

Opinnäytetyö AMK

Energia- ja ympäristötekniikka

2023

Sampo Lehtonen

**Luontopohjaisen
hulevesijärjestelmän suunnittelu,
rakentaminen ja seuranta**



Opinnäytetyö AMK | Tiivistelmä

Turun ammattikorkeakoulu

Energia- ja ympäristötekniikka

2023 | 42 sivua

Sampo Lehtonen

Luontopohjaisen hulevesijärjestelmän suunnittelu, rakentaminen ja seuranta

Ilmastonmuutoksen ja kaupungistumisen tuomat haasteet hulevesien hoidossa ovat vaatineet tarvetta kehittää perinteisen viemäröinnin rinnalle vähemmän luontoa kuormittavia ratkaisuja. Sen sijaan että hulevedet johdettaisiin jätevesilaitosten käsiteltäviksi, on luontopohjaisten hulevesijärjestelmien tavoitteena käsitellä hulevedet mahdollisimman lähellä niiden syntyseutua esimerkiksi viivyttämällä ja suodattamalla.

Tässä opinnäytetyössä tarkastellaan, miten luontopohjainen hulevesijärjestelmä toimii, mitä asioita liittyy hulevesiprojektien suunnitteluun sekä luodaan katsaus huleveden laaduntarkkailuun. Opinnäytetyö koostuu teoriaosuudesta, jossa määritellään hulevesi käsitteenä, tarkastellaan hulevesien ympäristövaikutuksia sekä esitellään erilaisia luontopohjaisia hulevesiratkaisuja. Teoriaosuuden jälkeen tutustutaan tarkemmin hulevesiprojektin kulkuun ja esitellään käytännön toteutuksia CleanStormWater-hankkeessa.

Vuosina 2020–2022 toteutetun CleanStormWater-hankkeen Suomen pilottikohteet sijaitsevat Turussa ja Liedossa. Tässä opinnäytetyössä tarkasteltiin lähemmin Turun Länsikeskuksen biosuodatusrakennetta ja sen toimintaa. Turun pilottikohteessa kiintoaineen määrä väheni biosuodatuksen ansiosta jopa 99 prosenttia. Raskasmetalleista esimerkiksi sinkin pitoisuus pieneni parhaimmillaan 95 prosenttia.

Asiasanat:

hulevesi, biosuodatus, näytteenotto, vedenlaatu, CleanStormWater

Bachelor's Thesis | Abstract

Turku University of Applied Sciences

Energy and environmental technology

2023 | 42 pages

Sampo Lehtonen

Design, construction, and sampling of a nature-based stormwater solution

The challenges brought about by climate change and urbanization in the treatment of stormwater have brought about the need to develop solutions that are less burdensome on the nature alongside traditional drainage. Instead of diverting stormwater to be treated by wastewater plants, the goal of nature-based stormwater systems is to treat stormwater as close as possible to the area where it originates, for example by delaying and filtering.

This thesis examines how a nature-based stormwater system works and what issues are involved in the planning of stormwater projects. In addition, an overview of stormwater quality monitoring is given. The thesis consists of a theoretical part, which defines stormwater as a concept, examines the environmental effects of stormwater, and presents various nature-based stormwater solutions. After the theory part, more information is given about the realization of a stormwater project and practical implementations used in the CleanStormWater project are presented.

The Finnish pilot sites of the CleanStormWater project implemented in 2020–2022 are located in Turku and Lieto. In this thesis, the bioretention structure of Turku Länsikeskus and its operation were examined more closely. At the pilot site in Turku, the amount of solids was reduced by up to 99 percent thanks to biofiltration. Among heavy metals, for example, the zinc content was reduced by 95 percent at best.

Keywords:

stormwater, bioretention, water sample, water quality, CleanStormWater

Sisältö

1 Johdanto	7
2 Hulevesijärjestelmä	9
2.1 Hulevesien yleinen hallinta	9
2.2 Hulevesien ympäristövaikutukset	10
2.3 Hulevesiä koskeva lainsäädäntö	11
2.4 Luontopohjaisista hulevesiratkaisuista	12
2.4.1 Johtaminen	13
2.4.2 Imeyttäminen	13
2.4.3 Viivyttäminen	15
2.4.4 Kosteikkokäsittely	15
2.5 CleanStormWater-hanke	15
3 Hulevesijärjestelmän suunnittelu	17
3.1 Yleistä suunnittelusta	17
3.2 CleanStormWater-hankkeen suunnitteluvaihe	18
3.2.1 Testialueen kartoitus	18
3.2.2 Huleveden laatuparametrien määrittäminen	20
3.2.3 Budjetointi	21
3.2.4 Toteuttamiskelpoisuuden arviointi	22
4 Hulevesijärjestelmän rakentaminen	23
4.1 Yleistä biosuodatusrakenteista	23
4.2 CleanStormWater-hankkeen toteutusvaihe	24
4.2.1 Suunnittelu ja ostotoiminta	24
4.2.2 Rakentaminen	26
4.2.3 Seurantamenetelmät	30
5 Hulevesijärjestelmän seuranta	33
5.1 Yleistä vedenlaadun seurannasta	33
5.2 CleanStormWater-hankkeen ylläpitovaihe	33
5.2.1 Näytteenoton suunnittelu	34

5.2.2 Tulosten analysointi ja seurantavaihe	35
6 Loppupäätelmiä	39
Lähteet	40

Kuvat

Kuva 1. Hulevesien käsittelyjärjestelmän toteutusprosessin vaiheet (CleanStormWater 2022, 2).	18
Kuva 2. Turun Länsikeskuksen pilottikohde.	19
Kuva 3. Liedon Avantin pilottikohde, alkuperäinen suunniteltu sijainti.	20
Kuva 4. Yleiskuva biosuodatusrakenteesta (Woods Ballard ym. 2015, 334).	23
Kuva 5. Länsikeskuksen biosuodatusrakenne, pituusleikkaus.	27
Kuva 6. Länsikeskuksen biosuodatusrakenne, poikkileikkaus.	27
Kuva 7. Länsikeskuksen biosuodatusrakenne ennen maisemointia ja kasvillisuusistutuksia.	28
Kuva 8. Avantin biosuodatusrakenne ennen kasvillisuuden istuttamista.	28
Kuva 9. Paineanturin lähetinyksikkö ja näytteenottoaivo. Turku Länsikeskus.	31
Kuva 10. Moniparametrisondi ja näytteenottoaivo. Lieto Avanti.	31
Kuva 11. Kiintoainepitoisuus. Turku Länsikeskus.	37
Kuva 12. Raskasmetallit, esimerkkinä sinkki. Turku Länsikeskus.	38
Kuva 13. Ravinnepitoisuus, esimerkkinä kokonaistyyppi. Turku Länsikeskus.	38

Taulukot

Taulukko 1. Luontopohjaisten hulevesien hallintamenetelmien vaikutustavat (Vakkilainen ym. 2005, 66).	13
Taulukko 2. Toteutuneet rakennuskustannukset Turun ja Liedon pilottikohteissa (CleanStormWater 2022, 11).	21
Taulukko 3. Pilottikohteiden laskennalliset koot ja vesimäärät.	25
Taulukko 4. Eri analyyseihin tarvittavat näytetilavuudet ja analyysin toteutuksen aikataulurajat (Svenskt Vatten Utveckling 2019, 45).	34
Taulukko 5. Hulevesien tyypillisiä haitta-ainepitoisuuksia ja biosuodatuksen kuormitusreduktio (Kasvio ym. 2016, 21).	36

1 Johdanto

Kaupungistuminen ja sen mukanaan tuoma rakennettujen ja läpäisemättömien pintojen lisääntyminen muodostaa hulevesien hallinnasta yhä tärkeämmän haasteen yhteiskunnallemme. Ilmastonmuutos ja sen aikaansaama vuotuisten sademäärien lisääntyminen on toinen vaikuttava tekijä pohdittaessa keinoja hulevesien hallitsemiseksi. Käsittelemätön hulevesi voi kuljettaa vaarallisia tai haitallisia aineita kuten raskasmetalleja kaupunkiympäristöistä jokiin, järviin ja meriin ja on siten merkittävä riski veden laadulle ja ekosysteemille.

Hulevesien hallintamenetelmät voidaan karkeasti jakaa rakennettuihin ratkaisuihin ja luontopohjaisiin ratkaisuihin. Rakennettuihin reitteihin kuuluvat erilaiset seka- ja hulevesiviemärit, joilla vesi johdetaan pois rakennetulta alueelta. Luontopohjaisilla ratkaisuilla kuten viherrakentamisella ja biosuodatusrakenteilla pyritään viivyttämään veden kulkua ja parhaassa tapauksessa suodattamaan epäpuhtauksia orgaanisessa tai hiekkaperäisessä maakerroksessa.

Vuosina 2020–2022 Itämeren alueella (Suomi, Ruotsi, Viro, Latvia) toteutetun CleanStormWater-hankkeen tavoitteena oli kehittää ja pilotoida uusia huleveden käsittelyratkaisuja, jotka puhdistavat hulevesiä tehokkaasti, edistävät hulevesien hallintarakenteiden laadukasta toteutusta ja joihin voidaan liittää lähes reaaliaikaista vedenlaadunseurantaa. Suomesta hankkeeseen osallistui Turun ammattikorkeakoulu, jonka toteutti pilottikohteet Liedon ja Turun alueilla.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on perehtyä luontopohjaisen hulevesijärjestelmän suunnitteluun, erilaisiin biosuodatusrakenteisiin ja niiden toteutukseen sekä vedenlaadun mittaamiseen ja seurantaan. Lähemmän tarkastelun kohteeksi on valittu CleanStormWater-hankkeen pilottikohteet Turun seudulla. Opinnäytetyössä pyritään lisäksi selvittämään kaupunkisuunnittelun ja hulevesien hallinnan kehityskohteita ja tulevaisuuden näkymiä.

Opinnäytetyön toisessa luvussa esitellään hulevesiin liittyviä määritelmiä sekä kerrotaan yleisesti erilaisista hulevesiratkaisuista. Kolmannessa luvussa

perehdytään luontopohjaisten hulevesiratkaisujen, erityisesti biosuodatusrakenteiden suunnitteluun. Neljännessä luvussa kerrotaan rakentamisessa huomioitavista asioista. Viidennessä luvussa esitellään vedenlaadun näytteenottoa sekä mittaustuloksia Turun alueen pilottikohteista. Viimeisessä luvussa esitellään opinnäytetyön johtopäätöksiä.

2 Hulevesijärjestelmä

2.1 Hulevesien yleinen hallinta

Hulevesi on määritelmän mukaan maan pinnalta, rakennuksen katolta tai muilta läpäisemättömiltä pinnoilta kuten katoilta pois johdettavaa sade- tai sulamisvettä. Hulevesien määrään vaikuttavista tekijöistä tärkeimpiä ovat sateen kesto ja intensiteetti, edeltävän kuivan kauden pituus, alueen pinnanmuodot sekä maaperän koostumus. (Suomen Kuntaliitto 2012, 18.)

Maanpäällinen valunta eli pintavalunta on taajama-alueilla selvästi nopeampaa ja voimakkaampaa kuin harvaan asutuilla alueilla. Tämä johtuu ennen kaikkea vettä läpäisevien pintojen pienemmästä määrästä. Arviolta kaksi kolmasosaa taajamien läpäisemättömistä pinnoista koostuu kaduista, muista väylistä sekä pysäköintialueista, jotka perinteisesti on kytketty suoraan alueen hulevesi- tai sekaviemäröintiin. Läpäisemätön pinta ei automaattisesti aina aiheuta pitkäaikaista pintavaluntaa, vaan vesi voi päätyä myös ympärillä oleville läpäiseville alueille ja imeytyä edelleen maahan. (Suomen Kuntaliitto 2012, 18.)

Tiheään rakennetuissa ympäristöissä kuten kaupunkien keskustoissa hulevesien pintavalunnan määrän säätely on usein haastavaa. Tämän vuoksi hulevedet pyritään johtamaan usein nopeasti pois alueelta käyttäen erillisiä hulevesiviemäreitä, mikäli mahdollista. Vanhoja keskusta-alueita ei aikoinaan rakennettu hulevesiä huomioiden, joten niissä joudutaan turvautumaan usein sekaviemäriin, joissa hulevedet kulkevat samassa putkistossa yhdessä jätevesien kanssa puhdistamolle saakka. Rankkasateiden aikana tällaisten sekaviemäreiden kapasiteetti saattaa ylittyä, mistä aiheutuu muun muassa kellaritulvia. (Suomen Kuntaliitto 2012, 18.)

Hulevesien hallinnan yleisenä tavoitteena on tulvien torjunnan lisäksi pintojen kuivatus sekä pohja- ja pintavesien suojeleminen. Kunnallisissa hulevesistrategioissa onkin vakiintunut tietty prioriteettijärjestys eri menetelmille tämän tavoitteen suhteen. Nämä menetelmät voidaan karkeasti jakaa viiteen periaatteeseen: estäminen, vähentäminen, imeyttäminen, viivyttäminen sekä johtaminen.

Hulevesien muodostumista voidaan estää kokonaan tai vähentää ilman erillisiä rakenteita esimerkiksi minimoimalla päällystettyjen pintojen osuus sekä säilyttämällä alueen luontainen kasvillisuus. Hulevesien imeyttäminen pyritään tekemään niiden syntypaikalla käyttäen erilaisia läpäiseviä rakenteita ja imeytyskenttiä. Tällaisilla rajoittavilla toimenpiteillä pyritään hulevettä siirtämään pintavalunnasta osaksi pohjavettä tai haihduttamaan sitä suoraan ilmakehään. Viivyttämisen tarkoituksena on hidastaa hulevesivirtaamaa, varastoida hulevesi tietyksi aikaa ja vapauttaa se vähitellen. Johtamismenetelmät voidaan jakaa avoimiin järjestelmiin ja putkijärjestelmiin. Avouomavirtauksessa hulevesivirtaamaa pyritään hidastamaan, mikä mahdollistaa epäpuhtauksien laskeutumisen ja imeytymisen. Putkijärjestelmät ovat painovoimaisia hulevesiviemäreitä, joissa ei tapahdu imeytymistä, vaan hulevedet johdetaan käsittelemättöminä purkuvesiin. (Suomen Kuntaliitto 2012, 20.)

2.2 Hulevesien ympäristövaikutukset

Hulevesien ongelmat ja ympäristövaikutukset voidaan jakaa neljään kategoriaan: huleveden määrään liittyvät ongelmat, huleveden laatuun liittyvät ongelmat, maiseman estetiikkaan, ekologiaan ja ympäristön käyttökelpoisuuteen liittyvät ongelmat sekä jätevesijärjestelmän käyttöön liittyvät ongelmat. (Vakkilainen ym. 2005, 15.)

Kaupungistumisen mukanaan tuoma vettä läpäisemättömien pintojen lisääntyminen kasvattaa pintavaluntaa voimakkaasti, mikä aiheuttaa vahinkoa ympäristölle ja omaisuudelle. Tulvat ja ylivirtaamat aikaansaavat sortumia ja nopeuttavat eroosiota. Lisääntynyt eroosio vaikuttaa ennen pitkää myös alueen elinympäristöön ja eliöihin. (Vakkilainen ym. 2005, 15.) Toisaalta vettä läpäisemättömien pintojen lisääntyminen pienentää pintakerros- ja pohjavesivaluntaa. Kun vettä ei imeydy maaperään ja edelleen pohjaveteen riittävästi, alentaa tämä pohjaveden pinnankorkeutta, mikä kuivan kauden aikana saattaa aiheuttaa jopa veden säännöstelyä. (Vakkilainen ym. 2005, 8.)

Huleveden laatuun liittyvät ongelmat liittyvät ennen kaikkea vesistöjen pilaantumiseen. Suomessa hulevesi on perinteisesti johdettu käsittelemättömänä taajamapuroihin ja rantavesiin. Kuitenkin varsinkin kaupunkialueilla hulevesi kuljettaa mukanaan kiintoainetta, ravinteita ja erilaisia haitta-aineita, jotka rehevöittävät vesistöjä, pilaavat pohjavettä sekä kertyvät pohjasedimentteihin. (Suomen Kuntaliitto 2012, 133.)

Kiintoainepitoisuuden kasvu samentaa vesistöjä ja vähentää niiden biologista tuotantoa sekä kasvi- ja eläinlajiston monimuotoisuutta. Hulevedet tuovat mukanaan suuria määriä ravinteita, jotka haittaavat ekosysteemin toimintaa ja edistävät leväkukintoja sekä rehevöitymistä. (Vakkilainen ym. 2005, 15.)

Jätevesijärjestelmiin hulevesi aiheuttaa monenlaisia ongelmia. Mikäli alueella on vielä käytössä jäteveettä ja huleveettä kuljettavia sekaviemäreitä, saattaa rankkasateiden aikana niiden kapasiteetti ylittyä, mistä aiheutuu ylivuotoa ja tulvia. Sekaviemäröinnin vuoksi jätevesipuhdistamolle tuleva vesi saattaa myös olla liian laimeaa, minkä vuoksi jätevesilaitoksen puhdistustehokkuus heikkenee. Lisäksi jätevesilaitoksen käsittelykapasiteetti saattaa rankkasateella ylittyä ainakin hetkellisesti, minkä vuoksi puhdistamo tai pumppaamo joutuu ohijuoksuttamaan ainakin osan jätevedestään suoraan luontoon. (Suomen Kuntaliitto 2012, 5.)

2.3 Hulevesiä koskeva lainsäädäntö

Lainsäädännöllisesti hulevesien hallinnasta on kerrottu useassa eri laissa, joista tärkeimmät ovat Maankäyttö- ja rakennuslaki sekä Vesihuoltolaki. Maankäyttö- ja rakennuslaki määrittelee hulevesien hallinnan yleisiksi tavoitteiksi kehittää hulevesien suunnitelmallista hallintaa erityisesti asemakaava-alueella, imeyttää ja viivyyttää hulevesiä niiden kerääntymispaikalla, ehkäistä hulevesistä ympäristölle ja kiinteistölle aiheutuvia haittoja ja vahinkoja ottaen huomioon myös ilmaston muuttuminen pitkällä aikavälillä ja edistää luopumista hulevesien johtamisesta jätevesiviemäriin. Lisäksi laki määrittää valvonnan, vastuiden ja veloitteiden rajapinnat. (Maankäyttö- ja rakennuslaki 1999/132, 13a:103.)

Vesihuoltolain mukaan huleveden viemäröinnin järjestämisestä päättää kunta neuvoteltuaan ensin vesihuoltolaitoksen kanssa. Hulevesiviemäröinnin alueella oleva kiinteistö on liitettävä laitoksen hulevesiviemäriin, ellei kiinteistö ole hakenut erityistä vapautusta. Myöskään joitain poikkeuksia lukuun ottamatta kiinteistö ei saa johtaa hulevesiään jätevesiviemäriin. (Vesihuoltolaki 2001/119, 3a:17.)

EU:n tasolla tulvadirektiivi laajentaa kuntien vastuuta hulevesien osalta siirtämällä hulevesi-infrastruktuurin vesilaitoksilta kuntien hallintaan ja painottamalla hulevesien luonnonmukaista hoitoa putkituksen ja tulvasuojauksien sijaan (Ilmasto-opas n.d.). EU:n tulvadirektiivi on Suomessa kansallisesti pantu täytäntöön Tulvariskilailta ja asetuksella (Suomen Kuntaliitto 2012, 27).

2.4 Luontopohjaisista hulevesiratkaisuista

Luontopohjaisilla hulevesiratkaisuilla tarkoitetaan luontoon perustuvia rakenteita tai käytäntöjä, joiden avulla pyritään samanaikaisesti edistämään montaa eri tavoitetta, esimerkiksi ilmastonmuutokseen sopeutumista, luonnon monimuotoisuuden suojelua ja ihmisten hyvinvointia (Valtioneuvosto 2019). Tällaiset ratkaisut voivat perustua olemassa olevien ekosysteemien ylläpitoon ja kestäväan käyttöön, olemassa olevien luontoalueiden hoitoon ja kunnostamiseen tai kokonaan uusien ekosysteemien rakentamiseen (Vikström ym. 2019, 10). Luontopohjaiset hulevesiratkaisut voivat toimia myös yhdessä perinteisten hulevesijärjestelmien kanssa.

Huleveden laatua pyritään parantamaan hyödyntämällä luonnon omia prosesseja. Huleveden ollessa kosketuksissa maan, ilman, kasvillisuuden ja mikro-organismien kanssa on takaisin vesistöihin päätyvä hulevesi mahdollisimman puhdasta. Toimintaperiaatteensa mukaan luontopohjaiset hulevesien hallintamenetelmät voidaan karkeasti jakaa neljään kategoriaan: johtaminen, imeyttäminen, viivyttäminen ja kosteikkokäsittely. Näistä ensisijaisena ratkaisuna pidetään yleisesti ottaen imeyttämistä tai viivyttämistä.

Taulukkoon 1 on koottu eri hallintamenetelmien vaikutuksia huleveden laatuun ja määrään. (Vakkilainen ym. 2005, 65.)

Taulukko 1. Luontopohjaisten hulevesien hallintamenetelmien vaikutustavat (Vakkilainen ym. 2005, 66).

Huleveden käsittelymenetelmä / vaikutus		Maa- ja pohjavesivarastojen ylläpitäminen	Virtaamahuippujen pienentäminen	Viipymän lisääminen	Kiintoaineen laskeuttaminen	Puhdistuminen suodattamalla	Mikrobiologinen puhdistaminen
Johtaminen	Kasvillisuus-painanteet	X	X	X	X	X	X
Imeyttämismenetelmät	Imeytyspinnat / vihreät pinnat	X	X	X		X	X
	Imeytysaltaat	X	X	X	X	X	X
	Maanalainen imeytysrakente	X	X	X		X	X
	Yhdistetty imeytysallas ja -oja	X	X	X	X	X	X
	Läpäisevät päällysteet	X	X	X		X	X
Viivyttäminen	Viivytyksaltaat		X	X	X		X
Kosteikkokäsittely	Kosteikot		X	X	X		X

2.4.1 Johtaminen

Johtamalla tapahtuva hulevesien hallinta perustuu kasvillisuuden peittämien painanteiden sekä avo-ojien käyttöön hulevesien ohjaamisessa takaisin vesistöön. Huleveden kulkiessa kasvillisuuden peittämässä painanteessa sen viipymä kasvaa ja virtausnopeus alenee. Riittävän pieni virtausnopeus aikaansaa sen, että kasvillisuus pystyy suodattamaan hulevedestä kiintoainetta sekä epäpuhtauksia ja parantamaan näin veden laatua. Pieni virtausnopeus mahdollistaa myös huleveden osittaisen imeytymisen maaperään. (Vakkilainen ym. 2005, 66.) Virtausnopeuden hidastumista voidaan tehostaa johtamisreittien tiheällä kasvillisuudella, riittävällä pituudella sekä sopivalla pituuskaltevuudella (Suomen Kuntaliitto 2012, 157).

2.4.2 Imeyttäminen

Imeyttämismenetelmät perustuvat huleveden kosketukseen maan kanssa, sen imeytymiseen maaperään ja edelleen jopa pohjaveteen saakka. Veden kulkiessa maakerrosten läpi suodattuu siitä haitta-aineita ja ravinteita, mikä parantaa veden laatua. Esimerkiksi savi- ja humusperäinen maaperä kykenee

pidättämään vedestä tehokkaasti muun muassa metalleja sekä ravinteita. (Vakkilainen ym. 2005, 67.)

Imeyttämismenetelmät voidaan jakaa viiteen tyyppiin niiden vaikutuksen perusteella (Taulukko 1): imeytyspinnat, imeytysaltaat, maanalaiset imeytysrakenteet, yhdistetty imeytysallas ja -oja sekä läpäisevät päällysteet. Yksinkertaisimmillaan imeytys toteutetaan johtamalla hulevesi loivasti kaltevalle nurmipinnalle, jonka kasvit pidättävät vedestä kiintoaineita. Imeytyessään maahan vesi puhdistuu maaperän mikrobitoiminnan vaikutuksesta. (Vakkilainen ym. 2005, 67.)

Imeytysaltaat ovat matalia, noin 20–30 cm syviä maan pinnalla olevia kasvillisuuden peittämiä painanteita, joihin hulevesi johdetaan pintavaluntana ympäristöstä. Vesi lammikoituu imeytysaltaaseen ja vähitellen imeytyy maahan. Altaan kasvillisuus pidättää hulevedestä ravinteita ja maaperä suodattaa vedestä kiintoaineita. Imeytysaltaita voidaan myös ketjuttaa, jolloin ylemmän altaan ylivuotovesi virtaa alemmalla tasolla olevaan altaaseen. (Vakkilainen ym. 2005, 67.)

Jos maan pinnalla ei ole tilaa tai se läpäisee huonosti vettä, voidaan imeytysallas sijoittaa myös maan alle. Maanalainen imeytysrakente eli kaivanto on täytetty hiekalla tai muulla karkealla kiviaineksella. Hulevesi johdetaan maanalaiseen kaivantoon joko hulevesiviemäreillä tai salaojilla. Vesi suodattuu läpäisevän täytteen läpi ja imeytyy vähitellen maaperään. Mikäli maanalainen imeytyskaivanto on osa hulevesiviemärijärjestelmää, tulee sen yhteyteen asentaa hiekan- ja öljynerotuskaivot epäpuhtauksien pysäyttämiseksi. (Suomen Kuntaliitto 2012, 148.) Jos maanalaiseen kaivantoon lisätään rei'itetty putki tehostamaan veden jakautumista maaperään, puhutaan imeytysojista (Vakkilainen ym. 2005, 68).

Läpäisevät päällysteet läpäisevät vettä koostumuksensa ansiosta. Sen rakenne muodostuu vettä läpäisevästä pintakerroksesta, esimerkiksi rei'itetyistä betonilaatoista, ja sen alapuolisesta karkeasta kiviaineksista. Rakenteen läpäissyt hulevesi imeytyy vähitellen ympäröivään maaperään, kun taas

vedessä ollut kiintoaines jää suodattimena toimivaan huokoiseen kiviainekseen. Sorakerroksen alle voidaan asettaa putki, jota myöten hulevedet voidaan johtaa eteenpäin, esimerkiksi jatkokäsittelyyn. Lämpäiseviä päällysteitä käytetään lähinnä pysäköintialueilla ja hidasliikenteisillä kaduilla kuten kevyen liikenteen väylillä. (Suomen Kuntaliitto 2012, 144.)

2.4.3 Viivyttäminen

Viivytyksen menetelmillä pyritään tasaamaan hulevesien virtaamahuippuja ja parantamaan veden laatua. Viivytyksrakennelmiin varastoituvan veden määrä vaihtelee sateiden ja kuivien jaksojen mukaan, mutta niissä on tyypillisesti pysyvä vesipinta. Viivytyksrakenteeseen johdettu hulevesi varastoidaan joksikin aikaa ja vapautetaan vähitellen tulovirtaaman päättymisen jälkeen. Virtausta viivyttämällä hulevetteen sitoutunut kiintoaines laskeutuu altaan pohjalle ja puhtaampi vesi jatkaa vähitellen eteenpäin. Viivytyksaltaat ovat usein keinotekoisia rakennelmia, jotka puhdistetaan ja huolletaan säännöllisesti. Viivytyksaltaan ulosvirtausta säädellään yleensä joko hulevesiviemäriin johdettavalla purkuputkella tai padon avulla. (Suomen Kuntaliitto 2012, 172.)

2.4.4 Kosteikkokäsittely

Kosteikot muistuttavat hyvin paljon viivytyksaltaita. Ne ovat kuitenkin matalampia ja niiden kasvillisuus on monipuolisempaa ja runsaampaa. Kosteikkoalueilla saattaa kasvaa puita ja pensaita ja ne saattavat sisältää jopa umpeenkasvaneita kasvillisuusalueita. Kosteikkoja käytetään esimerkiksi peltoalueiden valumavesien sekä taajama-alueiden hulevesien käsittelyssä. (Vakkilainen ym. 2005, 70.)

2.5 CleanStormWater-hanke

CleanStormWater oli vuosina 2020–2022 Itämeren ympäröivissä maissa (Suomi, Ruotsi, Viro, Latvia) toteutettu kansainvälinen yhteistyöhanke, jonka

tavoitteena oli kehittää ja pilotoida uusia huleveden käsittelyratkaisuja. Teknisten ratkaisujen lisäksi hankkeessa pyrittiin kehittämään hulevesihallinnan laatujärjestelmää sekä toteuttamaan vedenlaadun lähes reaaliaikaista seuranta. Suomesta CleanStormWater-hankkeeseen osallistui Turun ammattikorkeakoulun vesi- ja ympäristötekniikan tutkimusryhmä. (Turku AMK 2022a.)

Suomen pilottikohteet sijaitsevat Turun Länsikeskuksessa vilkkaan tiealueen läheisyydessä sekä Liedon Avantin teollisuusalueella, joihin Turun ammattikorkeakoulun tutkimusryhmä on rakentanut biosuodatusrakenteet veden laadun seuraamiseksi. Biosuodatusrakenteet koostuvat suodatusmassasta sekä kasvillisuudesta, jotka puhdistavat hulevesiä ennen niiden päätymistä kaupunkipuroihin ja edelleen Itämereen. (Turku AMK 2022b.)

Liedon ja Turun biosuodatusrakenteiden toiminnasta on saatu varsin lupaavia tuloksia. Esimerkiksi hulevesiin raskasmetallipitoisuuksina sitoutuvat liikenteen päästöt olivat biosuodatusrakenteisiin tulevassa vedessä monessa näytteenotossa koholla, mutta lähtevässä vedessä pitoisuudet olivat laskeneet jopa viidesosaan. (Turku AMK 2022b.)

CleanStormWater-hankkeeseen tutustutaan tarkemmin tämän opinnäytetyön seuraavissa luvuissa.

3 Hulevesijärjestelmän suunnittelu

3.1 Yleistä suunnittelusta

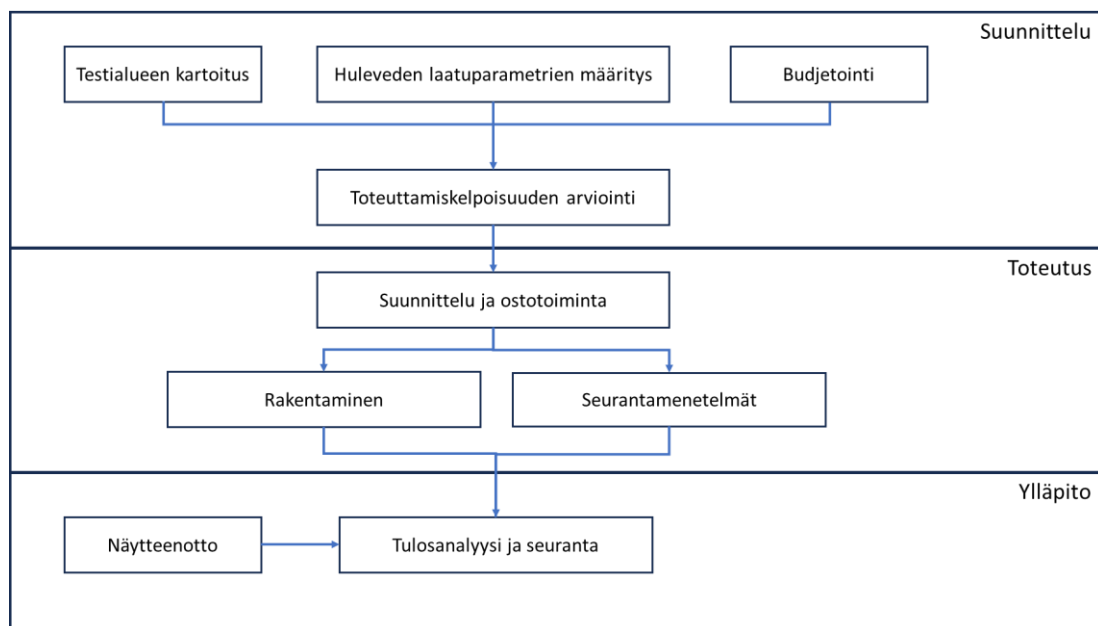
Hulevesien hallintaan kiinnitetään tänä päivänä yhä enemmän huomiota. Jo rakennetuilla kaupunkialueilla hulevesien hallinta nojaa edelleen pitkälti hulevesiviemärointiin, koska vettä läpäisemätöntä materiaalia kuten asfalttia tai betonia on runsaasti. Tiiviiseen asemakaavaan on myös vaikea mahduttaa esimerkiksi imeyttämisen- tai viivyttämismenetelmin toteutettuja luontopohjaisia ratkaisuja. Uusilla suunnitelluilla asuma-alueilla ei kuitenkaan ole tätä rajoitetta, vaan hulevesiolosuhteet voidaan ottaa huomioon kaikessa rakentamisen suunnittelussa, yleiskaavoista rakennuslupiin, alusta alkaen, jotta hulevedet eivät muodostuisi ongelmaksi rankkasateiden aikaan.

Monella kaupungilla on laadittuna oma hulevesiohjelma tai -strategia. Esimerkiksi Turun kaupungin hulevesiohjelma nostaa esiin tiivistyvän kaupunkirakenteen sekä ilmastonmuutoksen mukanaan tuomat äärisääilmiöt, jotka tulee huomioida hulevesien asianmukaisessa hallinnassa ja suunnittelutoiminnassa. Myös maankäyttö- ja rakennuslain sekä vesihuoltolain uudistukset tuovat painetta konkreettiseen suunnitteluun. Turun hulevesiohjelmassa esitetään tavoitteet, niiden toteutuksesta vastuussa olevat hallintoelimet, aikataulu ja rahoitus. (Turun kaupunki 2016.)

Luontopohjaisten ratkaisujen kustannusvaikutuksista on toistaiseksi vähän tietoa. Joissakin tutkimuksissa, joissa on tarkasteltu esimerkiksi pilaantuneen maan ennallistamista ja haitallisten vaikutusten lieventämistä, viherrakenteen hyödyntämistä ravinnekuorman hallinnassa, hulevesien imeyttämistä, tulvasuojelua ja veden puhdistusta, on todettu luontopohjaisten ratkaisujen kustannustehokkuuden olevan pitkällä aikavälillä tavanomaisia teknisiä ratkaisuja parempi. Kustannustehokkuutta arvioitaessa tulisi huomioida myös viherrakenteiden tuottamat virkistys- ja terveyshyödyt sekä taloudelliset vaikutukset. (Vikström ym. 2019, 16.)

3.2 CleanStormWater-hankkeen suunnitteluvaihe

Kuvassa 1 on esitetty CleanStormWater-hankkeessa noudatettu hulevesien käsittelyjärjestelmän toteutusprosessi. Prosessin toiminnot on jaettu kolmeen päävaiheeseen: suunnitteluvaihe, toteutusvaihe ja ylläpitovaihe. Tässä luvussa keskitytään ensimmäiseen vaiheeseen eli suunnitteluosuuteen. Toteutus- ja ylläpitovaiheiden pääasiallinen sisältö on esitelty luvuissa 4 ja 5.



Kuva 1. Hulevesien käsittelyjärjestelmän toteutusprosessin vaiheet (CleanStormWater 2022, 2).

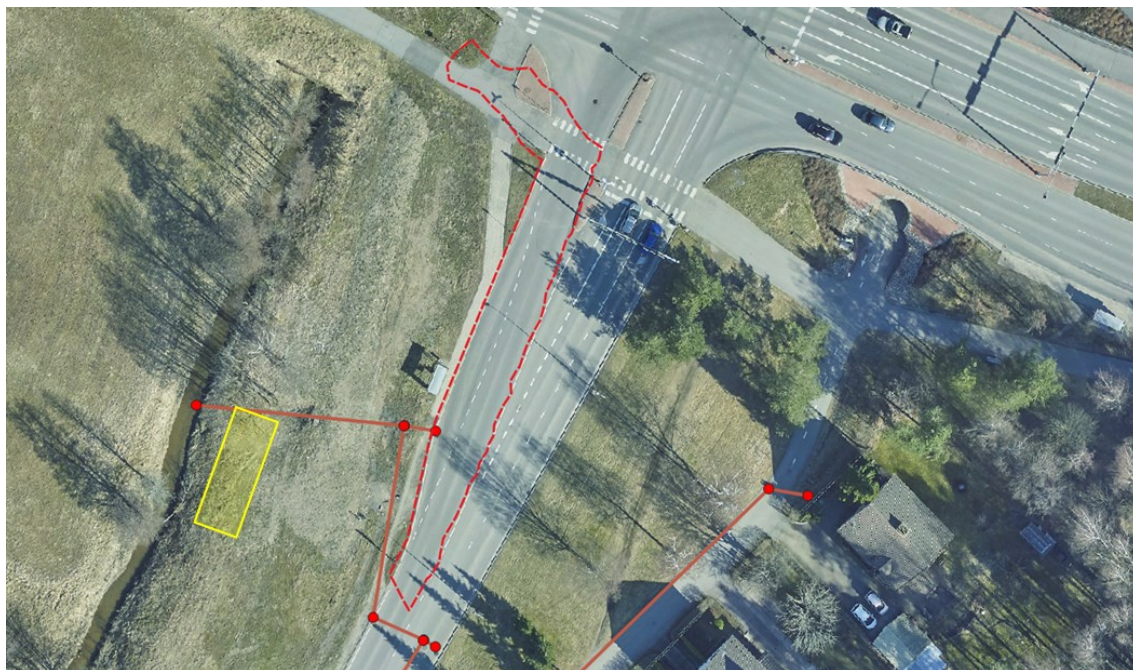
Suunnitteluvaihe voidaan jakaa neljään osavaiheeseen: testialueen kartoitus, huleveden laatuparametrien määrittäminen, budjetointi sekä toteuttamiskelpoisuuden arviointi.

3.2.1 Testialueen kartoitus

Luontopohjaisen hulevesijärjestelmän toteutuksessa ensimmäinen vaihe on sopivan paikan löytäminen. Turun ja Liedon pilottikohteiden sijainteja mietittäessä kiinnitettiin erityistä huomiota tiettyihin seikkoihin. Alueella tulisi olla joko teollista toimintaa tai sen tulisi sijaita vilkkaasti liikenneöityjen teiden

läheisyydessä, koska hulevesien laadun ja puhdistustoimenpiteiden vaikutusten tarkkailu olisi näin helpompaa. Alueen tuli olla riittävän kokoinen, jotta sille pystyttäisiin rakentamaan luontopohjainen hulevesijärjestelmä. Lisäksi suunnittelu- ja rakennustöitä helpottaisi, mikäli alue olisi kunnan omistuksessa. (CleanStormWater 2022, 5.)

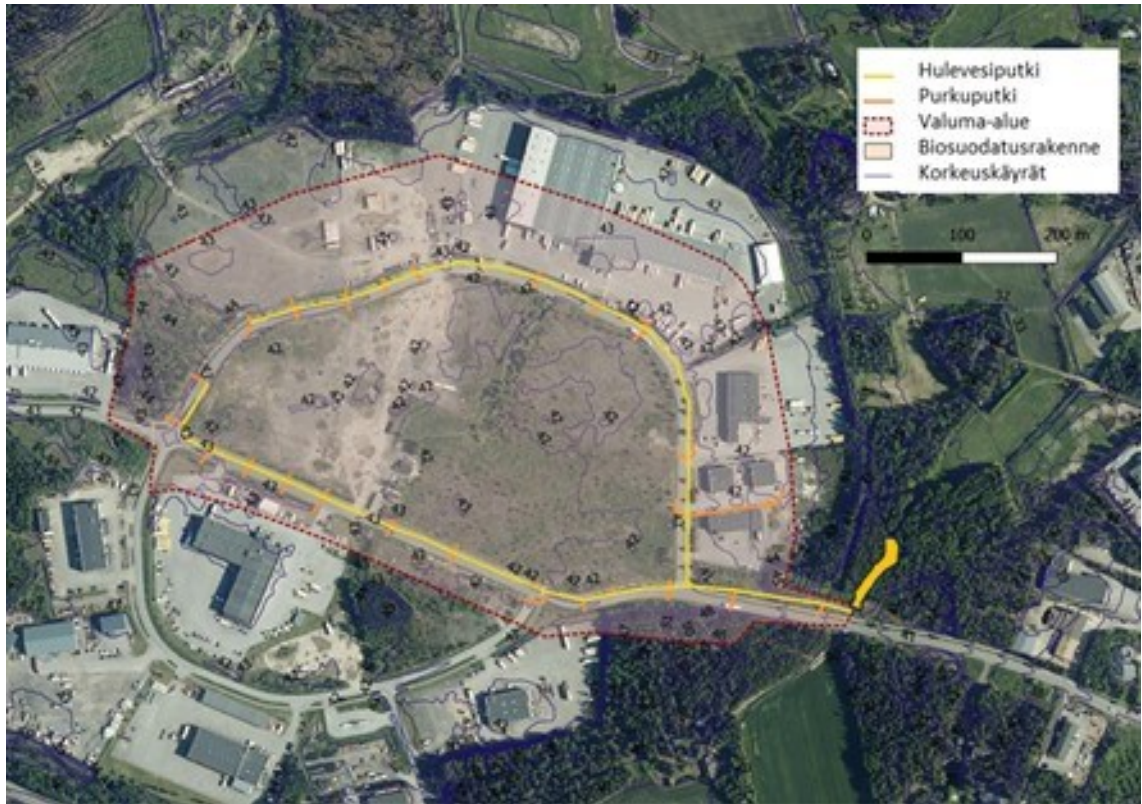
Turussa kohdealueeksi valikoitui Länsikeskus, jossa vilkkaasti liikennöityjen Satakunnantien ja Suikkilantien risteysalue tarjosi hyvän testikentän (Kuva 2). Kuvaan on merkitty valuma-alue pinta-alaltaan noin 550 m² (punainen katkoviiva), kadun hulevesien purkuputket ja kaivot (punainen yhtenäinen viiva ja pisteet) sekä suunnitellun biosuodatusrakenteen sijainti (keltainen laatikko). Biosuodatusaltaasta puhdistunut hulevesi johdettaisiin läheiseen Kuninkojaan.



Kuva 2. Turun Länsikeskuksen pilottikohde.

Liedossa kohdealueeksi valikoitui Avantin teollisuusalue (Kuva 3). Valuma-alue (punainen katkoviiva) on varsin laaja, noin 24 hehtaaria. Hulevesi suunniteltiin johdettavan alueelta viemäreitä ja avo-ojaa pitkin biosuodatusrakenteeseen, joka sijaitsee hieman teollisuusalueen ulkopuolella metsäisellä alueella (keltainen laatikko). Alueen laajuuden takia biosuodatusrakenteeseen

suunniteltiin ohjattavan vain osa alueen hulevesistä munkkikaivolla, jolloin rakenteeseen saataisiin pääasiallisesti sadetapahtumien aikaisia vesiä.



Kuva 3. Liedon Avantin pilottikohde, alkuperäinen suunniteltu sijainti.

3.2.2 Huleveden laatuparametrien määrittäminen

Ennen lopullista hulevesien käsittelymenetelmän valintaa kerättiin sekä Turun että Liedon pilottikohteilla vesinäytteitä. Näytteistä mitattiin muun muassa sameus, TSS (Total suspended solids, suspendoituneiden kiintoaineiden kokonaismäärä), sähkönjohtavuus, pH sekä analysoitiin joitakin kemiallisia parametrejä kuten kokonaistyyppi (N_{tot}), kokonaisfosfori (P_{tot}) sekä fosfaattifosfori (PO₄). Myös näytteiden sisältämät raskasmetallit kuten kadmium (Cd), kromi (Cr), kupari (Cu), lyijy (Pb), nikkeli (Ni), sinkki (Zn) ja elohopea (Hg) mitattiin. Sekä Turun Länsikeskuksen että Liedon Avantin näytteissä havaittiin kohonneita kiintoaine-, fosfori- ja raskasmetallipitoisuuksia, erityisesti sinkkiä. (CleanStormWater 2022, 8.)

Suomen lainsäädännössä ei ole raja-arvoja hulevesien pitoisuuksille. Valtioneuvoston asetus vesiympäristölle vaarallisista ja haitallisista aineista määrittää laatustandardit pintavesistöille ja rannikkoalueille, mutta nämä eivät koske suoraan hulevettä tai pienempiä vesistöjä kuten puroja ja oja. (CleanStormWater 2022, 9.)

3.2.3 Budjetointi

Rakentamis- ja ylläpitokustannukset määrittävät pitkälti hulevesien käsittelyratkaisun valinnan. Koska CleanStormWater-hankkeessa oli tavoitteena kerätä uutta tietoa luontopohjaisten ratkaisujen tehokkuudesta, poikkeavat Turun ja Liedon tutkimushankkeet sekä rakenteellisesti että kustannusten osalta pelkästään tätä tarkoitusta varten rakennetuista järjestelmistä. (CleanStormWater 2022, 11.)

Sekä Turun että Liedon pilottikohteet rahoitettiin kokonaan CleanStormWater-hankkeen budjetista. Turun ammattikorkeakoulun projektihenkilöstö suoritti pilottityömaakartoituksen, virtauslaskelmat sekä suunnittelu- ja asennustehtävät. Tällaiset projektikustannukset eivät ole verrattavissa samojen palvelujen markkinahintoihin. Turun ja Liedon biosuodatusaltaiden muut toteutuneet rakennuskustannukset on esitetty seuraavassa taulukossa. (CleanStormWater 2022, 11.)

Taulukko 2. Toteutuneet rakennuskustannukset Turun ja Liedon pilottikohteissa (CleanStormWater 2022, 11).

Rakennuskustannukset	Turku, Länsikeskus (€)	Lieto, Avanti (€)
Konetyö	6300	5300
Putket, osat, työkalut	3700	6300
Maa-aines	1600	7000
Kasvillisuus	400	1100
Yhteensä	12000	19700

Rakennuskustannusten lisäksi Liedon pilottikohteessa käytettyjen jatkuvatoimisten virtaus- ja vedenlaatuantureiden hankintakustannuksen arvioidaan olevan noin 50 000 € luokkaa. Lisäkustannuksia aiheutuu myös anturien ylläpidosta ja kalibroinnista. (CleanStormWater 2022, 11.)

3.2.4 Toteuttamiskelpoisuuden arviointi

CleanStormWater-hankkeessa tutkittiin huleveden laatuun ja määrään vaikuttavien teknisten ratkaisujen ja reaaliaikaisten valvontajärjestelmien toteuttamiskelpoisuutta. Kussakin projektiin osallistuneessa pilottikohteessa valitut ratkaisut määräytyivät valuma-alueen ominaisuuksien kuten koon ja maankäytön perusteella. (CleanStormWater 2022, 13.)

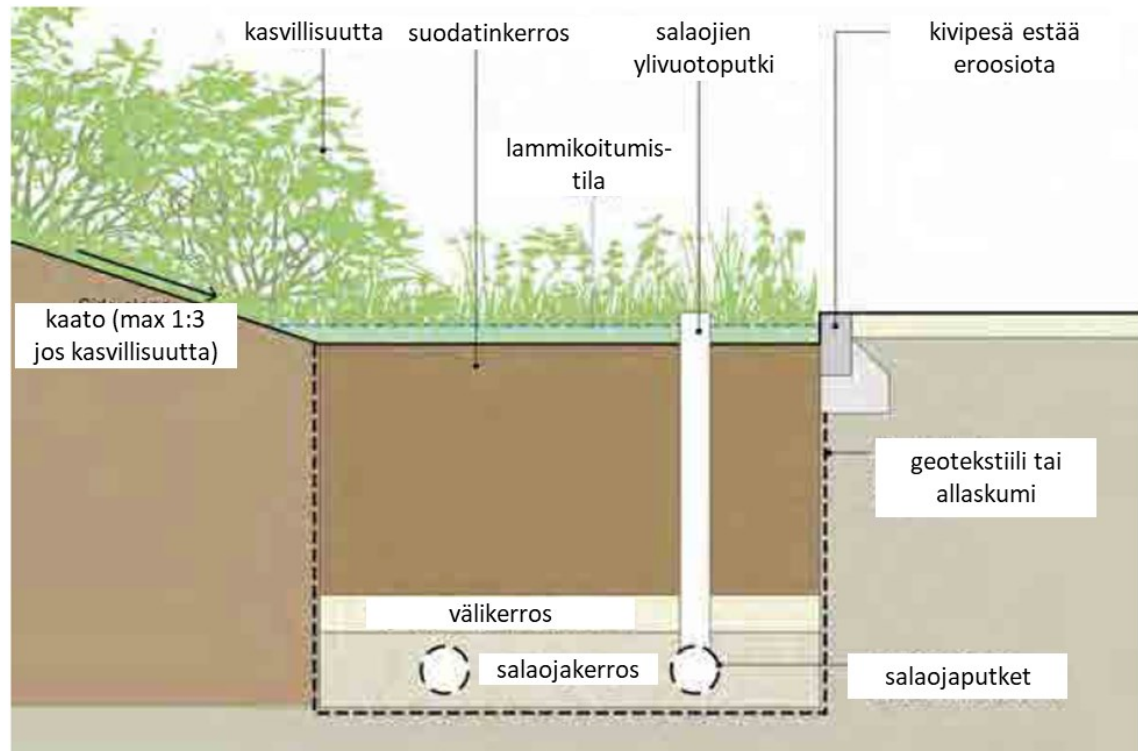
Luontopohjaisten hulevesien käsittelyratkaisujen tutkimus ja kehittäminen on tärkeää, sillä monilla toimijoilla ei ole kokemusta ja tietoa järjestelmien käytännön toteutuksesta. Hulevesien suodatusmenetelmiä pidetään lupaavina, sillä ne helpottavat sekä hulevesien määrän että laatuparametrien hallinnassa. Suodatusrakenteet pidättävät lisäksi kiintoaineita ja raskasmetalleja, joita esiintyy tyypillisesti vilkkaasti liikennöityjen alueiden hulevesissä. (CleanStormWater 2022, 14.)

4 Hulevesijärjestelmän rakentaminen

4.1 Yleistä biosuodatusrakenteista

Biosuodatusrakenteet toimivat huleveden laadullisena ja määrällisenä käsittelijänä. Ne on tarkoitettu lähinnä paikalliseen hulevesien käsittelyyn kaupunkialueilla. Biosuodatusrakenteen koon määrittävät valuma-alueen pinta-ala sekä käsiteltävien valumavesien määrä. Tavallisesti biosuodatusrakenteen koko on 2–5 % valuma-alueen koosta. (Kirjokivi & Haapea 2018.)

Biosuodatuksessa hulevedet johdatetaan maakerrosten läpi. Erilaiset biologiset, kemialliset ja mekaaniset prosessit poistavat hulevedestä haitta-aineita sen kulkeutuessa suodattimen rakenteiden läpi. Myös pintakasvillisuus osallistuu tähän puhdistusprosessiin. (Kirjokivi & Haapea 2018.) Alla on esitetty poikkileikkauskuvaa tyypillisestä biosuodatusrakenteesta ja sen rakennekerroksista (Kuva 4 **Virhe. Viitteen lähde ei löytynyt.**).



Kuva 4. Yleiskuva biosuodatusrakenteesta (Woods Ballard ym. 2015, 334).

Biosuodatusrakenne koostuu tavallisesti kasvillisuuskerroksesta, suodatinkerroksesta, väli- eli siirtymäkerroksesta sekä salaojakerroksesta. Ylimpänä rakenteessa on kasvillisuuskerros, joka pidättää hulevedessä olevia ravinteita sekä raskasmetalleja ja muokkaa samalla maaperää kuohkeammaksi parantaen maaperässä olevien mikrobien olosuhteita. Kasvillisuuden tulee kestää erilaisia sääolosuhteita kuten kuivuutta ja kosteutta. (Kirjokivi & Haapea 2018.)

Suodatinkerroksen materiaalin tulee olla hyvin vettä läpäisevää, jotta se toimisi sekä viivyttävänä elementtinä että hyvänä kasvualustana. Kylmissä oloissa veden täytyy imeytyä riittävän nopeasti kerroksen läpi, jotta rakenne ei jäädy ja umpeudu. Suodatinkerroksen materiaaliksi käy esimerkiksi saven ja hiekan muodostama sekoitus eli siltti tai sopivasti vettä läpäisevä ja bioaktiivinen sekoitamaa. (Kirjokivi & Haapea 2018.)

Kaksi alinta kerrosta eli välikerros ja salaojakerros toimivat lähinnä suotautuneen veden varastokerroksina ennen niiden imeytymistä maaperään tai johdattamista salaojaputkilla pois suodatusrakenteesta. Niiden materiaaleilla ei ole merkittäviä erityisvaatimuksia, kunhan raekoko on riittävä tukkeutumisen välttämiseksi. Sepelin käyttö alimmassa kerroksessa edesauttaa typenpoistoa hulevedestä. (Kirjokivi & Haapea 2018.)

4.2 CleanStormWater-hankkeen toteutusvaihe

Hulevesien käsittelyjärjestelmien toteutusvaihe jaettiin CleanStormWater-hankkeessa kolmeen osavaiheeseen: suunnittelu ja ostotoiminta, rakentaminen sekä seurantamenetelmät.

4.2.1 Suunnittelu ja ostotoiminta

Valuma-alueen pinta-ala määrittää pitkälti biosuodatusaltaan koon. Kirjokivi ja Haapea (2018) suosittavat biosuodatusrakenteen kooksi 5 % valuma-alueen pinta-alasta. Ruotsissa hulevesien käsittelyjärjestelmille on käytössä standardi,

että kaikissa hulevesirakennelmissa tulee olla riittävästi kapasiteettia käsittelemään 20 mm vuorokautinen sademäärä, mikä parhaassa tapauksessa voi vähentää hulevesien haitta-ainekuormitusta jopa 70–80 prosenttia (Stockholm Vatten och Avfall 2016, 4). Neliometriä kohti 20 mm sademäärä tarkoittaa 20 litran tilavuutta. Lasketut lukemat on esitetty seuraavassa taulukossa (Taulukko 3 Taulukko 1).

Taulukko 3. Pilottikohteiden laskennalliset koot ja vesimäärät.

	Turku	Lieto
Valuma-alueen pinta-ala	550 m ²	24 ha = 240000 m ²
Huleveden määrä valuma-alueella	11 m ³	4800 m ³
Biosuodatusaltaan pinta-ala (5 %)	27,5 m ²	12000 m ²
Huleveden määrä suodatinaltaassa	0,55 m ³	240 m ³

Hulevesirakenteiden suunnittelussa tulee huomioida valuma-alueen ominaisuuksien (topografia, maaperä, kasvillisuus, pohjavesialueet) lisäksi alueella jo oleva ja sille suunniteltu maankäyttö kuten kadut, viemärit, avo-ojat ja siltarakenteet. Myös alueen hydrologinen mitoitus eli hulevesien virtaamien määrittäminen riittävän pitkältä ajanjaksolta on tärkeä osa suunnitteluprosessia. (CleanStormWater 2022, 14.)

Turun ja Liedon pilottikohteiden valuma-alueiden analyysit sekä virtausarviot tehtiin QGIS-suunnitteluohjelmalla. Yksityiskohtaiset virtausmittaukset suoritettiin Avantin pilottikohteen virtausmittarilla. Molempien pilottikohteiden lopulliset rakennepiirustukset tehtiin AutoCAD-suunnitteluohjelmistolla. (CleanStormWater 2022, 15.)

Suunnitteluvaiheessa haasteita

Projektin edetessä pilottirakenteiden suunnittelua jouduttiin hieman muuttamaan kohteista saatujen tietojen päivittyessä. Joidenkin putkilinjojen ja kaapeleiden sijainnit sekä pohjavesiolosuhteet estivät alun perin suunniteltujen alueiden käytön ja aiheuttivat suunnitelmiin pieniä muutostarpeita. Esimerkiksi Liedon

pilottikohteessa löytynyt paineellinen pohjavesi aiheutti tarvetta pienille muutoksille järjestelmän rakenteessa. (CleanStormWater 2022, 15.)

Hankinnan huolellinen suunnittelu ja toteutus pienentävät projektin kustannuksia, lisäävät läpinäkyvyyttä, parantavat yleistä suunnittelua sekä auttavat strategioiden laadinnassa (CleanStormWater 2022, 16).

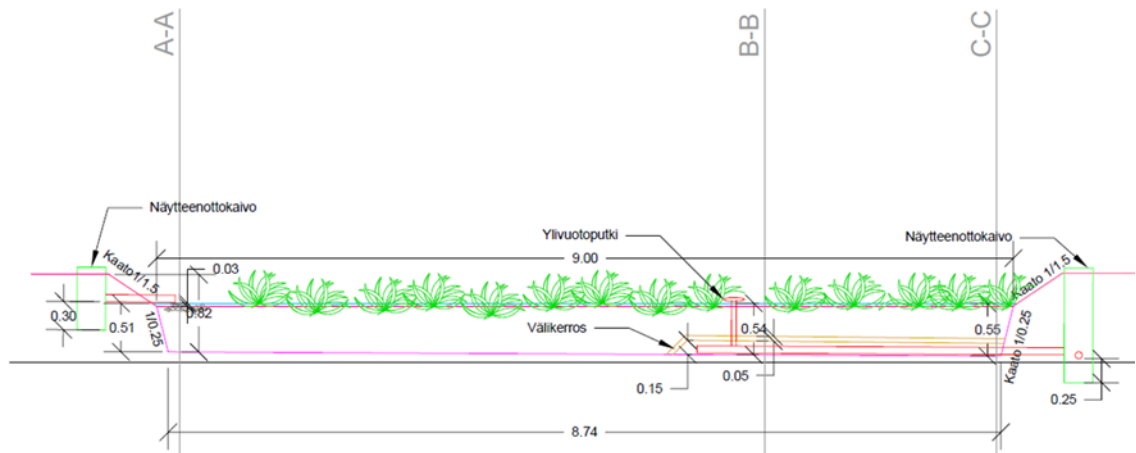
Turun ja Liedon pilottikohteiden rakennustöiden tarjouspyynnöt toteutettiin kansallisen hankintalainsäädännön mukaisesti. Tarjouspyyntöihin ja sopimusten tekoon kannattaa yleensä varata aikaa 1–3 kuukautta. Tässä projektissa tarjouskierros jouduttiin toistamaan muutamaan kertaan, koska vastaanotetut tarjoukset eivät vastanneet annettuja ehtoja. Kun tarjouspyynnössä laitteet ja rakennusmateriaalit oli erotettu itse rakennustyöstä, päästiin lopulta sopimusten allekirjoitusvaiheeseen. (CleanStormWater 2022, 16.)

4.2.2 Rakentaminen

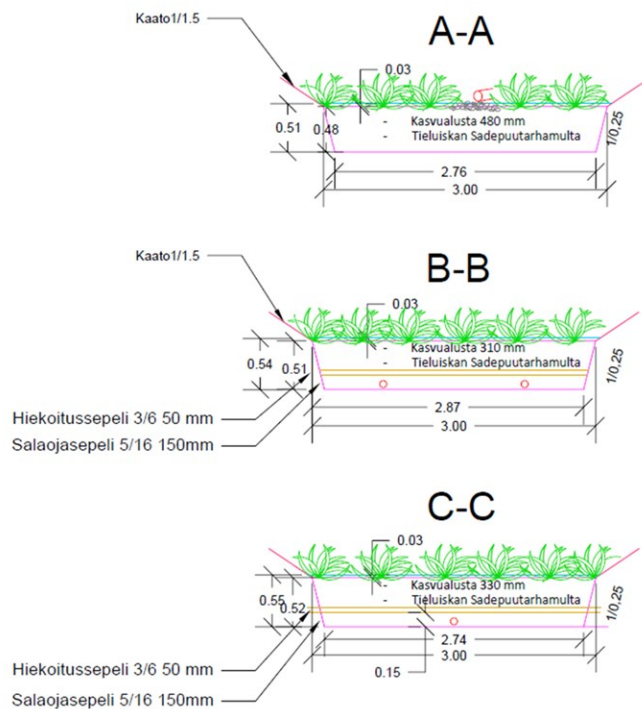
Turun Länsikeskuksen pilottikohteen rakentaminen ajoittui loppuvuoteen 2021. Biosuodatusrakenteelle varattu kaivanto vuorattiin ensiksi allaskumilla, jonka tarkoitus oli estää suodattamattoman huleveden päätyminen pohjaveteen, ja sen päälle asennettiin geotekstiili. Alimpaan kerrokseen eli salaojakerrokseen asennettiin salaojaputket, joiden päälle levitettiin keskimäärin 150 mm paksuinen karkeampi salaojasepeli (raekoko 5/16). Salaojakerroksen ja suodatinkerroksen väliin levitettiin hienojakoisempi keskimäärin 50 mm paksuinen välikerros (raekoko 3/6). Sorakerrosten päälle lisättiin kasvualustaksi paksuudeltaan 30–50 cm puutarhamultakerros. Kun biosuodatusrakenne oli valmis, viimeisteltiin tuloputken ja ylivuotorakenteiden ympäristö eroosiolta suojaavilla kivipesillä. Kivipesien toinen tarkoitus on jakaa hulevesi tasaisesti suodattimen pinnalle.

Alla on esitetty Turun Länsikeskuksen biosuodatusrakenteen pituusleikkaus (Kuva 5) ja poikkileikkaus (Kuva 6) mittoineen. Suikkilantieltä tuleva huleveden purkuputki on johdettu tulopään (A-A) näytteenottokaivoon ja edelleen varsinaiseen biosuodatusrakenteeseen. Suodattunut hulevesi johdetaan

lähtöpään (C-C) näytteenotto-kaivon kautta läheiseen Kuninkojaan. Kuviin on piirretty myös salaojaputket (punainen) ja niihin liitetyt ylivuotokaivot, joiden tarkoituksena on suodatusongelmien ilmetessä esimerkiksi rankkasateella tai pakkasella johtaa suunnitellun lammikoitumistilavuuden ylittävä hulevesi biosuodattimen pinnalta poistoputkeen.



Kuva 5. Länsikeskuksen biosuodatusrakenne, pituusleikkaus.



Kuva 6. Länsikeskuksen biosuodatusrakenne, poikkileikkaus.



Kuva 7. Länsikeskuksen biosuodatusrakenne ennen maisemointia ja kasvillisuusistutuksia.

Liedon Avantin teollisuusalueen biosuodatusallas toteutettiin vastaavalla tavalla kuin edellä kuvattu Länsikeskuksen biosuodatusrakenne, joten sitä ei tässä työssä erikseen esitellä.



Kuva 8. Avantin biosuodatusrakenne ennen kasvillisuuden istuttamista.

Haasteita rakennusvaiheessa

Hulevesien käsittelyratkaisujen rakentamisen aikana tarvitaan monen alan ammattilaisia. Onnistuneen projektin läpiviemiseksi tarvitaan erityisosaamisen lisäksi johtamistaitoja, projektinhallintakokemusta, realistisia aikatauluja, budjetointikokemusta sekä tehokasta viestintää eri sidosryhmien välillä. (CleanStormWater 2022, 17.)

Koska rakentamisen aikana harvoin välttyään yllätyksiltä, kohdattiin myös Turun ja Liedon pilottikohteissa monenlaisia rakentamiseen ja tiedonkulkuun liittyviä haasteita, joiden pohjalta laadittiin parannusehdotuksia tulevia projekteja varten. Rakennustyömaalle tulee tehdä perusteellinen taustatutkimus, jossa selvitetään pohjaveden tila, maanalaisten kaapelien ja putkistojen sijainti sekä maaperän laatu. Kaapelit ja putkistot voivat aiheuttaa rajoituksia maankäytölle ja raskaiden kaivinkoneiden kulkureiteille. (CleanStormWater 2022, 18.)

Työskentelyolot vaativat myös erityistä huomiota. Rakentamista tulee välttää poikkeavissa sääolosuhteissa kuten pakkasella tai rankkasateessa. Lisäksi kuivien rakennusolosuhteiden varmistamiseksi on suositeltavaa ohjata vedet kiertoreittiä kohteen ohitse tai mahdollisesti rakentaa väliaikainen pato. (CleanStormWater 2022, 18.)

Koska monella rakennusurakoitsijalla on toistaiseksi vähäinen kokemus luontopohjaisista hulevesirakenteista, tulee piirustusten olla riittävän selkeitä ja yksityiskohtaisia. Työmaa-alueeseen tulee tutustua yhdessä rakennusurakoitsijan kanssa ennen rakennusvaiheen alkua. Suunniteltavien hulevesirakenteiden toimintaperiaatteet tulee esitellä rakennusurakoitsijalle, sillä rakentamisen aikana saattaa tapahtua nopeaa reagointia vaativia asioita, jotka vaativat jopa muutoksia suunnitelmiin. Ainakin yhden suunnittelutiimin jäsenistä tulisi olla työmaalla rakennusprojektin alussa. Projektille nimetyn rakennusvalvojan tulee olla työmaalla koko ajan. (CleanStormWater 2022, 22.)

4.2.3 Seurantamenetelmät

Hulevesijärjestelmän suorituskyvyn ymmärtäminen ja seuranta on avainasemassa hulevesien laadun tarkkailemisessa. Parhaiten tämä voidaan saavuttaa sähköisillä jatkuvatoimisilla antureilla, jotka mittavat veden virtausta ja laatua reaaliajassa. Turun ammattikorkeakoulun yhtenä valintakriteerinä virtausantureille oli yhteensopivuus Vesi- ja ympäristötekniikan tutkimusryhmän olemassa olevien laitteistojen kanssa. Antureiden luotettavuus kenttäolosuhteissa sekä niiden yleisyys muualla Suomessa vaikuttivat myös valintaan. (CleanStormWater 2022, 23.)

Sekä Turun että Liedon biosuodatusrakenteet on varustettu veden virtaaman seurantalaitteilla. Turun pilottikohteessa vedenlaadun seuranta toteutettiin vesinäyttein, kun taas Liedossa päädyttiin jatkuvatoimiseen mittaukseen. Olemassa oleva hulevesiviemäriin purkupuutkimus liitettiin biosuodatusaltaan tulopuolella näytteenottokaivoon, joka sisälsi v-padon sekä siihen liitetyn paineanturin tulovirtaaman mittauksiin. Rankkasateella hulevesiviemärien tulviminen tai roskaantuminen ylivuodon seurauksena saattaa aiheuttaa virheitä purkumittauksessa, jolloin näyte ei ole vertailukelpoinen. Tällaiset ylivuodot estivätkin ajoittain luotettavan vesinäytteenoton Turun pilottikohteessa.

Tulopuolen näytteenottokaivot on mitoitettu siten, että niihin on mahdollista asentaa vedenlaadun mittausturvit sekä mahdolliset näytekeräimet. Biosuodatusaltaan poistopuoli on varustettu vastaavalla näytteenottokaivolla. Paineanturiksi projektissa valikoitui Keller DCX-22VG (Kuva 9), jolla pystytään mittaamaan veden pinnankorkeus, paine ja lämpötila halutulla aikavälillä (tässä projektissa kaksi minuuttia). Paine- ja pinnankorkeustietojen avulla saadaan laskettua virtaama. DCX-22VG on akkukäyttöinen, joten minkäänlaista sähkökaapelointia ei tarvita. (Keller 2023)



Kuva 9. Paineanturin lähetinyksikkö ja näytteenottoaivo. Turku Länsikeskus.

Liedon pilottikohteessa on näytteenottoaivoon asennettu paineanturin lisäksi Xylem EXO3-moniparametrisondi (Kuva 10), jolla on mahdollista mitata myös veden lämpötila, sähkönjohtavuus, sameus ja pH (EXO Sondes 2020). Mittaus toteutetaan 10 minuutin välein.



Kuva 10. Moniparametrisondi ja näytteenottoaivo. Lieto Avanti.

Turun Länsikeskuksen pilottikohteessa näytteenotto toteutettiin kokoomanäytekeräimillä tulo- ja lähtöpään kaivoissa. Paineantureiden datan avulla saadaan koostettua virtaamapainotteiset kokoomanäytteet sadetapahtumista. Liedon Avantin pilottikohteessa näytteenotto toteutettiin puolestaan kertanäyttein. Moniparametrisondien datan ja näytteiden välille pyrittiin hakemaan korrelaatio, mutta tätä ei voitu vahvistaa liian pienen vesinäyttemäärän vuoksi.

5 Hulevesijärjestelmän seuranta

5.1 Yleistä vedenlaadun seurannasta

Termi vedenlaadun seuranta pitää sisällään sekä varsinaisen näytteenoton että veden ainesosien ja olosuhteiden tarkemman analysoinnin. Vedestä analysoitavat aineet voivat olla lähtöisin joko teollisuudesta (torjunta-aineet, metallit, öljy jne.) tai ne voivat esiintyä vedessä luonnostaan tai ihmisen toiminnan seurauksena (happi, bakteerit, ravinteet jne.). Vesiympäristöön kohdistuvien haittavaikutusten suuruuteen voivat vaikuttaa monet ominaisuudet kuten pH ja lämpötila. Esimerkiksi lämpötila vaikuttaa veden sisältämän liuenneen hapen määrään ja pH vaikuttaa ammoniakkin myrkyllisyyteen. (EPA n.d.)

Vedenlaadun seuranta voidaan hyödyntää moneen tarkoitukseen. Tiettyjen epäpuhtauksien tunnistamisen lisäksi aktiivisella seurannalla pystytään havaitsemaan äkilliset potentiaaliset saasteongelmat tai trendit eli pitkän ajanjakson kuluessa tapahtuva kehitys. (EPA n.d.)

Näytteenoton ja laboratorioanalyysien lisäksi hulevesien laadunseurannassa voidaan käyttää myös jatkuvatoimisia mittauslaitteita, joilla mitataan epäsuorasti vedenlaadun parametrejä kuten sameutta ja sähkönjohtokykyä. Tarkastelemalla epäsuorien parametrien ja haitta-aineiden välisiä korrelaatioita on mahdollista arvioida hulevesien haitta-ainekuormituksia jatkuvatoimisesti.

Biosuodatusrakenteissa epäsuorien mittausten käyttö ei välttämättä ole kuitenkaan mielekästä, sillä korrelaatiotulokset eivät aina päde rakenteen läpi suotautuneelle vedelle. (Kerkkänen 2019, 22.)

5.2 CleanStormWater-hankkeen ylläpitovaihe

Hulevesien käsittelyjärjestelmien ylläpitovaihe voidaan jakaa kahteen osavaiheeseen: näytteenoton suunnittelu sekä tulosten analysointi ja seurantavaihe.

5.2.1 Näytteenoton suunnittelu

Hulevesien laadun seuranta on haasteellista. Kyseessä ei ole jatkuva virtaus, vaan virtaama riippuu sateista, sateiden voimakkuudesta sekä lumen sulamisesta valuma-alueella. Näytteenottoaikataulua suunniteltaessa onkin tärkeää tuntea sekä alue että virtaama. Aluetta tulee tarkkailla sadetapahtuman aikana, jotta kaikki mahdolliset purkauskanavat olisivat näkyvillä.

(CleanStormWater 2022, 24.)

Näytteenoton aikataulu suunnitellaan yleensä neljännesvuosittain. Itse näytteenottotapahtumaan on laadittu joitain yleisiä ohjeita. Esimerkiksi tarkkailtavaa sadetapahtumaa tulee edeltää vähintään 24 tunnin sateeton ajanjakso. Näytteenotto tulee aloittaa 30 minuuttia sateen alkamisesta ja sen tulisi kestää kaksi tuntia. Lisäksi sateen voimakkuuden on oltava vähintään 0,1 tuumaa (2,54 mm) vuorokauden aikana. Talvikaudena näytteenoton tulee tapahtua lumien sulaessa, jolloin pyritään jäljittelemään sadetapahtuman vaatimuksia. (Washington State Department of Ecology 2002, 7.)

Seuraavaan taulukkoon on koottu suositeltuja näytteenoton parametrejä ja analyysirajoja.

Taulukko 4. Eri analyysieihin tarvittavat näytetilavuudet ja analyysin toteutuksen aikataulurajat (Svenskt Vatten Utveckling 2019, 45).

Parametri	Analyysiasia	Tilavuus	Näytteenotosta analyysiin
TSS	lasi, muovi, PTFE	150–1000 ml	48 h
Sameus	lasi, muovi, PTFE	70–150 ml	48 h
Metallit	lasi, muovi, PTFE	30–150 ml	48 h
Ravinteet	lasi, muovi	250–500 ml	24 h
TOC	lasi, muovi, PTFE	100–500 ml	mahdollisimman pian
PAH	lasi	500–1000 ml	mahdollisimman pian
pH	lasi, muovi, PTFE	50–70 ml	6 h
Johtavuus	lasi, muovi	50–70 ml	24 h
Alkalisuus	muovi, PTFE	70–500 ml	24 h

5.2.2 Tulosten analysointi ja seurantavaihe

Hulevesien käsittelyratkaisujen rakentamisen lisäksi on tärkeää arvioida niiden vaikutus valuntaan ja epäpuhtauksien suodattamiseen. Yksi CleanStormWater-projektin tavoitteista oli tutkia myös sähköisten seurantamenetelmien käyttökelpoisuutta arvioitaessa hulevesiratkaisujen tehokkuutta sekä vedenlaadun antureiden ylläpitoon liittyvät haasteet. (CleanStormWater 2022, 25.)

Turun ja Liedon pilottikohteiden virtausmittauksissa käytetään jatkuvatoimisia seurantamenetelmiä. Sen sijaan vedenlaadun seuranta on pilottikohteissa hoidettu eri tavalla. Turussa mittaus perustuu erillisiin vesinäytteisiin, jotka analysoidaan laboratoriossa. Liedossa mittaus toteutetaan jatkuvatoimisella vedenlaadun anturilla. Virtausmittauksissa käytetyille paineantureille on luotu purkautumiskäyrä, joka on kehitetty useiden paikan päällä kerättyjen virtaustapahtumien perusteella. (CleanStormWater 2022, 26.)

Biosuodatusrakenteiden vaikutus hulevesien laatuun

Biosuodatusrakenteiden tavoitteena on vähentää kiintoaineen, raskasmetallien ja ravinteiden kuormitusta. Se soveltuukin erittäin tehokkaasti partikkelimaisten ainesten pidättämiseen, kun taas liuenneiden ainesten suodattuminen on tutkimusten mukaan yleensä selvästi heikompaa ja vaihtelee paljon. (Kirjokivi & Haapea 2018.)

Ravinteista typen ja fosforin pidättymisessä on pintakerroksen kasvillisuudella merkittävä rooli. Väärin valitusta suodatinmateriaalista tai kuolleesta kasvillisuudesta voi liueta suuria määriä fosforia käsiteltävään veteen. Typen poisto biosuodatuksella on haasteellista sen monimutkaisen biogeokemiallisen kierron ja prosessien takia. Nitrifikaatiota voi tapahtua vain hapellisissa olosuhteissa sadetapahtumien välissä, kun suodattimet kuivuvat. Seuraava vaihe denitrifikaatio puolestaan edellyttää hapettomia oloja, joita voi esiintyä

suodattimessa, jos se pysyy vedellä kyllästyneenä pitkään. Denitrifikaatiossa nitraatti pelkistyy typpikaasuksi, joka haihtuu ilmaan. (Kasvio ym. 2016, 21.)

Liuenneiden ja partikkeleihin kiinnittyneiden raskasmetallien (kupari, sinkki, lyijy) puhdistuksessa biosuodatus on osoittautunut tehokkaaksi menetelmäksi. Seuraavaan taulukkoon on koottu hulevesissä tyypillisesti tavattavien haitta-aineiden pitoisuuksia ja biosuodatuksen kuormitusreduktio. (Kasvio ym. 2016, 21.)

Taulukko 5. Hulevesien tyypillisiä haitta-ainepitoisuuksia ja biosuodatuksen kuormitusreduktio (Kasvio ym. 2016, 21).

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

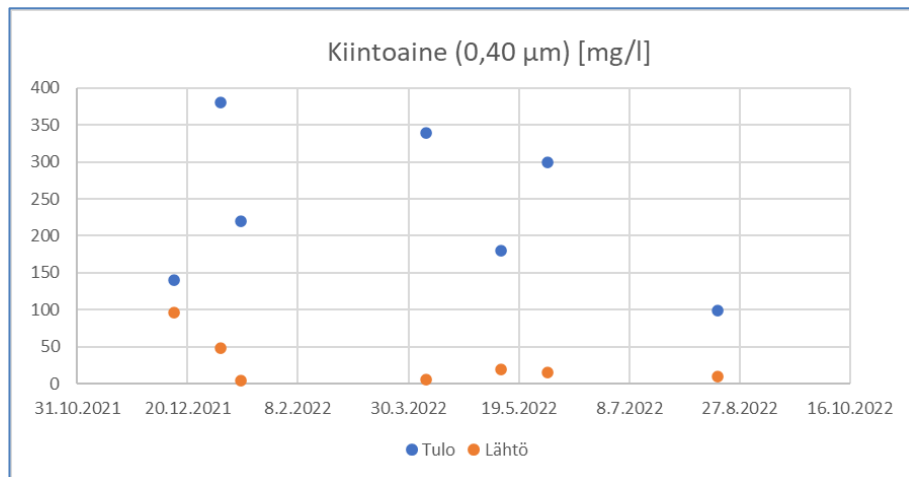
Vedenlaadun mittalaitteisiin kuuluu sameusantureita, joilla voidaan seurata kiintoaineiden pitoisuuksia. Yhdessä virtausmittausten kanssa on mahdollista laskea eri aineiden keskipitoisuudet vedessä sekä kokonaiskuormitus. (CleanStormWater 2022, 28.)

Liedossa käytössä olevassa vedenlaatumittarissa on sisäinen puhdistusjärjestelmä, joka puhdistaa anturipäät ennen jokaista mittausta. Anturit tarvitsevat kuitenkin viikoittaisen manuaalisen puhdistuksen. Mittaustiedot ladataan varmuuskopiointia varten kahden kuukauden välein ja ne on tallennettu Turun ammattikorkeakoulun pilvipalveluun. Paineanturien

huoltotarve on pienempi, tavallisesti pari huoltokertaa vuodessa riittää.
(CleanStormWater 2022, 29.)

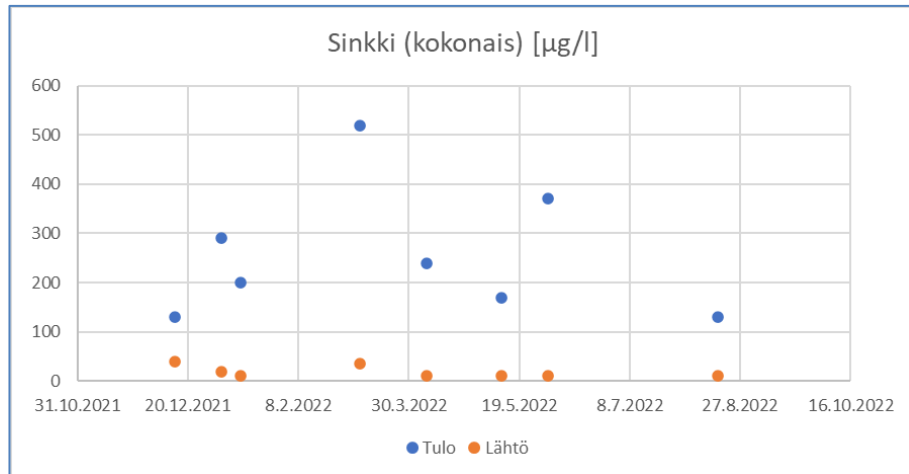
Seuraaviin kuviin on koottu esimerkkejä Turun Länsikeskuksen biosuodatusrakenteen suodatustuloksista kahdeksan kuukauden ajalta. Kuvissa on esitetty tulo- ja lähtöpuolen näytteenottoaivoista otetut vesinäytteet, joiden parametrit on analysoitu laboratoriossa.

Kiintoaineen määrä väheni biosuodatuksen ansiosta parhaassa tapauksessa jopa 99 prosenttia (Kuva 11). Ensimmäisen näytteen (14.12.2021) suhteellisen vaatimaton kuormitusvähenemä on seurausta siitä, että uuden rakenteen käyttöönoton jälkeen suodatinmateriaali tarvitsee tietyn ajan toimintansa stabiloimiseksi (Kasvio ym. 2016, 21).



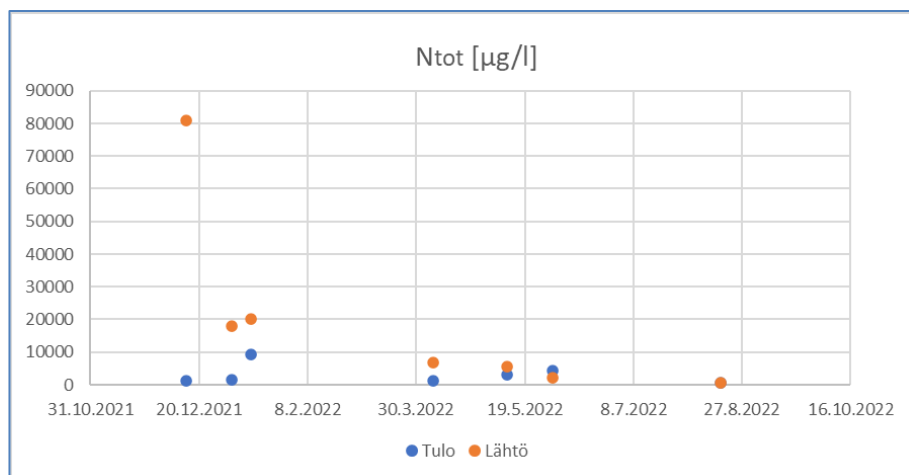
Kuva 11. Kiintoainepitoisuus. Turku Länsikeskus.

Raskasmetalleista esimerkiksi on otettu sinkki (Kuva 12), jonka pitoisuus pieneni parhaimmillaan 95 prosenttia.



Kuva 12. Raskasmetallit, esimerkkinä sinkki. Turku Länsikeskus.

Ravinteista sekä typen (Kuva 13) että fosforin pitoisuuksissa ei vastaavaa trendiä ole havaittavissa. Olosuhteitten mukaan typpeä saattoi sitoutua suodattimeen tai sitä saattoi vapautua järjestelmästä. Esimerkiksi denitrifikaation epäonnistuminen saattaa johtaa nitraatin kertymiseen suodattimeen ja nitraattihuuhtoutumien kasvuun seuraavien sateiden aikana (Kasvio ym. 2016, 21).



Kuva 13. Ravinnepitoisuus, esimerkkinä kokonaistyppi. Turku Länsikeskus.

6 Loppupäätelmiä

Kaupungistuminen ja sen mukanaan tuoma rakennettujen ja läpäisemättömien pintojen lisääntyminen muodostaa hulevesien hallinnasta yhä tärkeämmän haasteen yhteiskunnallemme. Ilmastonmuutos ja sen aikaansaama vuotuisten sademäärien lisääntyminen kasvattaa tulvien ja ylivirtaamien aiheuttamia sortumariskejä. Tämä nopeuttaa eroosiota ja vaikuttaa myös alueen elinympäristöön ja eliöihin. Toisaalta, kun vettä ei imeydy maaperään ja edelleen pohjaveteen riittävästi, pohjaveden pinnankorkeus alenee, mikä saattaa aiheuttaa kuivan kauden aikana jopa veden säännöstelyä.

Hulevesiviemäriin ohjattu käsittelemätön sadevesi voi kuljettaa vaarallisia tai haitallisia aineita kuten raskasmetalleja kaupunkiympäristöistä jokiin, järviin ja meriin ja on siten merkittävä riski veden laadulle ja ekosysteemille. Tämä edistää myös leväkukintoja sekä aiheuttaa rehevöitymistä. Toisaalta huleveden johtaminen sekaviemäriin ja edelleen jäteveden käsittelyyn voi vaikuttaa jäteveden puhdistuksen tehokkuuteen tai kapasiteetin ylitykseen.

Hulevesien hallinnassa käytettyihin rakennettuihin ratkaisuihin kuten hulevesiviemäriin verrattuna luontopohjaisilla ratkaisuilla, esimerkiksi viherrakentamisella tai biosuodatusrakenteilla, pyritään viivyttämään huleveden kulkua ja suodattamaan epäpuhtauksia orgaanisessa maakerroksessa mahdollisimman lähellä niiden syntypaikkaa, minkä vuoksi luonnonvesiin palautuva hulevesi on huomattavasti puhtaampaa.

Vuosina 2020–2022 toteutetun CleanStormWater-hankkeen Turun ammattikorkeakoulun pilottikohteet sijaitsevat Liedon ja Turun alueilla. Tässä opinnäytetyössä tarkasteltiin lähemmin Turun Länsikeskuksen biosuodatusrakennetta ja sen toimintaa. Länsikeskuksen pilottikohteessa kiintoaineen määrä väheni biosuodatuksen ansiosta parhaassa tapauksessa jopa 99 prosenttia. Raskasmetalleista esimerkiksi sinkin pitoisuus pieneni parhaimmillaan 95 prosenttia.

Lähteet

CleanStormWater. 2022. Guidelines for CleanStormWater best practices.

Viitattu 18.8.2023. <https://cleanstormwater.viimsivald.ee/wp-content/uploads/2023/05/Guidelines.pdf>

EPA. (n.d.). Chapter 5 - Water Quality Conditions. Viitattu 30.10.2023.

<https://archive.epa.gov/water/archive/web/html/vms50.html>

EXO Sondes. 2020. Exo Sondes Brochure. YSI. Viitattu 31.10.2023.

<https://www.ysi.com/File%20Library/Documents/Brochures%20and%20Catalogs/YSI-EXO-Brochure.pdf>

Ilmasto-opas. (n.d.). Vesihuolto - Sopeutuminen. Viitattu 7.8.2023.

<https://www.ilmasto-opas.fi/artikkelit/vesihuolto-sopeutuminen>

Kasvio, P.; Ulvi, T.; Koskiaho, J. & Jormola, J. 2016. Kosteikkojen ja biosuodatusalueiden toimivuus hulevesien käsittelyssä. HULE-hankkeen loppuraportti. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 7/2016. Viitattu

7.11.2023. <https://helda.helsinki.fi/server/api/core/bitstreams/e0f35aba-964d-41ad-bb1a-57f1cd04fceb/content>

Keller. 2023. Data Logger with Measurement of Conductivity. Viitattu

31.10.2023. <https://download.keller-druck.com/api/download/74KKqe8RQnn2eHLyWvECJg/en/latest>

Kerkkänen, J. 2019. Hajautettua huleveden hallintaa Espoon Niittykummussa. Vesitalous 2/2019, 17–23.

Kirjokivi, T. & Haapea, P. 2018. Hulevesien paikallinen käsittely biosuodattamalla. LAMK Pro -verkkolehti. Lahti: Lahden ammattikorkeakoulu.

Viitattu 22.10.2023. <http://www.lamkpub.fi/2018/05/23/hulevesien-paikallinen-kasittely-biosuodattamalla>

Maankäyttö- ja rakennuslaki 5.2.1999/132.

Stockholm Vatten och Avfall. 2016. Dagvattenhantering – Åtgärdsnivå vid ny- och större ombyggnation. Viitattu 4.11.2023.

https://www.stockholmvattenochavfall.se/globalassets/dagvatten/pdf/atgardsniva_v1-1_fi.pdf

Suomen Kuntaliitto. 2012. Hulevesiopas. Viitattu 4.6.2023.
<https://www.kuntaliitto.fi/julkaisut/2012/1481-hulevesiopas/>.

Svenskt Vatten Utveckling. 2019. Kunskapssammanställning –
Dagvattenkvalitet. Viitattu 26.10.2023.
<https://www.svensktvatten.se/contentassets/f3d99ca8ce964851b9702d3dc85e4269/trvu-rrap-2019-02.pdf>

Turku AMK 2022a. CleanStormWater. Viitattu 14.8.2023.
<https://www.turkuamk.fi/fi/tutkimus-kehitys-ja-innovaatiot/hae-projekteja/cleanstormwater/>.

Turku AMK 2022b. Luontopohjaiset hulevesiratkaisut vähentävät merkittävästi hulevesistä aiheutuvaa haitta-ainekuormitusta. Viitattu 14.8.2023.
<https://www.turkuamk.fi/fi/ajankohtaista/3160/luontopohjaiset-hulevesiratkaisut-vahentavat-merkittavasti-hulevesista-aiheutuvaa-haitta-ainekuormitusta/>

Turun kaupunki. 2016. Turun kaupungin hulevesiohjelma. Viitattu 4.11.2023.
https://www.turku.fi/sites/default/files/atoms/files/turun_kaupungin_hulevesiohjelma_2016.pdf

Vakkilainen, P.; Kotola, J. & Nurminen, J. 2005. Rakennetun ympäristön valumavedet ja niiden hallinta. Suomen ympäristö 776. Helsinki: Ympäristöministeriö.

Valtioneuvosto. 2019. Tutkimus: Suomessa hyvät edellytykset hyödyntää luontopohjaisia ratkaisuja ilmastonmuutokseen sopeutumisessa ja luonnon monimuotoisuuden suojelussa. Viitattu 14.8.2023. <https://ym.fi/en/-/10616/tutkimus-suomessa-hyvät-edellytykset-hyodyntaa-luontopohjaisia-ratkaisuja-ilmastonmuutokseen-sopeutumisessa-ja-luonnon-monimuotoisuuden-suojelussa>

Valtioneuvoston asetus vesiympäristölle vaarallisista ja haitallisista aineista 23.11.2006/1022.

Vesihuoltolaki 9.2.2001/119.

Vikström, S.; Hjerpe, T.; Rekola, A.; Ojala, O.; Syrjänen, K.; Mäkinen, K.; Marttunen, M.; Matila, A & Paloniemi, R. 2019. Luontopohjaisia ratkaisuja yhteiskunnallisiin haasteisiin: esimerkkinä ilmastonmuutokseen sopeutuminen. Teoksessa Paloniemi, R. (toim.) Kestävää kaupunkisuunnittelua -

luontopohjaiset ratkaisut maakunnissa ja kunnissa. Helsinki: Valtioneuvosto, 10–37.

Washington State Department of Ecology. 2002. How To Do Stormwater Sampling – A guide for industrial facilities. Viitattu 26.10.2023.

<https://www.oregon.gov/deq/FilterDocs/ph-WDOEStormwater.pdf>

Woods Ballard, B.; Wilson, S.; Udale-Clarke, H.; Illman, S; Scott, T.; Ashley, R. & Kellagher, R. 2015. The SuDS Manual. London, United Kingdom: CIRIA.

Vaatii kirjautumisen palveluun. Viitattu 27.10.2023.

https://www.ciria.org/CIRIA/CIRIA/Item_Detail.aspx?iProductCode=C753