippuen esimerkiksi katukivetyksen aukosta tai viherpainanteesta. Sisäänoton jälkeen virtaaman tulisi hidastua ja jakautua tasaisesti rakenteeseen. Rakenteen toiminnan varmistamiseksi ja huoltotoimenpiteitä helpottamaan, biosuodatusrakenteen etuosaan suositellaan sijoitettavaksi lieteallas tai muu alue,

johon roskat ja kiintoaines jää ja josta ne on helppo puhdistaa. Vaikka rakenteissa usein mahdollistetaan veden lammikoituminen, ei niiden kuitenkaan tule toimia varsinaisia vettä varastoivina altaina vaan veden tulee imeytyä hiljalleen eri kerrosten läpi. (Woods et al. 2015, 345; RT 103006)

Biosuodatusrakenteen kerrokset muodostuvat suodatus- ja kasvukerroksesta tai näiden yhdistelmästä, jonka tarkoituksena on taata kasvillisuudelle suotuisat kasvuolosuhteet ja toimia haitta-aineiden suodatuksessa (kuva 1). Tyypillisesti suodatuskerros koostuu esimerkiksi hiekan, orgaanisen aineksen ja paikallisen pintamaan seoksesta, mutta markkinoilla on saatavilla myös erityisesti suodattavia hulevesirakenteita varten suunniteltuja seoksia. Siirtymäkerroksen tarkoituksena on estää suodatus- ja kasvukerroksen materiaalien päätyminen salaojakerrokseen ja sieltä yhä eteenpäin. Tämä kerros toteutetaan yleisesti 3/6 mm hiekoitussepelillä. Salaojakerroksen tarkoituksena on kerätä suotautunut valunta ja joko imeyttää se maaperään tai ohjata se salaojaputkien avulla eteenpäin. Salaojakerrokseen käytetään tyypillisesti 5/16 mm salaojasepeliä. (RT 103006; Hyvinkään Tieluiska Oy 2021.)



Kuvio 1. Hulevesien biosuodatusrakenteen periaatepiirros (Mukailtu Tahvonen 2019.)

Koska rakenteen läpi suotautuvan veden määrä on rajallinen, ei biosuodatusrakenteet välttämättä pysty käsittelemään suuria virtaamatilanteita. Jotta huippuvirtaamat eivät aiheuta haittaa rakenteelle tai sitä ympäröiville alueille, tulee rakenteeseen suunnitella ylivuotoreitit, joita pitkin tulvatilanteissa virtaama saadaan turvallisesti ohjattua rakenteen ohi. (RT 103006.)

3.2 Biosuodatusrakenteen suunnittelu

Biosuodatusrakenteen suunnittelussa tietyt periaatteet auttavat takaamaan onnistuneen ja toimivan rakenteen. Rakenteen mitoitus suhteessa valuma-alueen kokoon auttaa ehkäisemään tulvimisesta johtuvia haittoja ja mahdollistaa tehokkaampaa valumavesien laadunhallintaa. Kasvillisuussuunnitelman avulla voidaan vaikuttaa rakenteen käytännön toimintaan,

kasvien parantaessa veden imeytymistä ja ravinteiden pidättymistä, sekä lisätä rakenteen toteutusalueen biodiversiteettiä ja ekosysteemipalveluja. Biosuodatusjärjestelmien suodatusmateriaalien valinnassa sekä rakennesyvyyksissä tulee ottaa huomioon kasvillisuuden menestyminen sekä ravinteiden pidättyminen. (Minnesota Pollution Control Agency 2021c.)

Biosuodatusrakenteen suunnittelu tulee aina aloittaa taustatietojen kartoittamisella, sillä kartoituksen tiedoilla on merkittävä rooli rakentamisen onnistumisen kannalta. Huolellisesti toteutetut kartoitukset pienentävät riskiä rakennusvaiheessa kohdattavilta yllätyksiltä, jotka helposti lisäävät urakan kustannuksia ja aiheuttavat viivästymisiä. Rakennusvaiheen riskien lisäksi taustatietojen avulla pystytään välttämään rakenteen toimintaa uhkaavien riskien toteutumista. (Illmann & Wilson 2017, 25.)

Rakenteen suunnittelijan tulee tarjota toteutettavasta kohteesta selkeät piirroksot, joita tukemaan tulisi tuottaa lyhyt raportti tai kirjallinen selvitys, jossa kuvataan rakenteen suunnitteluun käytetyt lähtötiedot ja laskelmat, sekä tarkempi toimintaperiaate. Erityisesti rakenteen toiminnan kannalta kriittiset materiaalit ja rakennusvaiheet tulee osoittaa selkeästi. Vaikka hulevesien suodatusrakenteiden toteutus vastaakin suurelta osin tyyppillistä maarakennusurakkaa, saattaa jotkin osiot poiketa hyvinkin paljon totutusta. Tästä syystä on tärkeää, että suunnittelija tarjoaa yksityiskohtaisen kuvauksen kaikista rakenneosista kohteen toteuttajille. (Illmann & Wilson 2017, 19.)

Tiedot, joita suunnittelijan tulee tarjota rakentajalle:

- Rakennepiirros suunnitellusta biosuodatusrakenteesta, joka sisältää rakenteen toiminnan kannalta riittävät yksityiskohdat, sekä tarkentavat poikkileikkaukset, joissa osoitetaan veden johtaminen rakenteeseen ja eri järjestelmän rakenneosat aina purkupisteelle saakka.
- Maastonkorkotasot sekä korkotasot järjestelmän rakenneosille sisääntulosta purkupisteelle sekä reunojen luiskakaltevuudet esimerkiksi pituusleikkauksena.
- Laskennallisen purkuvirtaaman suuruus ja suunnitellut ylivuotoreiitit
- Rakenteen toimintaperiaate: onko tarkoitus suodattaa vedet maaperään vai eristääkö järjestelmä ympäröivästä maaperästä ja vedet ohjataan putkilla vastaanotettavaan vesistöön.
- Massalaskelmat kaivutöistä sekä mahdollisista penkereistä, sekä suunnitelma maamassojen mahdolliseen hyödyntämiseen kohteessa
- Kuvaukset käytettävistä rakennusmateriaaleista: eri putket, maamassat, kasvualustat sekä suodatusmateriaalit, geotekstiilit, allasmuovit tai -kumit sekä eri kasvillisuus.

- Rakentamisen aikana erityistä suojelua vaativat rakenneosat (esim. suodattavat rakenteet sekä suunnittelualueen valmis infra).
- Riskianalyysi rakennuskohteessa mahdollisesti aiheutuvista haitoista tai riskeistä (ja keinoja niiden välttämiseksi).
- Havainnekuva valmiista rakenteesta.

(Illmann & Wilson 2017, 16 ja 19; Minnesota Pollution Control Agency 2021a.)

Hulevesirakenteen suunnittelun yhteydessä tulisi lisäksi laatia karkea rakennussuunnitelma, jossa määritetään työvaiheiden järjestys ja tarkastuksia vaativat työvaiheet. Urakan valvojan ja rakentajan on tällöin helppoa sopia tarkastuspisteet, joissa tehdyt työvaiheet käydään läpi kohteella ja varmistetaan työn eteneminen suunnitelmien mukaan. Mahdolliset muutokset tulisi aina hyväksyttää myös kohteen suunnittelijalla, mikäli se on mahdollista. (Illmann & Wilson 2017, 20.)

Rakenteen kasvillisuuden valinnoissa tulisi tukea tai pyrkiä lisäämään suunnittelualueen monipuolisia elinalueita ja biodiversiteettiä. Paikallisten lajien suosiminen tulisi olla suunnittelun lähtökohta. Vierasperäisten kasvien valinnassa tulee valita erityisesti lajeja, jotka eivät pääse leviämään vesistön tai tuulen vaikutuksesta ja niiden käyttö tulisi olla tarkasti perusteltua. Kasvillisuussuunnitelmassa tulee lisäksi ottaa huomioon rakenteen erilaiset kasvupaikat ja niiden ominaisuudet, kuten pinnan kaltevuus, kasvualustan paksuus ja käytettävissä olevan veden määrä. Kasvivalinnat tulee suhteuttaa näihin olosuhteisiin, joiden lisäksi on tärkeää määrittää ennalta tarvittavat huoltotoimenpiteet ja erilaisen kaluston pääsy rakenteiden eri osiin. (Woods et al. 2015, 840.)

Jo rakenteiden suunnitteluvaiheessa tulee myös määritellä tulevien huoltokäyntien tarpeet sekä suoritustavat ja -reitit. Esimerkiksi huoltoajoneuvoilla tulee olla pääsy kohteelle, jotta niitot ja rakenteiden puhdistukset saadaan toteutettua sujuvasti. Tarkastuskaivojen sijoittaminen suodatusrakenteen eri kohtiin auttaa paikallistamaan ongelmallisen kohdan mahdollisissa vikatilanteissa ja näin helpottaa vianmäärittystä. Hulevesien hallintarakenteita suunnittelevat tahot osallistuvat usein vain vähäisissä määrin tai eivät osallistu ollenkaan rakenteiden toteutusvaiheeseen tai niiden huoltotoimenpiteiden suunnitteluun. Tästä syystä tiedon jakaminen niin, että kaikki rakenteiden parissa työskentelevät ymmärtävät toimintaperiaatteen lisäksi myös mitoitukseen käytetyt lähtötiedot ja niiden vaikutukset suodatusrakenteen eri rakenneosiin on välttämätöntä, jotta rakenteen toiminnallisuus pystytään takaamaan sen elinkaaren eri vaiheissa. (Illmann & Wilson 2017, 15; Minnesota Pollution Control Agency 2021c.)

3.3 Biosuodatusrakenteen kilpailuttaminen

Kohteelle suoritettujen kartoitusten tiedot mm. maaperän ominaisuuksista, alueella jo olemassa olevasta infrasta, aiemmasta maankäytöstä aiheutuvista riskeistä sekä pohjaveden tasosta tulisi antaa rakennusyryyksille tietoon jo urakan kilpailutusvaiheessa. Tällöin saadut tarjoukset vastaisivat mahdollisimman tarkasti urakan todelliseen luonteeseen ja suuremmilta yllätyksiltä välttyttäisiin.

Rakennusyryyksien jättämistä tarjouksista tulisi käydä ilmi tulevalla työmaalla toimivat urakoitsijat, koko urakasta vastaava toimija sekä alustava työsuunnitelma ja vaiheistus urakassa tehtäville eri työvaiheille. Esimerkiksi uuden asuinalueen infratekniikan urakassa olisi tärkeää pystyä osoittamaan hulevesirakenteiden toteutuksen ajankohta sekä keinot, joilla järjestelmiä joko hyödynnetään osana rakentamisaikaisen vesien hallintaan tai joilla ne suojataan tältä valunnalta. (Illmann & Wilson 2017, 29.)

3.4 Biosuodatusrakenteen rakentaminen

Rakenteen suunnittelijan sekä rakennusurakoitsijan alkupalaveri ja säännöllinen rakentamisaikainen valvonta auttaa saavuttamaan toimivan rakenteen, joka toteutuu suunnitelmien mukaisesti. Rakennustyömaalle tulisi osoittaa valvoja, jonka tehtävänä on tarkkailla urakan edistymistä, hyväksyä eri välivaiheet suoritetuiksi ja vastata urakoitsijan kysymyksiin sekä ottaa kantaa mahdollisiin ongelmatilanteisiin. Yllättäviin rakentamisvaiheissa kohdattuihin haasteisiin puuttuminen ja niihin reagointi vaatii usein rakenteen toiminnan kokonaisvaltaista ymmärtämistä. Yhteistyö eri toimijoiden kesken mahdollistaa parhaan lopputuloksen. Lisäksi työvaiheiden tavoitteiden ja riskikohtien määrittely jo suunnitteluvaiheessa mahdollistaa jatkuvan seurannan, jolloin edellinen työvaihe tulee hyväksytyksi valvojan toimesta, ennen urakan jatkumista eteenpäin. Näin vältetään tilanteet, joissa esimerkiksi rakenteen viimeistelyn jälkeen havaitaan sen toiminnan kannalta merkittäviä puutteita, jotta kasvillisuuden poistoon, rakenteen purkuun ja uudelleen toteutukseen. (Illmann & Wilson 2017, 194.)

Ennen rakennustöiden aloitusta kohdealue tulee käydä läpi kartoitusmateriaalien kanssa, jotta voidaan varmistua alueen olosuhteiden vastaavan taustatietoja. Tämä vaihe on erityisen tärkeää, mikäli kyseessä on alue, jossa on jo käynnissä muutostöitä tai rakenteen suunnittelusta on kulunut aikaa. Mikäli tietoja puuttuu tai olosuhteet ovat oleellisesti muuttuneet taustakartoituksista, tulee mahdolliset muokkaukset suunnitelmaan hyväksyttävä alkuperäisellä suunnittelijalla. (Illmann & Wilson 2017, 16.)

Ennen rakennustöiden aloitusta tarkistettavat asiat:

- Maasto:
 - Onko kohteen nykytilasta saatavilla riittävät korkeustiedot?
 - Täsmääkö suunnitelmien korkotasot olemassa oleviin korkoihin? Onko massojen käsittelyyn ja hyödyntämiseen kohteessa suunnitelma?
 - Onko maanalainen infra (johdot, putket kaapelit ym.) kartoitettu, pitääkö kartat näiden osalta paikkaansa?
 - Onko kohteen maankäytöstä historiatietoja, jotka voisi aiheuttaa rakennusvaiheessa riskejä esim. haitalliset aineet maaperässä.
 - Mikäli on tarkoitus rakentaa maaperään suodattava järjestelmä, onko kohteen maaperälle suoritettu imeytyskokeita?
 - Onko rakennusalueella suojeltavia puita, kasveja tai alueita? Onko ne merkitty maastoon?
- Vesienhallinta:
 - Onko kohteen vesistä tarjolla historiatietoja, kuten ojien ja purojen tulviminen tai suojeltujen lajien esiintyminen.
 - Onko pohjaveden pinnankorkeus ja sen vaihtelut tiedossa? Aiheuttaako ne riskiä rakenteelle tai rakentamiselle?
 - Onko työmaavesien hallintaa varten suunnitelma?
- Toteutettava rakenne:
 - Kattaako rakennepiirrokset kaikki järjestelmän osat ja niiden toimintaperiaatteet?
 - Onko järjestelmän eri materiaaleille suositeltu tiettyä valmistajaa? Vastaa-vatko nämä johonkin tiettyyn tarpeeseen vai ovatko ne korvattavissa?
- Yhteistyö:
 - Onko urakalle osoitettu valvoja?
 - Onko urakan aikataulu ja eri työvaiheiden tarkastuspisteet sovittu?
 - Onko rakennuskohteella naapurustoa, jota tulisi informoida urakasta ja valmistuvan kohteen pääpiirteistä?

Biosuodatusrakenteen toiminnan kannalta käytetyt rakennusmateriaalit ja oikeat toimintatavat ovat erittäin tärkeässä roolissa. Rakentajilla täytyy olla tiedossa rakenteen suunnittelussa käytetyt lähtötiedot ja ymmärtää eri rakenneosien toiminta kokonaisuuden kannalta, jotta esimerkiksi materiaalivalinnat tukevat kokonaisuutta. Rakenteissa käytetyt kasvu- ja suodatuskerroksen materiaalit tulee tarkastaa sekä raekokojakauman että eri jakeiden suhteiden osalta ennen asennusta, jotta rakenteet kuivuvat riittävän tehokkaasti mahdollistaen myös kasvien kasvun. Liian karkeat seokset kuivattavat kasvualustan niin nopeasti, että kasvillisuuden menestyminen heikkenee, kun taas toisaalta liikaa orgaanista ainesta sisältävät hienojakoiset seokset tukkivat järjestelmän ja lisäävät kuormitusta. Kasvu- ja suodatuskerroksen asennuksen yhteydessä tulee myös varmistaa, että seoksen paksuus vastaa suunniteltua, mahdollistaen suunnitellun veden varastointilavuuden sekä kasvupaikan kasvien juuristoille. (Illmann & Wilson 2017, 15 ja 189.)

Mikäli rakenteeseen toteutetaan siirtymäkerros kasvualustan ja salaojakerroksen välille, tulee myös näiden materiaalien partikkelikoko ja kerrospaksuus tarkastaa asennuksen aikana. Liian hieno materiaali tukkii rakenteen ja saattaa huuhtoutua pois. Ainoastaan riittäväällä kerrospaksuudella saavutetaan siirtymäkerroksen tarjoamat hyödyt. Biosuodatusrakenteen tulee joissain tapauksissa eristää sitä ympäröivästä maaperästä allaskumin tai geotekstiilin avulla. Asennusvaiheessa tämä eriste tulee asentaa riittävän pitkälle rakenteen luiskissa ja kerrostaa riittävästi saumakohtista, jotta asennuksesta tulee tiivis. Jotkin muovija kumilaadut voivat olla hauraita ja herkkiä rikkoontumaan, vaatien asennukseen tarkkuutta. (Illmann & Wilson 2017, 190; Minnesota Pollution Control Agency 2021b.)

Veden kulku biosuodatusrakenteeseen tulee toteuttaa sillä korkotasolla, jolla se on suunniteltu. Mikäli varsinainen rakenne jää sisääntuloa korkeammaksi, ei vesi pääse kulkemaan suodatuskerroksiin. Lisäksi sisääntulon kulmaan suhteessa tyypilliseen virtaamaan tulee kiinnittää huomiota erityisesti alueilla, joilla virtausnopeudet kasvavat. Virtausnopeuden kasvaessa virtaama saattaa ohittaa rakenteen suuaukon, mikäli se on liian jyrkässä kulmassa. Tyypillisesti tällaisia kohteita ovat esimerkiksi teiden varsilla olevat biosuodatusrakenteet. (Illmann & Wilson 2017, 191.)

Korkeuserot myös rakenteen sisällä ovat sen toiminnan kannalta erittäin tärkeitä ja rakennusvaiheessa ne vaativat tarkkuutta ja ymmärrystä. Veden sisääntulossa virtaamanopeutta tulisi saada laskettua, jolloin eroosiohaitat vähenevät ja kiintoaineen pääsyä varsinaiseen suodatusrakenteeseen olisi mahdollista vähentää. Varsinaisen suodatusosion kaltevuus ja putkien asennussyvyudet määrittelevät rakenteen kuivatuksen ja väärin asennettuna johtavat pahimmillaan tulvimiseen. Mahdolliset ylivuotorakenteet ja niiden korot määrittelevät

biosuodatusrakenteen turvallisuutta koko sen ympäristölle. Turvalliset tulvimissuunnat huipuvirtaamien varalle tulee tarkastaa rakennusvaiheessa. (Illmann & Wilson 2017, 191–193.)

Biosuodatusrakenteet tulisi toteuttaa vasta mahdollisten muiden urakan osien, kun viimeistelyvaiheessa, jotta kiintoainekuormitus ei tukkisi rakennekerroksia. Mikäli biosuodatusrakenteen toteutetaan ensimmäisenä esimerkiksi uutta asuinalueita rakennettaessa, tulee se suojata muiden rakennustoimien ajan. Rakennustyömaalla ajoneuvojen huolimattomista ajoreiteistä aiheutuva tiivistyminen tai rakenteiden rikkoontuminen, savi ja muu kiintoaines sekä roskat voivat turmella biosuodatusrakenteen jo ennen sen varsinaista käyttöönottoa. Biosuodatusrakenteiden rakennustyöt tulisi suorittaa mahdollisimman kuivana ajankohtana ja jättää rakenteen viimeistely toteutettavaksi koko urakan valmistuttua. Mikäli alueelle toteutettava biosuodatusrakennetta halutaan käyttää työmaavesien hallintakeinona, tulisi suodattavat kerrokset ja kasvillisuus asentaa vasta työmaan viimeistelyvaiheessa ja hyödyntää allasosioita kiintoainekuormituksen hallintaan. Rakenteessa käytettävät kasvit tulisi tilata mahdollisimman aikaisessa vaiheessa urakkaa, jotta rakenteeseen suunniteltuja kasvilajeja on varmasti saatavilla viimeistelyvaiheessa. (Illmann & Wilson 2017, 17 & 42; Minnesota Pollution Control Agency 2021b.)

Rakennusurakan aikana suoritettavalla valvonnalla taataan valmiin rakenteen toiminta suunnitellun mukaisesti. Erityisen tärkeää on varmistaa oikeiden materiaalien käyttö, hyvät työskentelytavat ja rakenteiden toiminnan kannalta oikea toteutusjärjestys. Valvontakäytien ajankohdat urakan eri vaiheissa sovitaan ennalta. Tarkastettavat kohteet käydään läpi ennalta laaditun listauksen mukaan ja havainnot kirjataan ylös. Tarvittaessa eri vaiheet myös valokuvataan. Urakan alussa sovittujen välietappien osalta työtä olisi mahdollista jatkaa vasta kun tarkastukset on tehty ja kaikki on todettu olevan kunnossa.

- Valokuvataan ja kirjataan havainnot:
 - maaperän laadusta ja eri maalajien syvyyksistä,
 - kohteen korkotasoista sekä luiskista ennen töiden aloitusta sekä sen jälkeen.
- Tarkastetaan, että kohteelle toimitetut maamassat, geotekstiilit, allasmuovit ja -kumit, putket sekä muut materiaalit vastaavat suunnitelmissa esitettyjä materiaaleja
- Kuvataan ja dokumentoidaan eri järjestelmien asennukset niiden toiminnan kannalta kriittisimmiltä osin

- Tarkastetaan kasvien istutus suunnitelman mukaisesti sekä suoritetaan jatkoseuranta, jossa varmistetaan kasvien kunto ja mahdolliset korjaustarpeet.
- (Illmann & Wilson 2017, 88.)

3.5 Biosuodatusrakenteen seuranta ja huolto

Biosuodatusrakenteet vaativat säännöllistä seuranta ja huoltoa säilyäkseen toimintakuntoisina. Seurannan tavoitteena on kerätä tietoa rakenteen toiminnasta ja mahdollisista huoltotarpeista. Biosuodatusrakenteiden visuaalisella tarkastelulla saadaan paljon tärkeää informaatiota sen toiminnasta, tämän lisäksi vedenlaadun vaikutuksien seuranta on mahdollista toteuttaa vesinäytteenotoilla. Seuranta tulisi suorittaa säännöllisesti, jotta vältetään yllätyksiltä ja suuria toimenpiteitä vaativilta korjauksilta. Erityisesti rakenteen valmistumisen jälkeen sen toimintaa tulisi seurata usein, jotta kaikkien rakenneosien toimivuus voidaan todeta. Huoltotoimenpiteiden tavoitteena on ylläpitää rakenteen toimintakuntoa sekä esteettisiä arvoja. Huoltosuunnitelma tulisi laatia jo rakenteen suunnittelun yhteydessä ja sitä tulisi täydentää tarpeen mukaan. Suunnitelmassa tulee kuvata koko rakenne ja sen toimintaprosessit niin, että huoltoja toteuttava henkilöstö osaa kiinnittää huomiota oikeisiin asioihin ja toteuttaa huollot niin, että ne tukevat rakenteen toimintaa. Tämän lisäksi on tärkeää, että suoritetuista huolloista ja kunnossapitotoimenpiteistä pidetään kirjaa ja havainnot dokumentoidaan tarkasti. (CRC for Water Sensitive Cities, 2015; Minnesota Pollution Control Agency 2021c.)

Huolto-ohjeistuksen tulee sisältää:

- Kuvaus rakenteesta sekä sen toimintaperiaatteesta ja eri osista. Selvityksestä tulee käydä ilmi kaikki eri rakenneosat, yksittäisten rakenneosien toiminta ja niiden merkitys kokonaisuuden kannalta.
- Kuva tai piirros rakenteesta eri vuodenaikoina, kuvaamaan toivotunlaista ulkoasua ja huomioitavia kohteita
- Kuva osoittamaan ajoreitit ja erilaisia huoltotoimenpiteitä vaativat alueet (niitettävät ja niitolta säästettävät alueet, lietteen poisto ym.)
- Huoltotoimenpiteet jaoteltuna niiden suoritusajataulun mukaan (esim. kuukausittain, kerran 3kk, puolivuositain, tarvittaessa tai harvemmin suoritettavat)
- Kuvaukset huoltoihin käytettävistä laitteista tai materiaaleista, mikäli näiden tulee olla tietynlaisia parhaan tuloksen saavuttamiseksi

- Ohjeistus huoltopäiväkirjan täyttämiseen

(Woods et al. 2015, 864–865.)

3.6 Elinkaariarviointi

Elinkaariarvioinnissa (LCA) tavoitteena on esittää tuotteen tai palvelun koko elinkaari aina valmistukseen käytettävästä raaka-aineesta, tuotantoprosessien kautta lopulta sen käytöstä poistoon ja kierrätykseen. Tyypillisesti arviointia suoritetaan ympäristönäkökulmasta, arvioiden tuotteen eri vaiheiden vaikutuksia ja kuormittavuutta ympäristölle. Arvioinnin tavoitteena on tuottaa tietoa ympäristökuormituksen vähentämisen mahdollisuuksista sekä antaa tukea päätöksentekoon esimerkiksi julkishallinnolle sekä teollisuudelle. Arviointiin voidaan eri työkaluja yhdistelemällä tuoda myös taloudellinen ulottuvuus. Elinkaariarvion tuottamiseen on erilaisia ohjeistuksia ja standardeja kuten ISO 14044, jotta arvioiden läpinäkyvyys ja vertailukelpoisuus olisi taattu. Elinkaariarvio koostuu neljästä eri vaiheesta, joissa määritellään tavoitteet, tuotetaan inventaarioanalyysi sekä vaikutusarviointi ja lopulta tulosten tulkinta. Elinkaariarvioinnin lisäksi käytetään termiä elinjakso, jolla pyritään kuvaamaan tietty tuote tai järjestelmä erilaisten vaiheiden avulla. Elinjakson hallinta alkaa tuotteen tai järjestelmän kehitystyöstä, jolloin määritellään sen toimintaan, turvallisuuteen ja käyttö- sekä ylläpitokustannuksiin liittyvät seikat. Tyypillisesti elinjakson hallinnassa korostetaan sen eri vaiheita: suunnittelua, toteutusta ja niissä tapahtuvia eri toimenpiteitä. Taloudelliset ohjauskeinot ovat merkittävässä roolissa ja tyypillisesti kaikkia jakson aikana tapahtuvia toimia pyritään optimoimaan elinjakso-kustannusten suhteen. (SFS-EN ISO 14040 2006; Kortelainen et al. 2021, 22–23.)

Rakennusten elinkaariarvioinnissa selvitetään eri työvaiheiden merkitys ympäristön kannalta, niin materiaalien kuin työmenetelmien osalta. Rakennuksen elinkaari jaetaan tuotevaiheeseen, rakennusvaiheeseen, käyttövaiheeseen ja elinkaaren loppuvaiheeseen. Nämä eri vaiheet pitävät sisällään rakentamiseen käytettävien materiaalien valmistukseen ja hankintaan liittyvät prosessit, itse rakennusvaiheen sekä käyttövaiheeseen sisältyvät huoltotoimenpiteet ja korjaukset. Lisäksi huomioon otetaan mm. energian- ja vedenkulutus eri elinkaaren vaiheissa sekä rakenteen elinkaaren päättyminen ja rakenteiden kierrätykseen tai hävitykseen liittyvät seikat. Alkuvaiheen toimista aiheutuvien ympäristövaikutusten todentaminen on kaikista yksinkertaisinta, sillä niiden toteutuminen vastaa usein hyvin suunnitelmia. Pidemmällä aikavälillä tapahtuvat vaiheet, kuten käyttö- ja elinkaaren loppuvaiheet joudutaan tyypillisesti arvioimaan. (Kortelainen et al. 2021, 20.)

Elinkaarijohtamisen käsitettä hyödynnetään mm. kaupunkikehityshankkeissa. Kaupunkikehityksessä pitkänaikavälin tarkastelu suunnittelusta aina rakenteiden käyttöön ja huoltoon

on välttämätöntä, sillä rakennuksilla ja muulla kaupunki-infralla on tyypillisesti pitkä elinkaari. Silti elinkaarinäkökulma kaupunkikehityshankkeiden vaikutusten arvioinnissa ja seurannassa on yhä monilta osin vajavaista, keskittyen ainoastaan välittömiin kustannuksiin, sen sijaan, että hankkeissa huomioitaisiin koko elinkaaren aikana syntyviä kustannuksia ja säästöjä. Kaupunkikehityshankkeiden parissa työskentelee tyypillisesti kaupunki- tai kunta-toimijoiden lisäksi konsultteja, rakennusyhtiöitä sekä huolto- ja kunnossapitoalan toimijoita. Elinkaarihallinnan vastuut, joissa julkisten toimijoiden kaavoitus ja aluekehittämisen toiminnot, julkisen palvelut ja niihin liittyvät pitkät investoinnit ovat vastakkain suunnittelu- ja rakennusyriyten yksittäisten kohteiden ja niiden taloudellisen kannattavuuden kanssa johtaa tilanteeseen, jossa elinkaarihallinta kaupunkikehityksen näkökulmasta tarkoittaa hyvin eri asiaa julkisille toimijoille kuin mitä se tarkoittaa yksityisille. Eri toimijoiden erilaiset lähtökohdat aiheuttavat haasteita elinkaarijohtamisen tavoitteiden asettelussa ja kustannusten osalta. Nämä ristiriidat saattavat johtaa mm. rakennusvaiheessa saavutettuihin säästöihin, jotka kuitenkin joudutaan korvaamaan myöhemmin korkeammilla huoltokustannuksilla. Lisäksi nykyisestä toimintaympäristöstä puuttuu elinkaarihallintaa johtava tai valvova taho, joka edistäisi kokonaisuuden kannalta parhaita ratkaisuja. Yhteistyön lisääminen eri toimijoiden välille jo suunnittelun aikaisessa vaiheessa todettiin parhaaksi keinoksi edistää elinkaarilaadunhallintaa ja tuottaa synergiahyötyjä. Hankkeen alussa määritetyt selkeät tavoitteet elinkaaren eri vaiheisiin ja näiden jatkuva seuranta johtavat onnistuneeseen lopputulokseen. (Ristimäki & Junnila 2015, 12545–12548.)

Erilaisia työkaluja elinkaarihallintaan on olemassa, mutta niitä käytetään päätöksenteossa vielä melko vähän. Erityisesti työkaluja, jotka ottaisivat huomioon myös ekosysteemipalvelut ja niille osoitettavat lisähyödyt ovat käytössä todella vähän. Hulevesirakenteiden elinkaaren kustannuksien, toiminnan ja eri hyötyjen arviointiin on kehitetty Yhdysvalloissa työkalu, jonka tavoitteena on mahdollistaa perinteisen harmaan infran sekä luontopohjaisten järjestelmien eri skenaarioiden vertailun päätöksenteon tueksi. CLASIC-työkalu pitää sisällään elinkaarikustannusanalyysin, joka mahdollistaa sekä rakentamiseen että huoltotoimintoihin keskittyvän kustannusvertailun eri skenaarioiden välillä. Järjestelmien toimintaa arvioidaan kokonaisvalunnan, huippuvirtaamien ja haitta-ainekuormituksen osalta. Järjestelmien tuottamien hyötyjen arviointiin ja esittämiseen käytetään monitavoitteisen päätösanalyysin (MCDA) keinoja. Laadullinen arvio tarjotaan taloudellisesta, sosiaalisesta ja ekologisesta näkökulmasta. Työkalulla voidaan tarkastella laajojakin alueita, kattaen esimerkiksi kokonaisia kaupunginosia ja se hyödyntää Yhdysvaltojen kansallisia maaperätietoja, sadanta- ja valuntatietoja sekä säädataa. Lisäksi vedenlaatua arvioidaan sen maankäyttöön perustuen, mutta työkaluun on myös mahdollista syöttää omia esim. näytteenotolla kerättyjä laatutietoja. (Ristimäki & Junnila 2015, 12552; The Water Research Foundation 2021.)

3.7 Laadunhallinta ja laadunhallintajärjestelmät

Laadusta puhuttaessa tarkoitetaan useimmiten joko tuotteen tai palvelun laatua sekä prosessin laatua, jolla tuotetaan edellä mainitut tuotteet tai palvelut. Laadun saavuttamiseksi toimintoja tulee pystyä mittaamaan ja ohjaamaan, jolloin tuotteen tai prosessin arviointia voidaan kuvata esimerkiksi tehokkuuden, tarkoituksenmukaisuuden ja virheettömyyden kautta. Laatua voidaan tarkastella eri näkökulmista, joiden avulla korostetaan eri toimijoiden kannalta tärkeimpiä asioita. Hulevesien suodatusrakenteiden osalta valmistuksen laatu nousee tärkeimmäksi näkökulmaksi, sillä suodatusrakenne, joka ei toimi tehtävässään, ei tuota lisäarvoa missään suhteessa.

Laadunhallintajärjestelmät voivat olla muodollisesti suunniteltuja, standardeihin perustuvia järjestelmiä tai vapaamuotoisesti kirjattuja toimintoja, joilla varmistetaan yrityksen tai organisaation laadukas toiminta. Laadunhallintajärjestelmillä kuvataan yrityksen tai organisaation tavoitteet, haluttujen lopputulosten saavuttamiseen vaadittavat prosessit ja resurssit sekä näihin liittyvät riskit. Järjestelmän tavoitteena on varmistaa, että toiminnot tuottavat lisäarvoa asiakkaille sekä tärkeimmille sidosryhmille ja sitä tulee kehittää osana yrityksen toimintaprosesseja. Asiakkaille tuotetusta lisäarvosta saatava hyöty näyttäytyy esimerkiksi parempana asiakastyytyvyytenä ja asiakasuskollisuutena, parempana maineena sidosryhmien ja muiden toimijoiden keskuudessa sekä suurempana markkinaosuutena ja asiakasmäärien lisääntymisenä. Laadunhallintajärjestelmän seuranta perustuu määritettyihin arviointikohteisiin, joita muodollisissa järjestelmissä täydennetään standardeissa esitetyillä vaatimuksilla. (SFS-EN ISO 9000 2015, 7 ja 10.)

Laatutavoitteiden saavuttamiseksi yrityksen tai organisaation tavoitteet ja toimintamallit tulee jalkauttaa sen jokaiselle työntekijälle. Tavoitteisiin sitoutuneet työryhmät ja yksittäiset työntekijät mahdollistavat tavoitteiden saavuttamisen ja prosessien kehittämisen niin, että eri ryhmienvälinen toimintakyky, viestintä ja koordinaatio kehittyvät jatkuvasti, parantaen koko yrityksen toimintaa. Tavoitteiden saavuttamisen kannalta tärkeimmät resurssit, kuten esimerkiksi organisaation tietotaito, infrastruktuuri, materiaalit, informaatio, ulkopuoliset resurssit ja luonnonvarat tulee olla riskienhallinnan piirissä, sillä ne vaikuttavat merkittävästi laatutavoitteiden saavuttamiseen. (SFS-EN ISO 9000 2015, 7 ja 10; SFS-EN ISO 9004 2018, 17.)

Prosessimainen toimintamalli, jossa pienet osakokonaisuudet muodostavat laajemman yhtenäisen järjestelmän, mahdollistaa johdonmukaisen prosessin tai hankkeen, jossa tavoitteet on helppo saavuttaa. Kuvana esitettävä prosessikartta auttaa hahmottamaan kokonaisuuden eri osat ja niiden roolit tavoitteiden saavuttamisessa. Osakokonaisuuksien tehokkuuden- ja laadunarviointi auttaa hallitsemaan koko järjestelmään kohdistuvia riskejä, sekä

kohdentamaan panostuksia tärkeimpiin kokonaisuuksiin, jotta lopputulos vastaa asetettuja tavoitteita. Eri osa-alueille kohdistuvat riskit vaihtelevat aina inhimillisistä tekijöistä, epäonnistuneisiin suunnitelmiin ja odottamattomiin muutoksiin esimerkiksi asiakkaiden tarpeissa. (SFS-EN ISO 9000 2015, 11; SFS-EN ISO 9004 2018, 15–16.)

Laadunhallintajärjestelmän luomisessa pohjana tulee olla organisaation tai yrityksen kannalta tärkeimmät prosessit ja niihin liittyvät resurssit sekä toimijat.

Lisäksi tulee määrittää:

- tarvittavat lähtötiedot ja tavoitteet, joihin näillä pyritään,
- eri prosessien kulku, vastuuhenkilöt ja vaikutukset rinnakkaisiin prosesseihin,
- kriteerit ja menetelmät, joilla prosessien osien kulkua sekä tuloksia mitataan
- tarvittavat resurssit ja niiden saatavuus
- mahdolliset riskit ja niiden hallintatoimet
- kokonaisarvioinnin kriteeristö, jatkuvan laadun tavoitteet sekä arvioinnista vastaavat tahot, jolla varmistetaan prosessien kehittyminen

(SFS-EN ISO 9001 2015, 12.)

Yrityksien laatujärjestelmä sisältää tyypillisesti laatu käsikirjan, menettely- ja toimintaohjeet ja viiteaineiston. Laatu käsikirja määrittelee yrityksen laatu politiikan ja laatu järjestelmän menettelyt sekä vastuut näihin liittyen. Menettely- ja toimintaohjeet pitävät sisällään prosessikuvaukset ja niihin liittyvät ohjeistukset, joiden avulla voidaan välttää virheet suunnittelu- ja valmistusvaiheissa. Viiteaineiston tehtävänä on tarjota tarkempia teknisiä työohjeita, sekä laadunvarmistuksessa hyödynnettäviä lomakkeita. (Kankainen & Junnonen 2001, 15–18)

Rakennusalalla laatua voidaan ajatella sekä valmiin lopputuotteen laatuna kuin myös itse rakennusprosessin laatuna. Lopputuotteen, esimerkiksi rakennuksen laatua arvioidaan sen käytettävyyden ja koettavuuden vaatimusten perusteella. Käytettävyyden ja käyttövarmuuden käsitteellä tarkoitetaan kohteen kykyä suoriutua sille tarkoitettusta toiminnosta suotuisissa olosuhteissa. Käyttövarmuus pitää sisällään eri osatekijöitä, jotka ovat toimintavarmuus, kunnossapidettävyyys, palautettavuus ja kunnossapitovarmuus. Tuotteen tai järjestelmän suunnitteluvaiheessa luodaan edellytykset sen toimintavarmuuteen ja kunnossapidettävyyteen. Käyttöönoton jälkeen kunnossapitovarmuudesta vastaa kunnossapitoa suorittavan tahon lisäksi myös järjestelmän omistava taho. Tällä tavoin varmistetaan oikea-aikaiset sekä järjestelmän toimintaa tukevat kunnossapitotoimenpiteet. Rakennushankkeiden osalta käytettävyyden arviointiin sisältyy sekä materiaaleihin liittyviä vaatimuksia kuin myös

valmiin rakenteen toiminnallisuuteen, pitkäaikaiskestävyyteen, terveellisuuteen ja energian kulutukseen. Koettavuuden käsitteellä tarkoitetaan rakennushankkeen lopputuotoksen suhdetta sen ympäristöön ja toimintoihin. (Kankainen & Junnonen 2001, 25–27; Kortelainen et al. 2021, 19–20.)

Rakennusprosessin laatu sen sijaan pitää sisällään hankkeen johtamisen, eri toimijoiden yhteistyön sekä informaation laadun. Laatujohtamisen tavoitteena on varmistaa hankkeeseen osallistuvien osapuolten saumaton yhteistyö ja pyrkiä minimoimaan laatua uhkaavat virheet ja poikkeamat. Rakennusalalla laatujohtaminen toteutuu käytännössä laatusuunnitelman pohjalta. Laatusuunnitelmassa tähdätään laadukkaan työtavan ylläpitoon, virheiden korjaamiseen sekä jatkuvaan kehittymiseen. Yksittäisten hankkeiden osalta tämä tarkoittaa mm. hankkeen erityispiirteiden tunnistamista sekä ennalta suoritettua riskikartoitusta. Rakennusprosessin laatutavoitteiden saavuttamisen kannalta kommunikointi ja tiedon välittäminen eri hanketoimijoiden välillä sekä muuttuviin tilanteisiin reagointi on erityisen tärkeää. Rakennushankkeissa tilaajan tarpeiden ja tavoitteiden määrittely toimii pohjana urakan suunnitelmien laadulle. Ainoastaan riittäviin taustatietoihin ja realistisiin odotuksiin pohjautuvat tavoitteet johtavat laadukkaisiin suunnitelmiin ja siitä yhä käytännön toteutukseen. Suunnittelijan tehtävänä on tuottaa tarpeisiin ja tavoitteisiin pohjautuvat selkeät ja yksiselitteiset suunnitelmat, jotka ottavat huomioon suunnittelualueen ominaisuudet, viranomaisten vaatimukset sekä toteutettavuuden ehdot. Suunnitteluvaiheen virheet johtuvat usein puutteellisista tai jopa virheellisistä lähtötiedoista, joiden pohjalta tuotetut suunnitelmat eivät ole käytännössä toimivia. (Kankainen & Junnonen 2001, 27–30.)

Hankkeen tuotantolaatu nivoo yhteen kaikki urakassa osallisena olleiden tahojen työt, aikataulut, käytetyt materiaalit ja järjestelmät ja vertaa lopullista tuotosta alkuperäisiin suunnitelmiin. Korkean tuotantolaadun saavuttamiseksi lopputuotteen tulisi vastata alkuperäisiä suunnitelmia eikä näiden välillä tulisi olla ristiriitoja. Rakennusprosessin laadun kannalta selkeät tavoitteet ja vaatimukset ohjaavat työtä koko hankkeen ajan. Selkeät vastuut ja roolit parantavat tiedon välitystä eri osapuolten välillä ja helpottavat päätöksenteossa. Rakennusprosessin aikana tapahtuvat virheet tarkoittavat useimmiten poikkeamia asetetuista tavoitteista tai yleisistä käytännöistä. Näitä aiheutuu puutteellisen johtamisen, koordinoinnin ja valvonnan takia ja näiden seurauksena valmis lopputulos ei vastaa asetettuja vaatimuksia. Virheitä esiintyy työsuoritteissa, materiaaleissa ja vaikeammin hallittavien tekijöiden seurauksena, kuten vaihtelevan sään johdosta tai ilkvallan ja onnettomuuksien seurauksena. Tyypillisesti rakennusprosessin virheet havaitaan hyvin nopeasti ja niistä aiheutuvat korjaustoimenpiteet aiheuttavat ylimääräisiä kustannuksia, mutta prosessin lopputuote toteutuu silti alkuperäisten suunnitelmien mukaan. Hankkeen lopussa suoritettujen lopparvi-

oinnin lisäksi myös kohteen käyttöönoton jälkeen suoritettava jälkikäteisarvio tarjoaa arvokasta tietoa siitä, kuinka hyvin valmis kohde täyttää sille asetetut vaatimukset ja toimii tehtävässään. Valmiin rakenteen käytössä tai ylläpidossa aiheutuneet virheet johtavat rakenteen kunnan odotettua nopeampaan heikkenemiseen ja realisoituu usein lisääntyneinä korjaus- tai huoltokustannuksina. Suunnittelu vaiheen ja varsinaisen urakan aikaisista, eri osapuolten laatimista, asiakirjoista koottava huoltokirja toimii kiinteistön tai muun rakenteen huolto- ja kunnostustöiden lähtöpisteenä, jonka perusteella määritellään ensimmäisen vaiheen huoltotoimet, niiden tavoitteet ja aikataulut. (Kankainen & Junnonen 2001, 29–33.)

Rakennusalalla urakat tähtäävät valmistuskeskeiseen laatuun, jossa työnjälkeä verrataan urakka-asiakirjoissa, kuten rakennusselostuksissa, suunnitelmapiirustuksissa ja työselostuksissa sovittuihin vaatimuksiin. Urakan lopputuloksen tulee lähtökohtaisesti aina vastata alkuperäisiä suunnitelmia. Laatutavoitteiden saavuttamiseksi tarvitaan saumatonta tiedonjakamista urakan tavoitteiden, vastuiden ja velvollisuuksien sekä muun tärkeän informaation osalta eri sidosryhmien välillä. Kommunikaatio, joka tavoittaa sekä yksittäiset työntekijät että kaikki aliurakoitsijat takaavat onnistuneen lopputuloksen ja keventää urakan valvontaan kohdistuvia paineita. Koko työmaan kattavat laatusuunnitelmat toteutetaan kaikkien urakassa toimivien tahojen toimesta. Suunnitelmien tavoitteena on parantaa rakennusurakan tavoitteiden seurantaan yksittäisten toimijoiden näkökulmasta, mutta myös parantaa yhteistyötä eri osapuolten kesken. Laatusuunnitelma sisältää mm. ohjeistuksia hankkeen aikataulun hallintaan, laatutavoitteisiin, suunnitelman kustannusvalvontaan sekä hankintoihin. Suunnitelman pohjana toimii potentiaalisten ongelmien analyysi (POA), jonka avulla pyritään kartoittamaan ja ennaltaehkäisemään tyypillisimpiä kyseisen kaltaiselle urakalle kohdistuvia riskejä. (Kankainen & Junnonen 2001, 36–39 ja 48–51.)

Viranomaistahoilta osoitetut vaatimukset muodostavat rakennustyön laadun vähimmäistason. Maankäyttö- ja rakennuslaki edellyttää noudatettavaksi hyvää rakennustapaa sekä rakennustyön tarkastusasiakirjoihin pohjautuvaa valvontakäytäntöä, joiden lopullinen laajuus määräytyy rakennushankkeen ja sen osallisten kautta. Rakennustyön tarkastusasiakirjojen lisäksi viranomaisten velvoittamia laadunvarmistuksen toimia ovat aloituskokous ja laadunvarmistusselvitys. (Kankainen & Junnonen 2001, 39–42.)

Rakennusurakan alkuvaiheessa rakennuttajan tehtävänä on käydä läpi urakasuunnitelmat sekä aikataulu valitun urakoitsijan kanssa läpi mahdollisimman aikaisessa vaiheessa. Tällä menettelyllä varmistetaan epärealistiset tavoitteenasettelut ja niistä aiheutuvat laatupoikkeamat urakan aikana. Työmaan aikana rakennuttaja suorittaa työmaavalvontaa tehtävään

osoitetun valvojan toimesta. Valvojan tehtävänä on varmistaa tehtävien töiden laatu ja sopimuksenmukaisuus sekä raportoida tilanteesta rakennuttajalle. (Kankainen & Junnonen 2001, 42–46.)

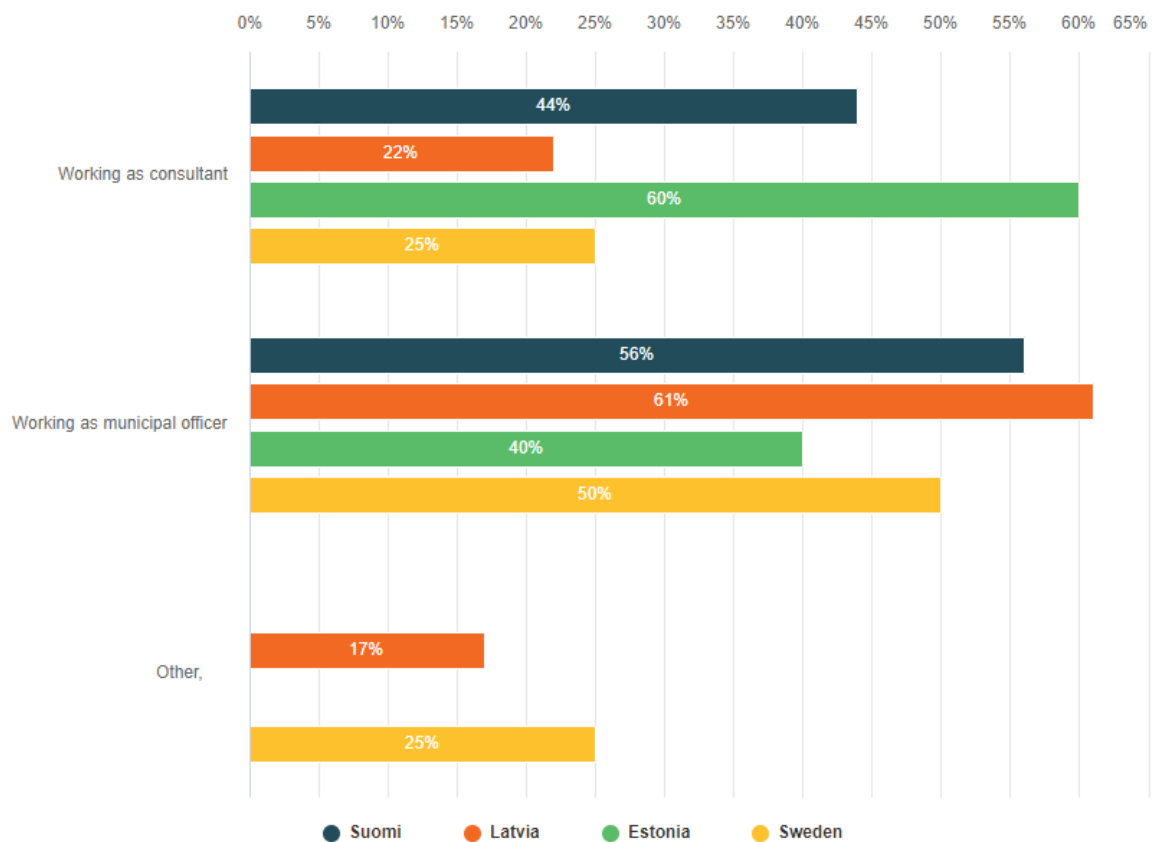
Urakoitsijan osalta laatua tarkastellaan sekä koko työmaan kattavien toimenpiteiden kautta kuin myös yksittäisten tehtävien laadunvarmistuksella. Yksittäisten tehtävien kautta varmistetaan koko urakan eteneminen tavoitteiden mukaisesti. Käytännössä laadunvarmistusta toteutetaan erilaisten mittauksien, katselmuksien sekä tarkastuksien avulla. Suunnitelma-katselmuksien ja työmaakokouksien tavoitteena on ehkäistä ylläpitää tiedonvaihtoa ja ratkaista urakan aikana esiin tulleita ongelmia, ennen kuin ne aiheuttavat viivästyksiä tai ylimääräisiä kustannuksia urakalle. Erilaiset havaitut laatu-poikkeamat korjaustoimintaan tulee raportoida työmaan valvojalle, joka antaa ne tiedoksi eteenpäin rakennuttajalle. Lopulta urakan valmistuttua, eri toimijat kokoontuvat vastaanottotarkastukseen, jossa suoritetaan lopullinen laadunarviointi sekä palauttekeskustelut. (Kankainen & Junnonen 2001, 47–48.)

4 Tulokset

Tässä luvussa käsitellään hulevesien parissa toimiville kuntatoimijoille ja konsulteille suunnatun kyselyn sekä toteutettujen työpajojen tuloksia. Käytännön takia hulevesien suodatusrakenteiden elinkaari on jaettu eri vaiheisiin: suunnitteluun, kilpailutukseen, rakentamiseen, ylläpitoon ja seurantaan. Tämä mahdollistaa prosessin eri osien tarkastelun eri toimijoiden ja tehtävien osalta. Kyselyn sekä työpajojen tuloksien pohjalta kerätyt tärkeimmät havainnot sekä kirjallisuuden parhaat toimintamallit koottiin infograafiksi ”Onnistuneen biosuodatusrakenteen elementit”, joka on esitetty alaluvussa 4.3.

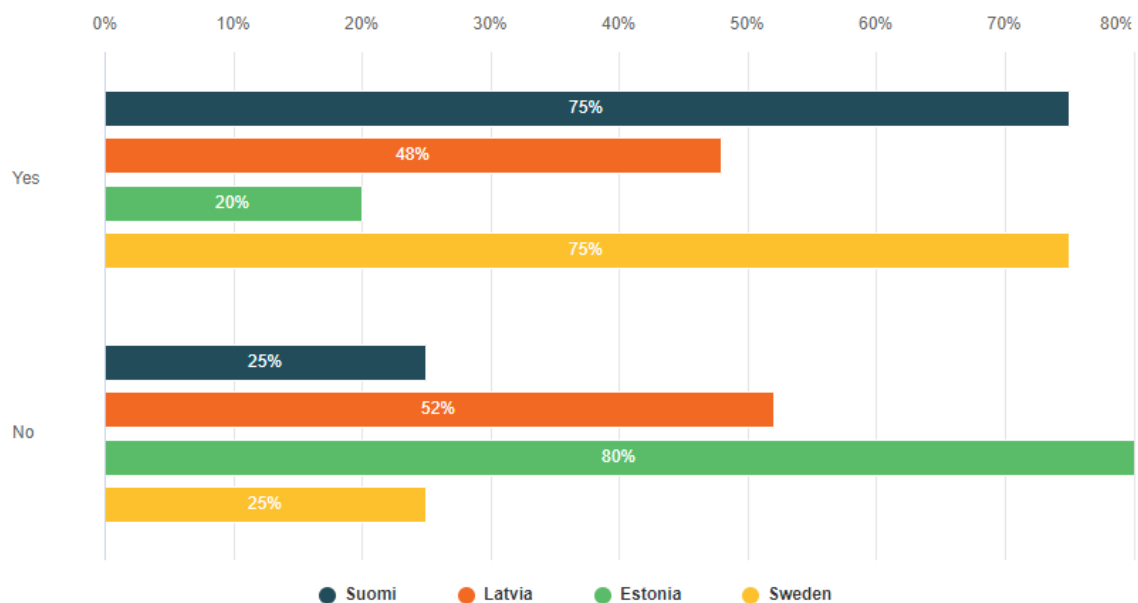
4.1 Kyselyn tulokset

Kysely ”Stormwater filtering structures” lähetettiin kunta-alan toimijoille ja konsulteille Suomessa, Latviassa, Virossa ja Ruotsissa. Kaiken kaikkiaan kyselyyn vastasi 50 vastaajaa. Vastaajien työrooleista kuntatoimijoita oli yhteensä 27 vastaajaa ja konsultteja 16 (kuvio 1). Muu-vaihtoehdon valinneet kertoivat työskentelevänsä mm. arkkitehtinä, projektipäällikönä sekä kaupunkisuunnittelijana.



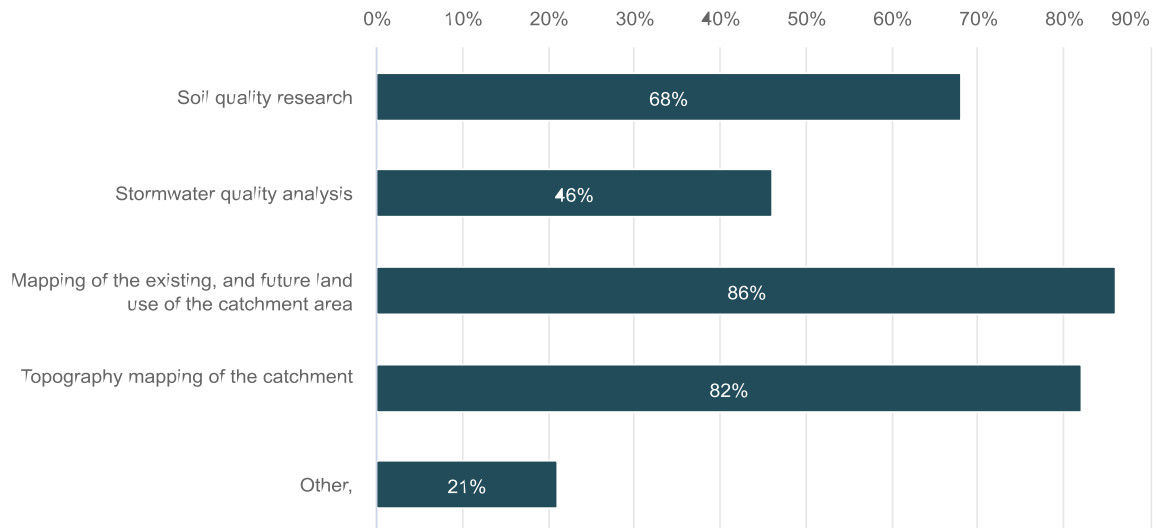
Kuvio 2. Kysymys "What is your working role?"

Koska kyselyssä haluttiin kartoittaa kokemuksia erityisesti hulevesien suodatusratkaisuista, sijoitettiin heti kyselyn alkuun kysymys ”Have you been working with planning, construction or maintenance of stormwater filtering solutions?”. Kielteisesti tähän kysymykseen vastaajien osalta kysely päättyi heti. Jäljelle jääneitä vastaajia oli yhteensä 29 kpl, joista 14 Suomesta, 11 Latviasta, kolme Ruotsista ja yksi Virosta (kuvio 2). Kyselyvastauksien vähäisestä määrästä johtuen vastauksia käsitellään pääasiassa yhtenä vastaajajoukkona. Kyselyn tulosten pohjalta laadittiin alustavat ohjekortit, joiden kehitystyötä jatkettiin osallistavissa työpajoissa. Työpajojen havaintojen perusteella muokatut ohjekortit löytyvät liitteestä 2.

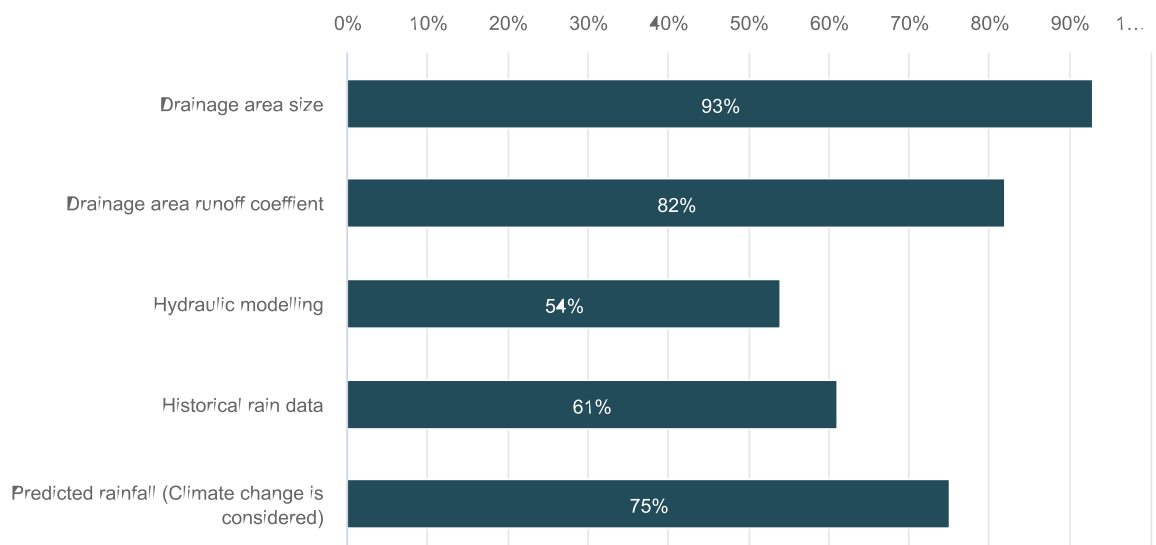


Kuvio 3. Kysymys ”Have you been working with planning, construction or maintenance of stormwater filtering solutions?”

Kyselyssä hulevesien suodatusratkaisujen elinkaaren suunnitteluvaihetta käsittelevistä vastauksista ilmeni, että lähtökartoitukset hulevesien suodatusratkaisuille koostuvat tyypillisesti maankäytön nykytilan ja tulevaisuuden toimintojen kartoituksella sekä valuma-alueen topografian määrittämisellä (kuvio 3). Kattavampien tausta-aineistojen tarve nostettiin esiin erityisesti suomalaisten vastaajien osalta. Hulevesien laatuun kiinnitetään huomiota suunnitteluvaiheessa vain harvoissa tapauksissa, lisäksi mallinnuksen hyödyntäminen kyselyn vastaajajoukossa on vähäistä. Rakenteet mitoitetaan pääasiassa valuma-alueen kokoon, valuntakertoimiin ja mitoitussateeseen perustuen (kuvio 4). Vastaajista konsultit hyödyntävät useampia arvoja mitoituksen osana kuin kuntatoimijat.

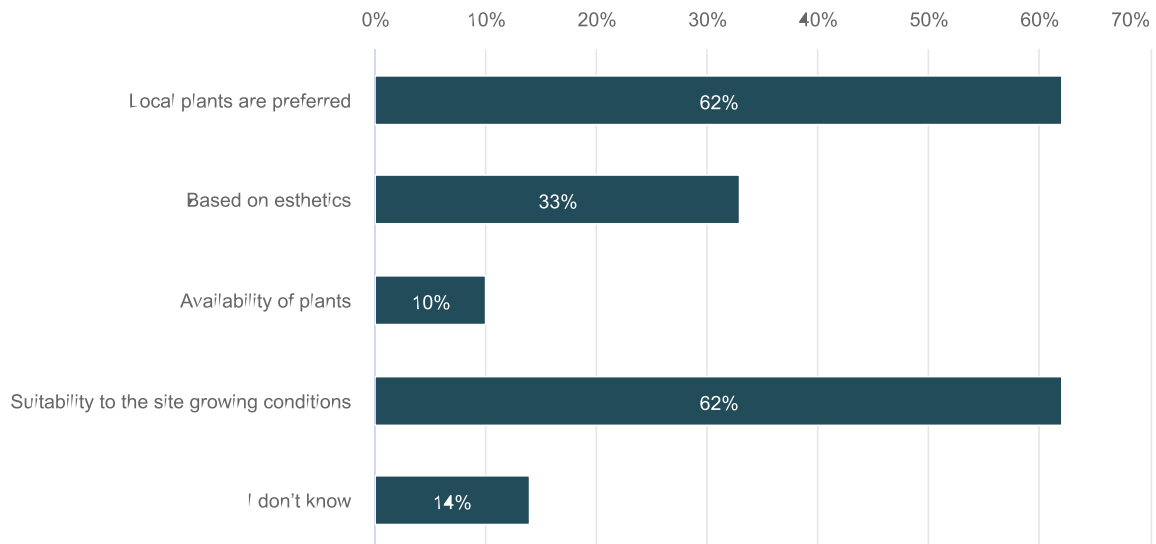


Kuvio 4. Kysymys "What kind of research/investigations are made for the area, where stormwater (SW) filtering structures are going to be built?"



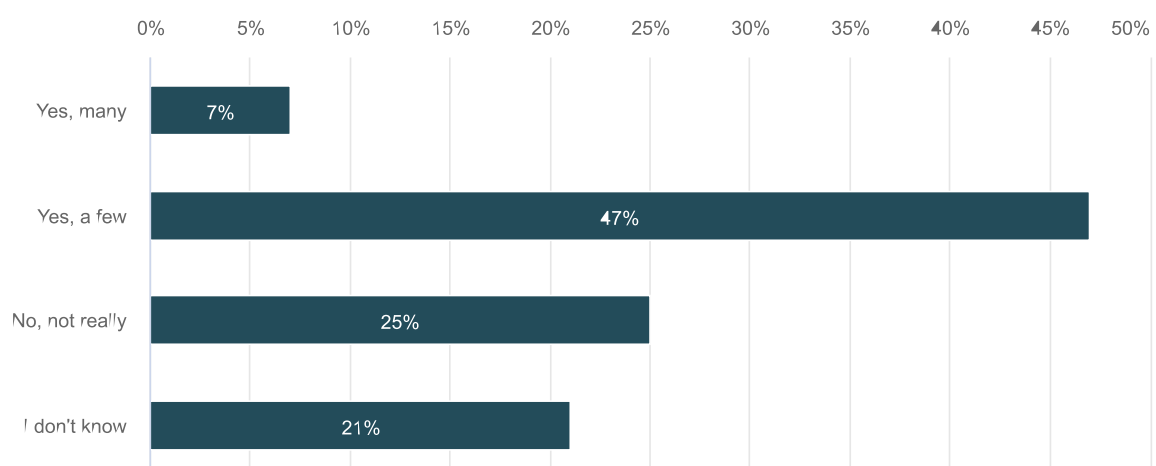
Kuvio 5. Kysymys "What is used as basis for hydraulic dimensioning?"

Kasvillisuutta hyödynnetään osana suodatusrakenteita 75 % vastaajien toimesta ja lajivalinnat pyritään tyypillisesti tekemään kotoperäisistä lajeista, jotka parhaiten sopivat suunnitellun rakenteen olosuhteisiin (kuvio 5).



Kuvio 6. Kysymys "How the plants are selected?"

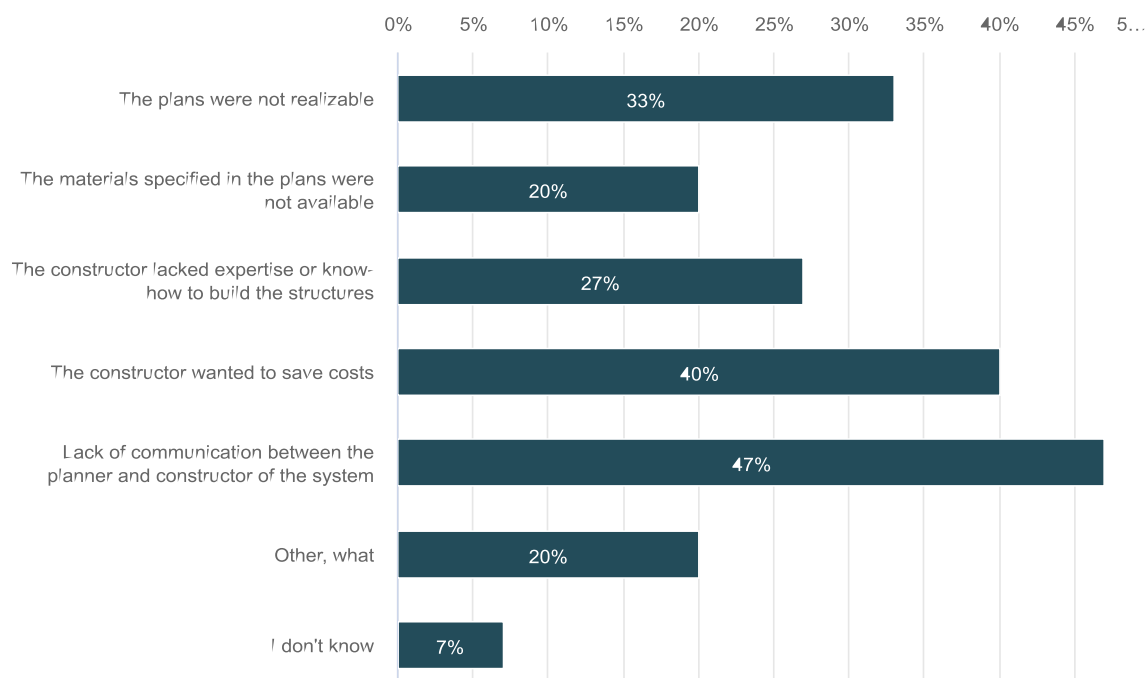
Kilpailutusta koskevissa kysymyksissä kartoitettiin vastaajien kriteereitä urakoitsijoiden valintaan. Vastauksista kävi ilmi, että puolet vastaajista eivät osanneet nimetä urakoitsijoita, joilla olisi aiempaa kokemusta hulevesien suodatusratkaisujen toteutuksesta (kuvio 6). Aikaisempaa kokemusta hyödynnettiin kuitenkin kriteerinä tarjousten arvioinnissa 54 % tapauksista, erityisesti kuntatoimijoiden keskuudessa. Tyypillisimmin tämä toteutettiin kilpailutusasiakirjoissa määritellyn pisteytyksen mukaan annettuina kokemuspisteinä, joita hyödynnettiin urakan hinnan ohella arvioinnissa. Joissakin tapauksissa vaadittiin kokemusta esimerkiksi kahden suodatusratkaisun toteutuksesta viiden vuoden ajalta tai kerättyä palautetta aiemmilta asiakkailta.



Kuvio 7. Kysymys "Do you have local contractors with strong expertise in construction of SW filtering structures?"

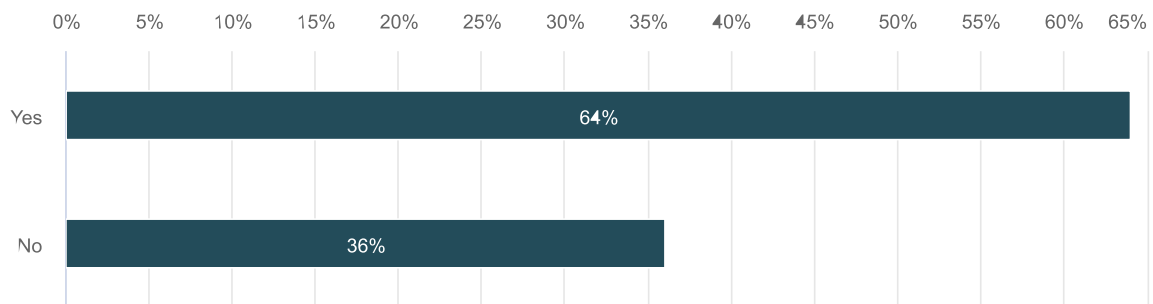
Sopimuksissa määritettyjä sanktiota käytettiin 56 % tapauksissa, mikäli rakenne ei vastannut alkuperäisiä suunnitelmia. Pääosin seuraamukset vaativat rakenteen korjaamista, joko niin, että urakan maksu tapahtuu vasta korjauksien jälkeen tai niin, että korjaaminen toteutetaan takuutyönä.

Rakentamisen aikaisia kokemuksia koskevissa kysymyksissä toimijoiden välisen kommunikation sujuvuus nousi merkittäväksi teemaksi. Hieman yli puolet vastaajista oli ollut mukana hankkeissa, joissa lopputulos ei ollut vastannut alkuperäisiä suunnitelmia. Kolme merkittävintä syytä, joiden katsottiin aiheuttaneen rakenteen toteutuksen epäonnistuminen, olivat suunnittelijan ja rakennusurakoitsijan puutteellinen kommunikaatio, rakennusurakoitsijan kustannussäästöjen nojalla tekemät suunnitelmien poikkeamat ja suunnitelmien toteutuskelvottomuus (kuvio 7). Kuntatoimijat nostivat selkeästi merkittävimäksi syyksi suunnitelmien toteutuksen haasteet, kun taas konsulttien vastauksissa kommunikaatio koettiin häirinneen rakennusprosessia eniten. Avoimissa vastauksissa rakennustyön aikaisista haasteista mainittiin useamman vastaajan toimesta kohdealueen pohjaveden odotettua korkeampi taso ja tästä aiheutuneet ongelmat. Lisäksi mainittiin puutteellisista maaperäkorjauksista johtuvat haasteet, urakoitsijan kokemattomuus ja haasteet rakenteen sovittamisessa suunniteltuun kohteeseen. Rakennustyön valvonta koettiin tärkeäksi 90 % vastauksissa.



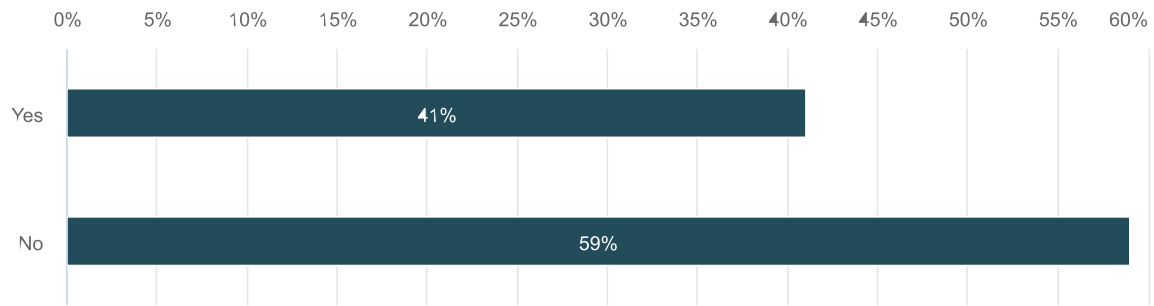
Kuvio 8. Kysymys "Reasons why the construction has not been made according to plans"

Kyselyn positiivisimpia tuloksia oli se, että 80 % vastaajista kokee valmiiden rakenteiden vastaavan suunnitelmia ja olevaan mitoitukseltaan onnistuneita. Rakenteiden kasvillisuuden istutuksien onnistumista kysyttäessä 64 % vastaajista totesi kasvien kasvavan ja viihtyvän rakenteissa (kuvio 8), lisäksi avoimessa kysymyksessä ”Do you consider the structures to provide significant esthetical values?” yli puolet vastaajista kokevat, että rakenteet ovat visuaalisia elementtiä ympäristössään. Kasvillisuuteen liittyvät haasteet koskivat vääränlaisia kasvivalintoja, jolloin esimerkiksi kosteikkokasvillisuutta on istutettu tehokkaasti kosteutta siirtävälle suodatuskentälle, joka itseasiassa on hyvinkin kuiva kasvuympäristö.

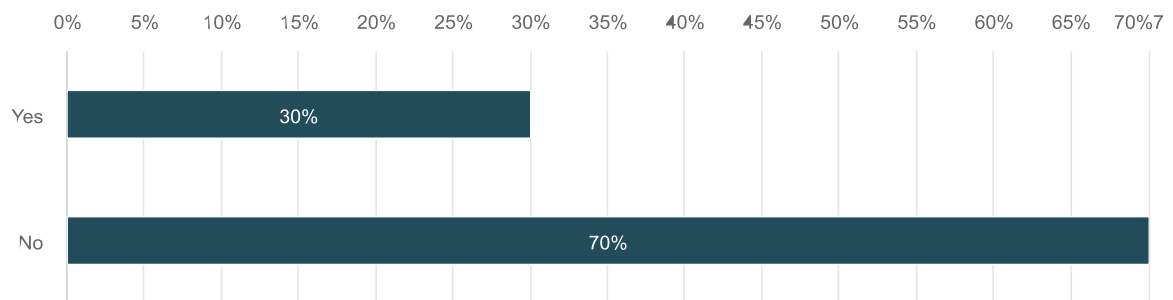


Kuvio 9. Kysymys "In filtering systems with plants, have the plants grown as planned?"

41 % vastaajista toteuttaa jonkinlaista seuranta hulevesien suodatusratkaisuille rakenteiden valmistuttua (kuvio 9). Jatkokysymykseen ” What kind of monitoring, how it is executed?” kuvailtiin seuranta suoritettavan pääsääntöisesti vesinäytteillä, joita joissakin tapauksissa otetaan hyvinkin säännöllisesti esimerkiksi viikoittain tai kuukausittain ja joissain tapauksissa erilaisiin sadetapahtumiin perustuvilla intervaleilla. Rakenteiden visuaalinen havainnointi, puhtaanapito sekä huoltotoimet kuuluivat myös osaksi seurantakäytäntöjä. Huoltotoimenpiteistä perinteiset viheralueiden huollot kuten niitot, kitkeminen, kasvillisuuden uusiminen ja kastelut toteutettiin vuodenaikojen syklin mukaisesti. Myös kerääntyneen kiintoaineksen poistoa ja rakennekerrosten uusimista toteutettiin tarpeen mukaan. Huoltotoimenpiteisiin liittyvät merkittävimmät riskit liittyivät huoltoja suorittavan henkilöstön kokemuksen ja osaamisen puutteisiin hulevesien suodatusratkaisuihin liittyen ja suodatuskerrosten toiminnallisuuden arviointiin. 70 % vastaajista kokee, että hulevesien suodatusratkaisuissa ei esiinny toistuvia haasteita (kuvio 10). Avoimissa vastauksissa merkittävimmi ongelmiksi mainittiin rakenteen sisääntulon virheellinen korkotaso, jolloin vesi ei pääse rakenteeseen sisälle sekä rakennekerrosten tukkeutuminen joko materiaalivalinnoista tai puutteellisesta esikäsitteilystä johtuen.



Kuvio 10. Kysymys "Do you carry out any monitoring of the stormwater filters?"



Kuvio 11. Kysymys "Have you witnessed that some things repeatedly cause problems in stormwater filtering systems?"

4.2 Työpajojen tulokset

Työpajoja järjestettiin yhteensä neljä. Kolme ensimmäistä työpajaa järjestettiin Suomessa, Virossa sekä Latviassa. Näihin osallistui lähes 60 asiantuntijaa, jotka toimivat joko kunnissa, korkeakouluissa tai konsulttitoimistoissa hulevesiasiantuntijoina. Neljäs työpaja järjestettiin hankepartnerien kesken, jolloin eri maiden työpajojen löydöksistä ja erityispiirteistä oli mahdollista keskustella ja lopulta vetää sellaisia johtopäätöksiä, jotka koskettavat kaikkia partnerimaita. Työpajoissa keskustelua käytiin elinkaaren eri vaiheissa esiintyvien haasteiden ja parhaiden toimintamallien pohjalta. Esitetyt haasteet ja parhaat toimintatavat koostettiin toteutetun kyselyn tuloksista ja muokattiin ohjekorteiksi. Työpajoissa ohjekorttien sisältöä peilattiin osallistujien kokemuksiin ja havaintoihin.

SUUNNITTELUVAIHEEN LAADUNVARMISTUS

Yleiset sudenkuopat

- Hulevesien laadun hallintaa koskevat kansalliset ohjeet ja/tai määräykset puuttuvat, vaikeuttaen puhdistustavoitteiden ja tehokkuusarvioiden asettamista.
- Puutteelliset tai puuttuvat tiedot maaperätyypistä, valuma-alueesta tai muista tärkeistä ominaispiirteistä voivat aiheuttaa ikäviä yllätyksiä rakenteen käyttövaiheessa. Esimerkiksi virtaama on paljon suurempi tai pienempi kuin odotettiin tai suodattimet tukkeutuvat kiintoaineksen vuoksi.
- Suunnittelijalla ei ole riittävästi tietoa kohteesta, eikä ole käynyt siellä henkilökohtaisesti. Tällöin saattaa jäädä huomaamatta joitain kohteen ominaisuuksia, jonka vuoksi suunnitelma on mahdoton toteuttaa.
- Hulevesisuunnitelmat on tehty erillään muista infrasuunnitelmista. Tuloksena voi olla viemäriputki, joka johtaa hulevedet viemäriin eikä hulevesirakenteeseen, tai kaapelointi, joka tullaan rakentamaan aiemmin valmistuneen hulevesiratkaisun yli.
- Kasvillisuuden suunnittelussa ei ole otettu huomioon kasvuolosuhteita, johtaan kasvien heikkoon kasvuun tai muiden kasvien leviämiseen kohteeseen.

Parhaat käytännöt

- ✓ Virtaus voidaan määrittää taulukkosateiden ja –valuntakertoimien avulla (rational method) tai mallinnuksella, mutta molemmat menetelmät käyttävät karkeita oletuksia ja sisältävät monia epävarmuustekijöitä. Laskelmat on aina hyvä testata mittaamalla tai tarkkailemalla virtausta paikan päällä sateen aikana.
- ✓ Ilmastonmuutos muuttaa sademääriä - se on viisasta ottaa huomioon joko lisäämällä nykyistä sademäärää 20 % (nykyinen käytäntö Suomessa) tai käyttämällä mallinnusta.
- ✓ Maaperän ja pinnanmuotojen kartoitus → vedenjakajat, eroosiolle alttiit alueet, suodatusmahdollisuudet, pohjaveden taso, maaperän mahdolliset haitalliset aineet.
- ✓ Kustannustehokkuuden varmistamiseksi on tärkeää valita mitoitussateen toistuvuus kohteen herkkyyden mukaan.
- ✓ Luontopohjaiset ratkaisut ovat osa kestäväää maisemasuunnittelua. Visuaalisesti miellyttävät hulevesirakenteet lisäävät luontopohjaisten ratkaisujen yleistä hyväksyntää.
- ✓ Käytä paikallisia kasvilajeja ja hyödynnä alueella ennestään olevaa kasvillisuutta mahdollisimman paljon.
- ✓ Suodatusrakenteissa kasvillisuuden tulisi kestää sekä kuivuutta että tulvia. Valitse suolaa sietävää kasvillisuutta tiealueiden läheisyyteen.
- ✓ Kasvit pitää tilata mahdollisimman aikaisin, useiden alkuperäislajien taimet ja kasvit on tilattava jopa vuosi ennen istutusta.
- ✓ Hyvä suunnitelma sisältää myös seuranta- ja ylläpitosuunnitelman!
- ✓ Vaadi suunnittelijaa tekemään suunnitelmat riittävän yksityiskohtaisiksi, jotta ne eivät jätä tilaa rakentajan väärille tulkinnoille.

Kuvio 12. Ohjekortti "Suunnitteluvaiheen laadunvarmistus"

Suunnitteluvaiheessa suurimpina haasteina nähtiin puutteellisesta sääntelystä johtuvat ongelmat ja se, että hulevesien suodatusrakenteiden suunnittelussa tarkastellaan hyvin usein vain suunnittelualuetta ja sen lähiympäristöä, sen sijaan, että huomioitaisiin valuma-alueet usein suunnittelu- ja kuntarajatkin ylittävinä kokonaisuuksina. Parempaa suunnittelua edistämään toivottiin hulevesisuunnittelun parempaa huomioimista jo yleiskaavatasolla, jolloin

asemakaavavaiheessa hulevesien tilavaraukset olisivat jo olemassa. Luontopohjaisten ratkaisujen hyödyntäminen koettiin tärkeänä niiden tarjoamien monipuolisten ekosysteemipalvelujen takia. Suunnitteluvaiheen kartoituksissa tulisi selvittää alueen luontaiset kasvilajit ja pyrkiä hulevesirakenteiden avulla luomaan näille lajeille paremmat elinot, sen sijaan, että kasvivalinnat tehtäisiin maisemallisista tai kunnossapidollisista syistä.

Suunnittelijan ja rakentajan kommunikaatiota pidettiin erittäin tärkeänä, jotta suunnitelmat toteutetaan rakennusvaiheessa oikein. Nykytilanteen toimintamalli nähtiin ongelmallisena ja työpajan osallistujan kuvaus ”tehdään ja toivotaan parasta” sai ymmärrystä osakseen. Rakenteiden mitoituksen periaatteet vaihtelevat merkittävästi. Virtaamaa toivottaisiin voitavan määrittää suoraan suunnittelukohteessa todellisuuteen perustuen, tämä on kuitenkin useimmissa tapauksissa käytännössä mahdotonta. Mallinnuksen tuloksista saatavat vesimäärät ovat aina arvioita, ja niihin ei saisi sokeasti luottaa. Mitoituksen toimivuuden kannalta toivottiin, että rakenteisiin voisi jättää muokkausvaraa, jolloin rakenteen valmistumisen jälkeisen seurannan tuloksien pohjalta rakenne saataisiin toimimaan halutusti.

KILPAILUTUKSEN LAADUNVARMISTUS

Yleiset sudenkuopat

- Kilpailutusasiakirjoissa keskitytään halvimman kokonaishinnan saavuttamiseen laatutekijöiden kustannuksella, mikä voi johtaa urakoitsijan valitsemiseen, jolla ei ole kokemusta ja tietotaitoa luontopohjaisten hulevesirakenteiden rakentamisesta.
- Koska kunnilla ei usein ole kokemusta luontopohjaisten hulevesirakenteiden toteuttamisesta, rakenteiden tarpeiden ja tavoitteiden asettamisessa voi olla haasteita.
- Monissa tapauksissa kilpailutusasiakirjojen laatijalla ei ole asiantuntemusta rakentamisesta tai hulevesienhallinnasta.

Parhaat käytännöt

- ✓ Varmista, että kaikki urakoitsijoilta vaadittavat toimet on kirjoitettu kilpailutusasiakirjoihin
 - Työmaavesien hallinta tulisi sisällyttää jo tarjouspyyntöön
 - Vakiotekstien käyttö helpottaa prosessia
- ✓ Arvosta aiempaa kokemusta
 - Urakoitsijoiden aiempi kokemus hulevesirakenteiden toteuttamisesta tulisi ottaa huomioon esimerkiksi lisäpisteinä arvioinnissa tai vaatia kokemusta vastaavien hulevesirakenteiden rakentamisesta esimerkiksi viimeisen viiden vuoden aikana.
 - Pyydä urakoitsijoita lähettämään palautetta aiemmilta asiakkailta tarjouksen liitteenä.
- ✓ Määritä selkeät seuraamukset sopimusten tai suunnitelmien noudattamatta jättämisestä
 - Seuraamukset, jos rakentamisen aikana tai sen jälkeen ilmenee ongelmia väärän rakennuskäytännön tai materiaalien vuoksi.
 - Jos valmiit rakenteet eivät vastaa alkuperäisiä suunnitelmia, urakoitsijoiden on korjattava rakenne siten, että se on alkuperäisen suunnitelman mukainen.

Kuvio 13. Ohjekortti "Kilpailutuksen laadunvarmistus"

Kilpailutusvaiheen osalta keskustelua käytiin urakoitsijoiden kokemusten arviointiin liittyen. Hulevesien suodatusratkaisujen toteutus on yleensä pieni osa laajempaa urakkaa, jolloin hulevesirakenteiden toteutuksen käyttäminen kilpailutuksen arviointikriteerinä saattaa olla ongelmallista. Tarjouksien liitteisiin pyydettyjen aiemmin toteutettujen hulevesirakenteiden referenssikohteet saattavat olla joko hyvin tai huonosti toteutettuja, eikä tarjousten arviointivaiheessa välttämättä ole resursseja vahvistaa kaikkia toimitettuja materiaaleja. Kilpailu-

tuksessa käytettävien vakiotekstien ja laatukriteeristön kehittäminen helpottaisi kilpailutusprosessia ja tuottaisi todennäköisemmin laadukkaan lopputuloksen, sillä nykyisellään kilpailutuksen asiakirjojen laatu ja niissä mainitut sanktiot ym. saattavat vaihdella merkittävästi. Urakan maksuerien sitominen eri rakennusvaiheisiin sekä valvojan näistä tekemiin tarkastuksiin ja hyväksyntään mahdollistaisi urakan laadunvalvonnan pienemmissä osissa, verrattuna ainoastaan rakenteen valmistumisen jälkeisiin tarkastuksiin.

LIFECYCLE QUALITY MANAGEMENT OF NATURE-BASED STORMWATER MANAGEMENT STRUCTURES

RAKENNUSVAIHEEN LAADUNVARMISTUS

Yleiset sudenkuopat

- Yleensä monet aliurakoitsijat työskentelevät samalla työmaalla. Ongelmia voi ilmetä, jos kaikkia asiaankuuluvia tietoja ei välitetä kaikille osapuolille.
- Parhaatkin suunnitelmat voivat johtaa huonoihin tuloksiin, elleivät urakoitsijat ymmärrä ja/tai noudata niitä.
- Parasta ajankohtaa hulevesirakenteiden rakentamiseen ei ole helppo määrittää, ja muiden työvaiheiden aikataulutusta saattaa haitata suunnitelmia.
- Työmaavedet sisältävät usein suuria määriä kiintoaineita, mahdollisia muita haitta-aineita sekä muovijätettä. Jos niitä ei käsitellä asianmukaisesti, ne voivat tukkia tai muuten vahingoittaa hulevesirakenteita.

Parhaat käytännöt

- ✓ Järjestä tapaaminen suunnittelijan, rakentajan ja muiden asianomaisten toimijoiden kanssa rakennushankkeen alkaessa varmistaaksesi, että kaikki tarvittavat tiedot välitetään suunnittelijalta rakentajalle ja ratkaistaan rakentajan esille ottamat huolenaiheet ja/tai kysymykset.
- ✓ Tarkista pääurakoitsijalta, että kaikki tärkeät tiedot välitetään myös kaikille aliurakoitsijoille.
- ✓ Pyri rakentamaan hulevesien suodatusrakenteet kuivina aikoina, jotta eroosion ja kiintoaineksen aiheuttamat haitat olisivat mahdollisimman vähäiset. Kuivina aikoina tarvittavat rakenteet on myös helpompaa asentaa.
- ✓ Pidä säännöllisesti yhteyttä urakoitsijan kanssa saadaksesi tietoa sopimuksen etenemisestä. Käy säännöllisesti rakennustyömaalla saadaksesi paremman käsityksen työmaalla tapahtuvista asioista.
- ✓ Käytä olemassa olevia kasvillisuusalueita ja painaumia rakentamisen aikaisten hulevesien hallintarakenteina yhdessä mm. eroosiosuojausten kanssa.
- ✓ Laadi suunnitelma siitä, miten estetään rakentamisen aikaisia hulevesiä aiheuttamasta haitallisia vaikutuksia vastaanottaviin vesistöihin ja ympäristöön. Jos pysyviä hulevesirakenteita käytetään valumien hallintaan rakentamisen aikana, varmista, että ne on kunnostettu ja viimeistelty toiminnan varmistamiseksi!

Kuvio 14. Ohjekortti "Rakennusvaiheen laadunvarmistus"

Rakennusvaiheessa suurimmat riskit laadunhallinnan näkökulmasta ovat muuttuvat sääolosuhteet rakentamisen aikana, eri toimijoiden välinen kommunikaatio ja muuttuvat tilanteet työmaalla. Arvaamattomat sääolosuhteet saattavat aiheuttaa rakenteelle merkittäviä riskejä, mikäli rakennusvaiheen ajoitus osuu esimerkiksi sateiseen ajankohtaan. Vaikka alkukartoitukset olisi toteutettu parhaalla mahdollisella tavalla, saattaa töiden aloittamisen jälkeen ilmetä yllätyksiä esim. maaperän tai pohjavesiolosuhteiden osalta. Urakoitsija ei näissä tilanteissa välttämättä osaa tehdä oikeita ratkaisuja rakenteiden toimivuuden kannalta itsenäisesti, vaan suunnittelijan tulisi olla edelleen jollain tavalla mukana muokkautuvan suunnitelman laatimisessa. Vähintään urakan valvojalla tulisi olla mahdollisuus pyytää neuvoja alkuperäiseltä rakenteen suunnittelijalta, mikäli rakentamisen edetessä olosuhteet merkittävästi muuttuvat suunnitellusta.

LIFECYCLE QUALITY MANAGEMENT OF NATURE-BASED STORMWATER MANAGEMENT STRUCTURES

SEURANTA- JA YLLÄPITOVAIHEEN **LAADUNVARMISTUS**

Yleiset sudenkuopat

- Jos hulevesien hallintarakenteen seuranta ei ole suunniteltu etukäteen, voi näytteiden ottaminen ja "vianmääritys" olla mahdotonta.
- Jos huoltomenetelmät, kuten lietteen poisto ja kasvillisuuden ylläpito, jätetään huomiotta, rakenne menettää toimintakykynsä nopeasti kuten myös paikallisten asukkaiden hyväksynnän.
- Hulevesirakenteiden edellyttämät ylläpitomenetelmät eivät välttämättä ole selkeitä huoltotoimista vastaavalle henkilöstölle.

Parhaat käytännöt

- ✓ Rakenteiden toiminnan varmistamiseksi tulisi suorittaa vedenlaadun näytteenotto ja silmämääräiset arvioinnit rakentamisen jälkeen.
- ✓ Rakenteiden huolto/ylläpitolomakkeet tarjoavat tietoa kohteesta ja sen ominaisuuksista, jotta eri rakenteiden erityiset ylläpitotarpeet täyttyisivät. Joissakin kaupungeissa kaikki luontopohjaiset hulevesien hallintaratkaisut syötetään huoltotietokantaan huoltovälien ylläpitämiseksi ja niiden tilaa koskevien tietojen tallentamiseksi.
- ✓ Jos jotkin kasvit kuihtuvat tai eivät muutoin menesty, ne on vaihdettava.

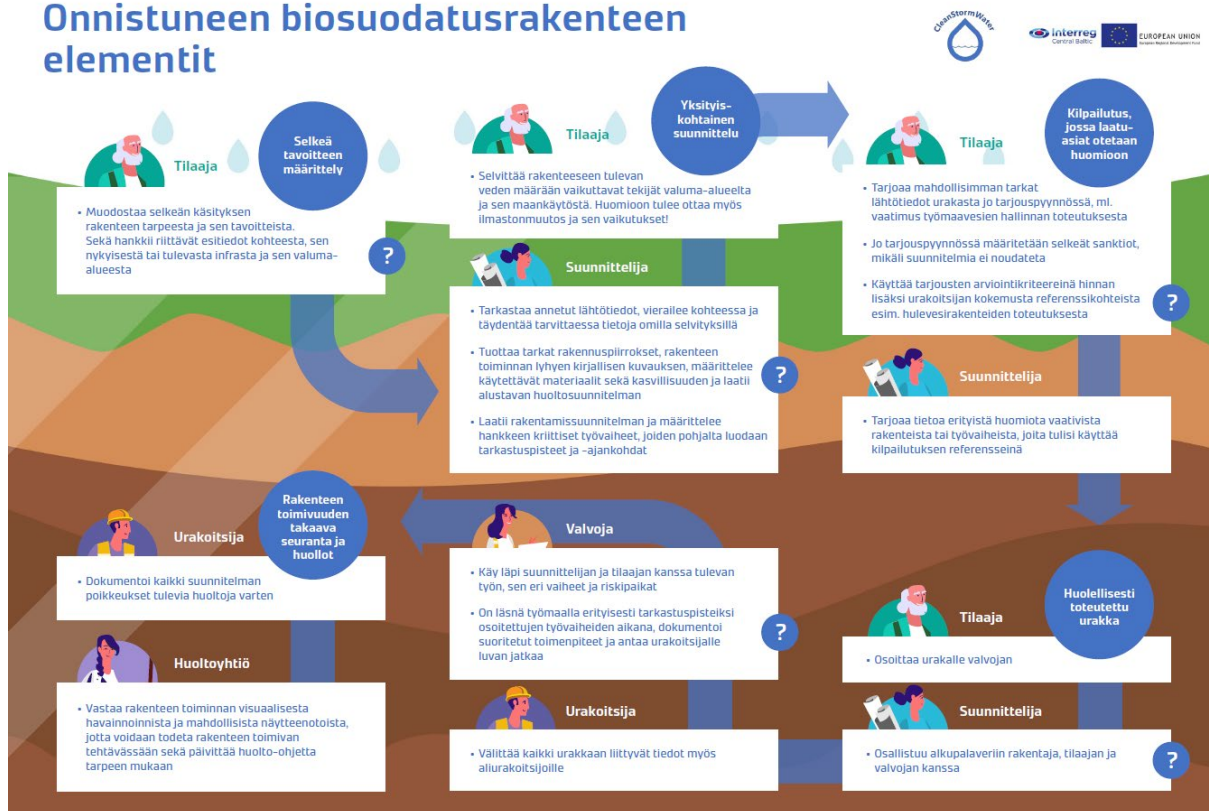
Kuvio 15. Ohjekortti "Seuranta- ja ylläpitovaiheen laadunvarmistus"

Hulevesien suodatusrakenteiden seuranta toteutetaan edelleen monissa kohteissa vähän, sillä erityisesti vedenlaadunmittauksiin on vaikea löytää rahoittajaa. Silmämääräistä arviointia toteutetaan useimmiten, mutta niihin liittyvä aikataulutus ja dokumentaatio on vielä monilta osin puutteellista. Näihin liittyen tulisi luoda selkeät ylläpitolomakkeet sekä työn organisoinnin suunnitelmat, jotta ylläpitotoimenpiteet takaisivat rakenteen toiminnan myös tulevaisuudessa.

4.3 Tutkimuksen lopputulos

Opinnäytetyössä toteutetun kirjallisuuskatsauksen, kyselyn ja työpajojen avulla kerätyistä tiedoista koostettiin infograafi ”Onnistuneen biosuodatusrakenteen elementit”, jonka tavoitteena on osoittaa kaikista kriittisimpiin elinkaaren vaiheisiin ohjeistuksia, joilla rakenteen laadukas toteutus varmistetaan (kuvio 16 sekä liite 2). Infograafi on suunnattu erityisesti hulevesisuunnitteluun osallistuville kuntatoimijoille, jotka toteuttavat tai suunnittelevat toteuttavansa hulevesien suodatusratkaisuja, mutta siitä hyötyvät kaikki hulevesien suodatusjärjestelmien elinkaaren eri vaiheiden toimijat. Infograafin ohjeistukset liittyvät niihin elinkaaren vaiheisiin, jotka ovat onnistuneen lopputuloksen kannalta tärkeimmässä asemassa ja toisaalta, joissa on nykyisellään havaittu eniten puutteita. Suodatusratkaisujen prosessin kehittäminen suunnittelijan pöydältä aina valmiiksi toimivaksi rakenteeksi edistää myös kokonais kustannusten kartoitusta ja hallintaa.

Onnistuneen biosuodatusrakenteen elementit



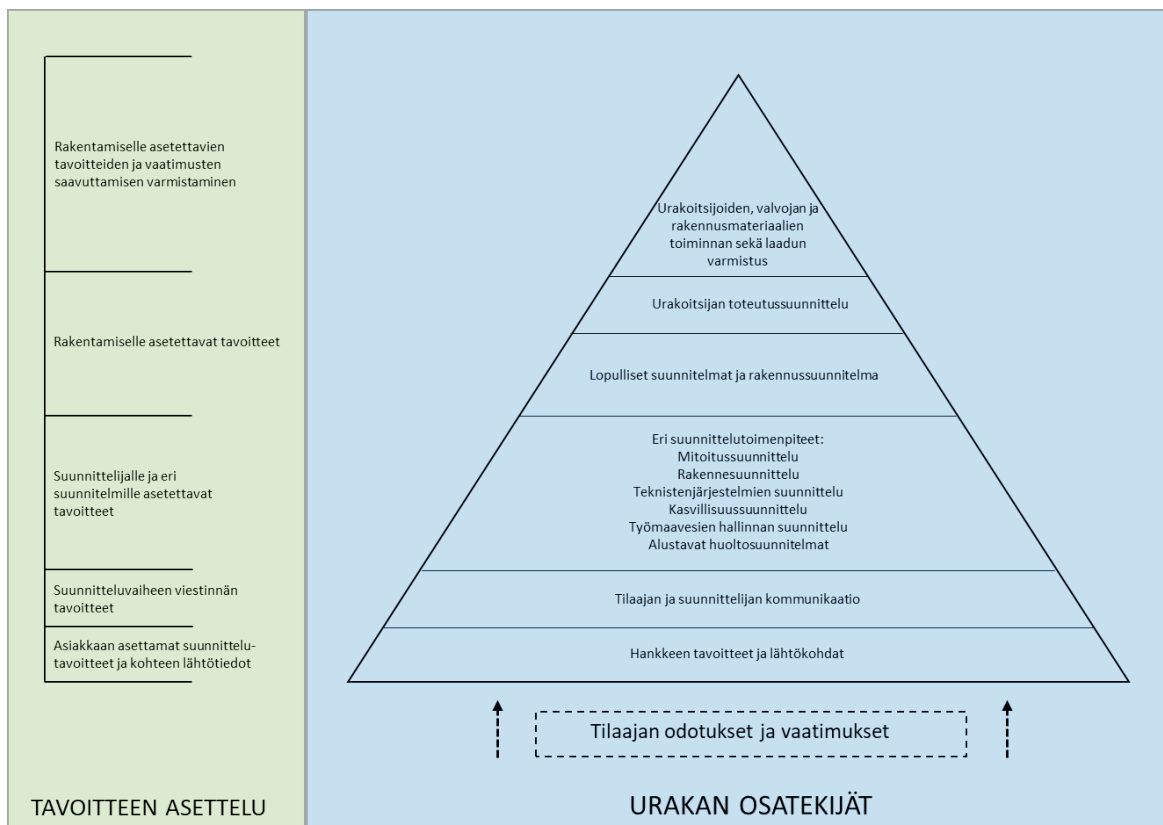
Kuvio 16. Onnistuneen biosuodatusrakenteen elementit -infograafi. Toiminnallinen versio saatavilla osoitteesta: tinyurl.com/Biosuodatusinfograafi.

Infograafin ohjeistuksia on suunnattu elinkaaren eri vaiheissa hankkeeseen osallistuville toimijoille, joita ovat tilaaja, suunnittelija, urakoitsija, valvoja sekä huolto-yhtiö. Eri toimijat on kuvattu infograafissa omina toimijakuvakkeinaan. Ohjeistus etenee läpi elinkaaren eri vaiheiden kronologisessa järjestyksessä, infograafin vasemmasta yläkulmasta alkaen. Huomiioon otettavat asiat kunkin elinkaaren vaiheen osalta on kirjoitettu lyhyiksi kehotuksiksi, kohdennettuna eri toimijoille. Viiteen kohtaan infograafissa on sijoitettu kysymysmerkki, jonka tarkoituksena on tarjota lisätietoa erillisillä dokumenteilla. Nämä dokumentit sisältävät check list -mallisen pidemmän tarkastuslistan tai ohjeistuksen liittyen yksittäiseen elinkaaren vaiheeseen (liite 2). Infograafin tarjoamien ohjeistuksien avulla voidaan varmistaa tärkeimpien seikkojen huomioonotto sekä viestiä näistä myös muille toimijoille.

5 Johtopäätökset

Hulevesien suodatusjärjestelmien käytön lisääminen on tavoitteena monissa kunnissa ja kaupungeissa Suomessa. Näiden järjestelmien elinkaaren eri vaiheisiin liittyy kuitenkin epävarmuustekijöitä, jotka käytännössä vähentävät suodatusjärjestelmien laajamittaisempaa hyödyntämistä. Tämän opinnäytetyön osana toteutetussa kyselyssä sekä työpajoissa koottu havainnot elinkaaren kriittisimpiin vaiheisiin kohdistuvista riskeistä ja parhaista käytännöistä olivat pääosin hyvin yhtenäisiä ja korostivat mm. kommunikaation roolia elinkaaren eri vaiheissa ja eri toimijoiden välillä. Tutkimuksesta saavutettava merkittävin hyöty toteutuu moniammatillisen verkoston käytänteiden tarkastelussa ja sujuvoittamisessa sekä luomalla ehdotuksia uusiksi toimintamalleiksi olemassa olevien prosessien rinnalle.

Hulevesien biosuodatusrakenteen rakennusurakan konseptimalli kuvaa urakan kokonaisuuden, lähtien tilaajan tarpeesta ja päätyen valmiiksi rakenteeksi (kuvio 17). Rakenteen toimintaan ja ominaisuuksiin liittyvien odotusten ja vaatimusten sekä sijoituspaikan ja sen ominaisuuksien muodostamat lähtötiedot luovat perustan koko toteutusprosessille. Hankkeen lähtötietojen laatu heijastuu eri suunnitelmiin prosessin myöhemmissä vaiheissa, ja lähtötietoihin liittyvät puutteet tai virheet saattavat pahimmillaan johtaa vakaviin ongelmiin rakennusvaiheessa, johtaen urakan viivästymiseen ja/tai kustannusvaikutuksiin ja pahimmillaan vaarantaen koko rakenteen toteutuksen.



Kuvio 17. Tavoitteiden muodostuminen hulevesien suodatusrakenteiden toteutuksessa. (Muokattu lähteestä Kankainen & Junnonen 2001.)

Tilaajan ja rakenteen suunnittelijan onnistunut kommunikaatio ja tiedonvälitys mahdollistavat laadukkaan suunnitteluprosessin lopputuotteineen. Tilaajan tulee välittää kaikki rakenteen toimintaan liittyvät odotukset, vaatimukset ja suunnittelualueelta kerätyt lähtötiedot suunnittelijalle. Suunnittelijan tulee arvioida tilaajan odotuksien sekä kohteen lähtötietojen realistisuutta ja toteutuskelpoisuutta sekä hankkia tarvittavia lisätietoja. Mikäli suunnittelun alkuvaiheen kommunikaation avulla ei pystytä käymään läpi kaikkea rakenteen toteutuksen kannalta oleellisia seikkoja, saattaa lopulliset suunnitelmat olla jo valmistuessaan toteutuskelvottomia.

Lopulliset suunnitelmat tarjoavat urakoitsijalle kaikki tarvittavat tiedot urakan toteutukseen sekä tilaajalle pohjatiedot tulevaisuuden huoltotoimiin. Urakoitsijan toteutussuunnitelmassa huomiota tulee kiinnittää toteutusajankohtaan liittyviin riskeihin, jotta työmaavesien hallintaan liittyvät toimenpiteet ovat riittävät näihin nähden. Esimerkiksi syksyllä toteutettavissa urakoissa sateiden ja eroosion aiheuttamat riskit ovat suuremmat kuin kevätkuukausina toteutettavissa rakennushankkeissa.

Hulevesien suodatusrakenteiden kilpailutuksessa tulisi pystyä määrittelemään kilpailutettavan kohteen sijoitusalue, käyttötarkoitus ja ominaisuudet. Koska suodatusrakenteiden toteutuksesta ei Suomessa ole vielä laajalti kokemusta ja tarjousten arvioinnissa hinta on usein määräävä tekijä, saattaa lopullisesta rakenteen toteutuksesta vastata toimija, jolla ei ole riittävää ymmärrystä hulevesien suodatusrakenteista. Tarjousten vertailuperusteeksi tulisikin liittää hinnan lisäksi kokempisteitä aiemmin toteutetuista hulevesirakenteista esimerkiksi niin, että aiemmin toteutetuilla hulevesien suodatusratkaisulla saavuttaisi eniten pisteitä. Lisäksi kilpailutukseen osallistuvilta yrityksiltä on mahdollista pyytää tarjouksen liitteeksi suosituksia aiemmilta asiakkailta, joille vastaavia urakoita on toteutettu. Kilpailutusasiakirjoista ja niissä käytettävistä teksteistä tulisi muotoilla mallipohjat, joiden tuottamiseen osallistuu asiantuntijoita niin hulevesirakenteiden suunnittelusta ja toteutuksesta vastaavilta tahoilta, ympäristönsuojelusta, sopimus- sekä lakipuolelta ja itse kilpailutuksia toteuttavalta taholta. Näin tuotetut pohjat varmistavat eri näkökulmien huomioonottamisen kilpailutuksessa ja luovat pohjan rakenteiden laadukkaalle toteutukselle.

Urakan toteutus kokoaa kaikki suodatusjärjestelmän rakentamiseen liittyvät tavoitteet. Valvonnan rooli hankkeen toteutuksen laadunvarmistuksessa on suuri, sillä vaikka tyypillisesti rakennushankkeen virheet havaitaan helposti, saattaa hulevesien suodatusrakenteiden rakenneosat ja toiminta kuitenkin olla hankkeen parissa toimiville urakoitsijoille ja jopa valvojille vieraampia, jolloin virheet voivat jäädä huomaamatta. Lisäksi suodatusrakenteiden rakenneosista hyvinkin merkittävässä roolissa olevat osat jäävät maanalle, jolloin niiden tarkastelu myöhemmässä vaiheessa on mahdotonta. Jos rakennusvaiheessa virheitä ei huomata heti, niiden vaikutukset kantautuvat todennäköisesti myös pidemmälle kuin pelkkiin rakennusvaiheen kustannuksiin. Pahimmillaan tästä kärsii koko rakenteen toiminnallisuus.

Suodatusjärjestelmän toiminnan osalta merkittävimpiä riskejä ovat mm. arvioidun tulovirtaamaan merkittävät vaihtelut, jotka voivat aiheuttaa rakenteen tulvimista tai toisaalta kuivumista. Tulvimisesta johtuvat haitat kohdistuvat usein rakenteiden rikkoutumisiin sekä virtaaman kuljettaman kiintoaineksen suuriin määriin, joka tukkii rakennekerrokset. Mikäli suodatusrakenteeseen sisään tulevan veden määrä on merkittävästi suunniteltua pienempi, ei rakenteen kasvillisuus todennäköisesti kasva odotetusti. Toteutetun kyselyn avoimissa vastauksissa rakentamisvaiheen haasteita koskien kuvailtiin ongelmia pohjaveden pinnan tason määrittämisessä, todellisessa maaperän laadussa ja rakenteen sovittamisessa suunniteltuun kohteeseen. Nämä haasteet osoittavat alkukartoitusten tärkeyden lopullisen rakennustyön laadun kannalta. Huolellisesti toteutetut kartoitukset säästävät rakennusvaiheen yllätyksiltä ja näin sujuvoittavat urakkaa.

Laadukkaasti toteutetun suunnittelun ja rakentamisen jälkeen rakenteen toiminnallisuuden myös tulevaisuudessa takaavat järjestelmän toiminnan seuranta ja huollot. Säännöllisen seurannan avulla voidaan puuttua ongelmiin riittävän ajoissa ja kohdistaa huoltotoimenpiteitä ajankohtiin, jolloin niitä eniten tarvitaan. Parhaimmillaan biosuodatusrakenteiden toimintaa edistävät huoltotoimenpiteet ovat yksinkertaisia, mutta laiminlyötynä ne pahimmillaan johtavat koko rakenteen tukkeutumiseen ja täten laajoihin, lähes uudelleen rakentamista vastaaviin, toimiin.

Tässä opinnäytetyössä merkittävimmät virhelähteet liittyvät kyselyn ja työpajojen avulla kerätyn subjektiivisen tiedon yleistettävyyteen. Kysely kohdennettiin niille kunnille ja kaupungeille, joilta oli tiedossa joko kokemusperäisen tiedon ansiosta tai tehtyjen esiselvityksien perusteella eritasoisia toimia hulevesien hallinnan edistämiseksi, jolloin voitiin olettaa kyseisten kuntien työntekijöillä olevan erilaisia kokemuksia aihepiiriin liittyen. Koska kyselyn tavoitteena oli kerätä tietoa nimenomaan hulevesien suodatusratkaisuihin liittyen, kysyttiin kyselyn alussa vastaajan kokemuksista juuri kyseisistä järjestelmistä. Mikäli kokemuksia hulevesien suodatusjärjestelmistä ei ollut, päättyi kysely vastaajan osalta tähän. Tästä huolimatta eri vastaajien kokemukset ovat todennäköisesti hyvin eri tasoisia ja täten myös heidän kokemat haasteet ja parhaat toimintatavat saattavat erota merkittävästi toisistaan. Kirjallisuudessa esitetyt parhaat toimintatavat, huomioon otettavat seikat ja haasteet suodatusjärjestelmien elinkaaren eri vaiheissa olivat kuitenkin hyvinkin yhteneväiset ja nivoutuivat yhteen myös kyselystä ja työpajoista tehtyihin havaintoihin.

Luontopohjaisten hulevesirakenteiden hyödyntäminen osana kaupunkien ja kuntien hulevesien hallintaa on herättänyt epäilyksiä, sillä toteutetut rakenteet eivät ole kaikissa tapauksissa toimineet odotetusti, eikä prosessi aina suunnittelijan pöydältä valmiiksi rakenteeksi ole ollut sujuva. Tässä opinnäytetyössä kehitetty infograafi ”Onnistuneen biosuodatusrakenteen elementit” kokoaa yhteen tärkeimmät elementit hulevesien biosuodatusjärjestelmän elinkaaren eri vaiheista ja tarjoaa käytännönläheisiä neuvoja, jotka ohjaavat kohti biosuodatusjärjestelmien parempaa elinkaarilaadunhallintaa. Eri toimijoille osoitetut ohjeet täsmentävät prosessin roolitusta ja edistävät toimijoiden välistä yhteistyötä ja kommunikointia. Koska eri luontopohjaisten hulevesirakenteiden käyttöä tulisi tulevaisuudessa merkittävästi lisätä, niiden tarjoamien ekosysteemipalveluiden vuoksi, tulisi tämänkaltaisia ohjeistuksia laajentaa koskemaan myös erityyppisiä hulevesien hallintarakenteita ja niiden elinkaarta.

Lähteet

- Antikainen, R. 2010. Elinkaarimetodiikkojen nykytila, hyvät käytännöt ja kehitystarpeet. Suomen ympäristökeskuksen raportteja. Viitattu 4.5.2020. Saatavissa: https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/39822/SYKEra_7_2010.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- CRC for Water Sensitive Cities. 2015. Fact Sheet: Stormwater biofilter monitoring and maintenance. Viitattu 4.10.2021. Saatavissa: <https://watersensitivecities.org.au/wp-content/uploads/2016/06/AGSBS-A6-Stormwater-biofilter-monitoring-and-maintenance.pdf>
- Davis A., Hunt W., Traver R., Clar M. 2009. Bioretention Technology: Overview of Current Practice and Future Needs. Journal of environmental engineering. Vol 135. Viitattu 9.7.2021. Saatavissa: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9372\(2009\)135:3\(109\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9372(2009)135:3(109))
- EPA. 2020. Operation and Maintenance of Green Infrastructure Receiving Runoff from Roads and Parking Lots. United States: Environmental Protection Agency. Viitattu 30.4.2020. Saatavissa: https://www.epa.gov/sites/production/files/2016-11/documents/final_gi_maintenance_508.pdf
- Hyvinkään Tieluiska Oy. 2021. Torpanpiha sadepuutarhamulta. Viitattu 28.9.2021. Saatavissa: https://tieluiska.fi/wp-content/uploads/Torpanpiha_Sadepuutarhamulta_2018.pdf
- Illmann, S. Wilson, S. 2017. Guidance on the Construction of SuDS. United Kingdom: CIRIA.
- KAMK. 2020. Toimintatutkimus (verkkojulkaisu). KAMK University of Applied Sciences. Viitattu 29.4.2020. Saatavissa: <https://www.kamk.fi/fi/opari/Opinnaytetyopakki/Teoreettinen-materiaali/Tu-kimateriaali/Toimintatutkimus>
- Kananen, J. 2015. Kehittämistutkimuksen kirjoittamisen käytännön opas – Miten kirjoitan kehittämistutkimuksen vaihe vaiheelta. Tampere: Juvenes print.
- Kankainen, J. & Junnonen, J-M. 2001. Laatuajattelu ja rakennustyömaan laatutoiminnot. Helsinki: Rakennustieto Oy.
- Kortelainen H., Komonen K., Laitinen J., Valkokari P., Hanski J. 2021. Tietämysperusteinen elinjaksos hallinta. (1 toim.) Helsinki: Kunnossapitoyhdistys Promaint ry.
- Minnesota Pollution Control Agency. 2021a. Design criteria for bioretention. Viitattu 29.9.2021. Saatavissa: https://stormwater.pca.state.mn.us/index.php?title=Design_criteria_for_bioretention
- Minnesota Pollution Control Agency. 2021b. Construction specifications for bioretention. Viitattu 9.8.2021. Saatavissa: https://stormwater.pca.state.mn.us/index.php?title=Construction_specifications_for_bioretention

Minnesota Pollution Control Agency. 2021c. Operation and maintenance of bioretention and other stormwater infiltration practices. Viitattu 11.8.2021. Saatavissa: https://stormwater.pca.state.mn.us/index.php?title=Operation_and_maintenance_of_bioretention_and_other_stormwater_infiltration_practices

Paloniemi, R. (toim.). 2019. Kestävää kaupunkisuunnittelua, luontopohjaiset ratkaisut maakunnissa ja kunnissa. Helsinki: Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja. Viitattu 29.4.2020 Saatavissa: http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/161757/TEAS_48_2019_Kestavaa%20kaupunkisuunnittelua.pdf

Ristimäki M. & Junnila S. 2015. Sustainable Urban Development Calls for Responsibility through Life Cycle Management. Sustainability. 2015; 7(9):12539–12563. Viitattu 14.7.2021. Saatavissa: <https://doi.org/10.3390/su70912539>

RT 103006. 2018. Hulevesirakenteet. Rakennustieto Oy. Viitattu 11.7.2021.

SFS-EN ISO 9000. 2015. Laadunhallintajärjestelmät. Perusteet ja sanasto. Helsinki: Suomen standardoimisliitto.

SFS-EN ISO 9001. 2015. Laadunhallintajärjestelmät. Vaatimukset. Helsinki: Suomen standardoimisliitto.

SFS-EN ISO 9004. 2018. Laadunhallinta. Organisaation laatu. Ohjeita jatkuvan menestyksen saavuttamiseen. Helsinki: Suomen standardoimisliitto.

SFS-EN ISO 14040. 2006. Ympäristöasioiden hallinta. Elinkaariarviointi. Periaatteet ja pääpiirteet. Helsinki: Suomen standardoimisliitto.

Saaranen-Kauppinen, A. & Puusniekka A. 2006. KvaliMOTV – Menetelmäopetuksen tietovaranto (verkkojulkaisu). Tampere: Yhteiskuntatieteellinen tietoarkisto. Viitattu 29.4.2020. Saatavissa: <https://www.fsd.tuni.fi/menetelmaopetus/>

Suomen Kuntaliitto. 2012. Hulevesiopas. Helsinki: Kuntaliitto.

Stormfilter 2020. STORMFILTER – Engineered Infiltration Systems for Urban Stormwater Quality and Quantity, 2015-2017. Viitattu 4.5.2020. Saatavissa: <https://projectsites.vtt.fi/sites/stormfilter/www.vtt.fi/sites/stormfilter.html>

Tahvonen O. 2019. Scalable Green infrastructure and the water, vegetation, and soil system. Helsinki: Unigrafia Oy.

Vilka, H. 2015. Tutki ja Kehitä. Jyväskylä: PS-kustannus.

Wang M., Zhang D., Wang Z., Zhou S., Keat Tan S. 2021. Long-term performance of bioretention systems in storm runoff management under climate change and life-cycle condition. *Sustainable Cities and Society* Volume 65. Viitattu 15.6.2021. Saatavissa: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102598>.

The Water Research Foundation. 2021. Community-enabled Lifecycle Analysis of Stormwater Infrastructure Costs (CLASIC). Viitattu 5.8.2021. Saatavissa: <https://clasic.erams.com/docs/functionality?token=WZA2XbDa4H>

Woods B., Wilson S., Udale-Clarke H., Scott T., Ashley R., Kellagher R. 2015. *The SuDS Manual*. United Kingdom: CIRIA.

Liite 1. Kysely Stormwater filtering structures

STORMWATER FILTERING STRUCTURES



Central Baltic **Clean Stormwater** project aims to develop and test new stormwater treatment solutions, that will clean stormwater effectively, ensure management quality and monitor water quality. This survey will provide knowledge for the assessment of existing management of stormwater systems and solutions. The results will be combined in a report, which will be published within the project.

This questionnaire is concerning planning, building and operation of stormwater filtering systems. Stormwater filtering systems are defined as structures that capture and temporarily store stormwater and pass it through a filter bed consisting of different filtration media. Filtered runoff can be collected and returned to the stormwater sewers, ditches or natural streams, or it can be allowed to infiltrate into the soil. Stormwater filtering systems are for example, bioretention basins and cells, vegetated swales and raingardens.

The questions are divided into five different categories:

- Planning
- Competitive bidding and contracting
- Construction
- Operation and maintenance
- Best practices

This questionnaire mostly consists of multiple-choice questions and answering takes approximately 10 minutes. **Thank you for your time and effort in advance!**

Which country are you working in?

- Finland
- Estonia
- Latvia
- Sweden
- Other,

What is your working role?

- Working as consultant
- Working as municipal officer
- Other,

How many residents live in the municipality/city you are working in?

Have you been working with planning, construction or maintenance of stormwater filtering solutions?

- Yes
- No

With how many structures (approximately)?

Planning

What kind of research/investigations are made for the area, where stormwater (SW) filtering structures are going to be built?

- Soil quality research
- Stormwater quality analysis
- Mapping of the existing, and future land use of the catchment area
- Topography mapping of the catchment area
- Other,

Is there a need for better background data to improve planning of SW filtering structures?

- Yes
- No

What is missing, what could be better?

What is used as basis for hydraulic dimensioning?

- Drainage area size
- Drainage area runoff coefficient
- Hydraulic modelling
- Historical rain data
- Predicted rainfall (Climate change is considered)

Which rainfall frequency is usually used for dimensioning stormwater filtering systems?

- 2 year

- 10 year
- 50 year
- 100 year
- Other,

Are the plans for the SW filtering structures considering the special characteristics of the site and/or the area?

- Yes
- No

What is not being considered?

Are the plans for the SW filtering structures detailed enough?

- Yes
- No

Is it causing troubles?

Are you using plants on the filtering systems?

- Yes
- No

How the plants are selected?

- Local plants are preferred
- Based on esthetics
- Availability of plants
- Suitability to the site growing conditions
- I don't know

Competitive bidding and contracting

Do you have local contractors with strong expertise in construction of SW filtering structures?

- Yes, many
- Yes, a few
- No, not really
- I don't know

Is the previous experience, that contractors might have from building stormwater management structures, considered in the competitive bidding?

- Yes
- No

How it is considered?

Are any sanctions added to contracts, for the case that the structures are not built according to the plans?

- Yes
 No

What kind?

Construction site and the area

Have you had cases, where the construction has not been made according to the plans?

- Yes
 No

The reason for this was

- The plans were not realizable
 The materials specified in the plans were not available
 The constructor lacked expertise or know-how to build the structures
 The constructor wanted to save costs
 Lack of communication between the planner and constructor of the system

- Other, what
- I don't know

What kind of problems have you encountered when constructing stormwater filtering structures?

Is there any surveillance by the buyer e.g. municipal officer, during the construction phase?

- Yes
- No

Operation and maintenance

Has the dimensioning of the structures met its goals?

- Yes
- No

What kind of problems have occurred?

Do the finished structures meet the objectives set in the plans?

- Yes
- No

Why do they not meet the objectives?

In filtering systems with plants, have the plants grown as planned?

- Yes
- No

Do you consider the structures to provide significant esthetical values?

Why not?

Do you carry out any monitoring of the stormwater filters?

- Yes
- No

What kind of monitoring, how it is executed?

Do you carry out any maintenance of the stormwater filters?

- Yes
- No

What kind of maintenance?

Are there problems in the maintenance of the stormwater structures?

- Yes
- No

What kind of problems?

Have you witnessed that some things repeatedly cause problems in stormwater filtering systems?

- Yes
- No

What are those things?

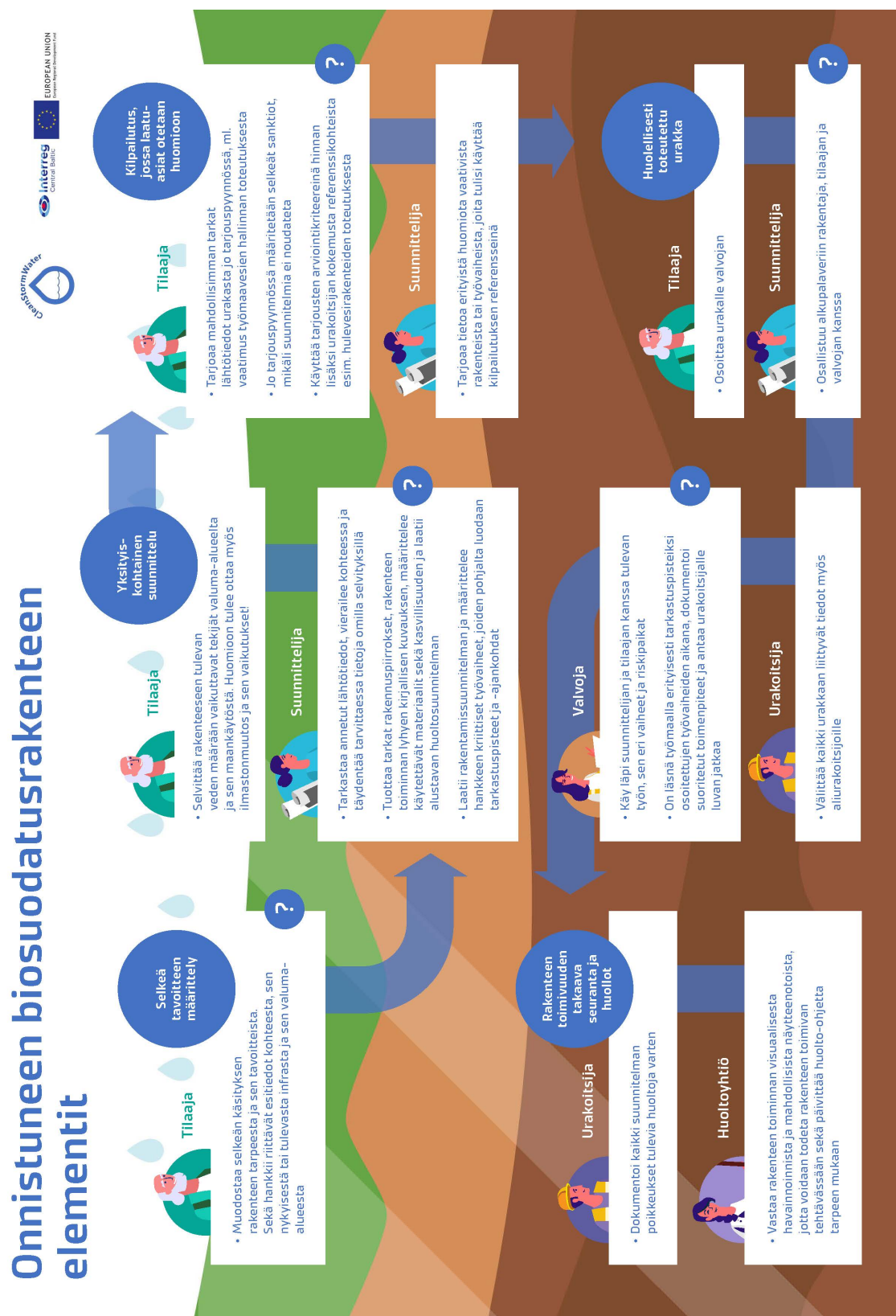
Best practises

Can you tell us about your most successful stormwater cases? Some good plans that were executed on point, or maybe minor details that have had great added values? Share it with us!

Bioswale in median of Grange Avenue in Greendale, Wisconsin. Photo Aaron Volkering



Liite 2 Infograafi Onnistuneen biosuodatusrakenteen elementit



Toiminnallinen versio saatavilla osoitteessa: https://vesijaymparisto.turkuamk.fi/uploads/2021/09/0ddef6f7-cleanstormwater_infograafi.pdf

Onnistuneen biosuodatusrakenteen elementit



Tavotteiden asettelu

- Onko suunnittelualueella tiedossa olevia ongelmia hulevesien määrän tai laadun suhteen?
 - Toivotaanko rakenteen parantavan hulevesien laatua? Minkä haitta-aineiden osalta erityisesti?
 - Toivotaanko rakenteen vaikuttavan hulevesien määrään?
- Minkälaisia muita ekosysteemiäpalveluja rakenteen toivotaan tarjoavan?
 - Visuaaliset ja maisemalliset elementit
 - Virkistysarvot esim. lähialueen asukkaille
 - Pienilmaston säätely, kuten lämpösaarekeilmiön hillitseminen
 - Monimuotoisuuden ylläpito: elinympäristö paikalliselle kasvillisuudelle ja eliöstölle, esim. pölyttäjät.

Onnistuneen biosuodatusrakenteen elementit



Tiedot, joita suunnittelijan tulee tarjota rakentajalle:

- Tarkka rakennepiirros suunnitellusta rakenteesta sekä poikki- ja pituusleikkauskuvat, joissa osoitetaan vesien sisääntulo ja eri järjestelmän rakenneosat aina purkupisteeseen asti.
- Leikkauskuvat, joista käy ilmi suunnittelualueen maaston korkotasot, korot järjestelmän eri rakenneosille ja rakenteen luiskakaltevuudet
- Suodatusrakenteen laskennallisen purkuvirtaaman suuruus ja suunnitellut ylivuotoreitit
- Rakenteen toimintaperiaate: onko tarkoitus suodattaa vedet maaperään vai eristetäänkö järjestelmä ympäröivästä maaperästä ja vedet ohjataan putkilla vastaanottavaan vesistöön.
- Massalaskemat kaivutöistä sekä suunnitelma maamassojen mahdolliseen hyödyntämiseen kohteessa.
- Kuvaukset käytettävistä rakennusmateriaaleista: eri putket, maamassat, kasvualustat sekä suodatusmateriaalit, geotekstiilit, allasmuovit tai -kumit sekä kasvillisuus.
- Rakentamisen aikana erityistä suojelua vaativat rakenneosat (esim. suodattavat rakennekerrokset)
- Riskianalyysi rakennuskohteessa mahdollisesti aiheutuvista haitoista tai riskeistä (ja keinoja niiden välttämiseksi).
- Havainnekuva valmiista rakenteesta.

Onnistuneen biosuodatusrakenteen elementit



Huolto-ohjeistuksen tulee sisältää:

- Kuvaus rakenteesta sekä sen toimintaperiaatteesta ja eri osista. Selvityksestä tulee käydä ilmi kaikki eri rakenneosat, yksittäisten rakenneosien toiminta ja niiden merkitys kokonaisuuden kannalta.
- Kuva tai piirros rakenteesta eri vuodenaikoina, kuvaamaan toivotunlaista ulkoasua ja huomioitavia kohteita
- Kuva osoittamaan ajoreitit ja erilaisia huoltotoimenpiteitä vaativat alueet (niitettävät ja niitolta säästettävät alueet, lietteen poisto ym.)
- Huoltotoimenpiteet jaoteltuna niiden suoritusajataulun mukaan (esim. kuukausittain, kerran 3kk, puolivuositain, tarvittaessa tai harvemmin suoritettavat)
- Kuvaukset huoltoihin käytettävistä laitteista tai materiaaleista, mikäli näiden tulee olla tietynlaisia parhaan tuloksen saavuttamiseksi
- Ohjeistus huoltopäiväkirjan täyttämiseen

Onnistuneen biosuodatusrakenteen elementit



Kilpailutus

- Urakoitsijan kokemus hulevesien hallintarakenteiden toteutuksesta tulisi ottaa huomioon tarjousten arvioinnissa hinnan ohella. Käytännössä tämä voidaan suorittaa esimerkiksi pisteuttamalla urakoitsijan aiemmin toteuttamia kohteita (esimerkki alla). Pisteytyksessä tulisi painottaa kilpailutettavan rakenteen toteutuksen kannalta tärkeimpiä osa-alueita.

Tarjoajan tulee esittää tärkeimmät (enintään 4 kpl) referenssinsä vastaavien hulevesien käsittelyjärjestelmien tai samankaltaisten rakennustehtävien toteutuksesta. Referenssien esittämiseen tulee käyttää annettua taulukkoa (liite X). Arvostamme erityisesti Tarjoajan aiempaa kokemusta hulevesien hallintaratkaisuiden toteuttamisesta. Pisteytys lasketaan absoluuttisina pisteinä Tarjoajan esittämistä referensseistä.

Pisteytys:

- referenssi hulevesien luontopohjaisesta suodatinratkaisusta 12,5 p/kpl
- referenssi hulevesien käsittelyratkaisusta (viivytys- tai laadun parantaminen) 10 p/kpl
- referenssi mistä tahansa suodatinratkaisusta ja/tai salaojitukselta 5 p/kpl
- referenssi mikä tahansa putki, maanrakennus tms. työstä 3 p/kpl

> Max 50 p

Onnistuneen biosuodatusrakenteen elementit



Rakennustyön alkupalaverissa läpikäytävät/tarkastettavat asiat:

• Maasto:

- Onko kohteen nykytilasta saatavilla riittävät korkeustiedot?
- Täsmääkö suunnitelmien korkotasot olemassa oleviin korkoihin? Onko massojen käsittelyyn ja hyödyntämiseen kohteessa suunnitelma?
- Onko maanalainen infra (johdot, putket kaapelit ym.) kartoitettu ja rakenteet merkitty maastoon yksiselitteisesti?
- Onko kohteen maankäytöstä historiatietoja, jotka voisi aiheuttaa rakennusvaiheessa riskejä esim. haitalliset aineet maaperässä?
- Mikäli on tarkoitus rakentaa maaperään suodattava järjestelmä, onko kohteen maaperälle suoritettu imeytyskokeita?
- Onko rakennusalueella suojeltavia puita, kasveja tai alueita? Onko ne merkitty maastoon?

• Vesienhallinta:

- Onko kohteen vesistöjen tilasta ja niihin liittyvistä riskeistä tietoa? Esimerkiksi ojien ja purojen säännöllinen tulviminen tai suojeltujen lajien esiintyminen.
- Onko pohjaveden pinnankorkeus ja sen vaihtelut tiedossa? Aiheutuuko tästä riskiä rakenteelle tai rakentamiselle?
- Onko työmaavesien hallintaa varten suunnitelma?
- Toteutettava rakenne:
- Kattaako rakennepiirrokset kaikki järjestelmän osat ja niiden toimintaperiaatteet?
- Onko järjestelmän eri materiaaleille suositeltu tiettyä valmistajaa? Vastaavatko nämä ennalta määritettyyn tarpeeseen vai ovatko ne korvattavissa?

• Yhteistyö:

- Onko urakalle osoitettu valvoja?
- Onko urakan aikataulu ja eri työvaiheiden tarkastuspisteet sovittu?
- Onko rakennuskohteella naapurustoa, jota tulisi informoida urakasta ja valmistuvan kohteen pääpiirteistä?

Onnistuneen biosuodatusrakenteen elementit



Valvojan tehtäviin kuuluu:

• Valokuvata ja kirjata havainnot:

- maaperän laadusta ja eri maalajien syvyyksistä
- kohteen korkotasosta sekä luiskista ennen töiden aloitusta sekä sen jälkeen.

• Tarkastaa, että kohteelle toimitetut maamassat, geotekstiilit, allasmuovit ja -kumit, putket sekä muut materiaalit vastaavat suunnitelmissa esitettyjä materiaaleja.

• Kuvata ja dokumentoida eri järjestelmien asennukset niiden toiminnan kannalta kriittisimmiltä osin.

• Tarkastaa, että kasvien istutus toteutetaan suunnitelman mukaisesti sekä suorittaa jatkoseuranta, jossa varmistetaan kasvien kunto ja mahdolliset korjaustarpeet.